



UESB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA**

**OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA CULTURA DA
MANDIOCA E SEUS EFEITOS SOB DOSES DE FÓSFORO**

CAIO JANDER NOGUEIRA PRATES

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2021**

CAIO JANDER NOGUEIRA PRATES

**OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES NA CULTURA DA MANDIOCA E SEUS EFEITOS SOB
DOSES DE FÓSFORO**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. *D.Sc.* Anselmo Eloy Silveira Viana

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2021

P925o

Prates, Caio Jander Nogueira.

Ocorrência e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca e seus efeitos sob doses de fósforo. / Caio Jander Nogueira Prates, 2021.

116f. : il.

Orientador (a): D. Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana .

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2021.

Inclui referência F. 102 - 115.

1. *Manihot esculenta* Crantz. 2. Cultura de mandioca - Microrganismos. 3. Preparo do solo. 4. Simbiose. I. Viana, Anselmo Eloy Silveira . II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 633.682

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UESB - Campus Vitória da Conquista – Ba.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA CULTURA DA MANDIOCA E SEUS EFEITOS SOB DOSES DE FÓSFORO.

Autor: Caio Jander Nogueira Prates

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



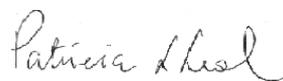
Prof. Anselmo Eloy Silveira Viana, D. Sc. – UESB
Presidente



Prof^a. Adriana Dias Cardoso, D. Sc. – UESB



Prof^a. Joice Andrade Bonfim, D. Sc. – IFBaiano



Prof^a. Patrícia Lopes Leal, D. Sc. – UFBA/UESB



Prof. Saulo Alves Santos de Oliveira, D. Sc. – EMBRAPA/CNPMPF

Data de realização: 25 de agosto de 2021.

A Deus e à minha família,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, força, fé e confiança para conclusão de mais um ciclo.

À minha querida esposa, Marciana, pelo amor incondicional, apoio e compreensão durante todo esse tempo, muitas vezes sacrificado para realização deste trabalho. Assim como à minha querida filha, Manuela, pelo amor, carinho e paciência durante seus quatro primeiros anos de vida em que, muitas vezes, não pude lhe dar a atenção merecida devido ao tempo exigido para concretização deste.

Aos meus pais, Pedro Antônio e Noraney, pelo exemplo de vida. Meus irmãos, Ênio Cássio, Igo Márcio e Marcos Vinícius, pela amizade e companheirismo. E a toda minha família pelo apoio e confiança.

Ao Professor Anselmo Eloy Silveira Viana, pela orientação, apoio, incentivo e amizade, essenciais para a realização do trabalho e contribuição do conhecimento adquirido.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade da realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Professora Joice Bonfim Andrade, pela orientação e suporte na elaboração dessa pesquisa.

Ao Professor Divino Levi Miguel e aos parceiros do Laboratório de Microbiologia do Solo pelo suporte técnico e apoio durante a pesquisa.

Aos professores Joice Bonfim Andrade, Adriana Dias Cardoso, Patrícia Lopes Leal e Saulo Alves Santos de Oliveira, pela colaboração e disponibilidade de participação na Banca Examinadora.

Aos professores do Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal, Nelson dos Santos Cardoso Júnior e Sandro Correia Lopes, pelo apoio e confiança.

Aos parceiros do Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal, em especial, àqueles que ajudaram e auxiliaram nas atividades deste experimento, Fabrício, Mariana, Jean, Tiago, Ramon, Thaís, Gabrielle, Derlei, Hayla, Gabriela e Marcos.

Por fim, a todos os amigos, colegas e professores por toda contribuição e apoio.

RESUMO

PRATES, C. J. N. **Ocorrência e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca e seus efeitos sob doses de fósforo.** Vitória da Conquista - BA: UESB, 2021, 114 p. (Tese: Doutorado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)*.

Este trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na cultura da mandioca, na região produtora do município de Cândido Sales-BA, além de estudar a interferência dos FMA no desenvolvimento de plantas mandioca, quando submetidas às doses de fósforo. O estudo foi dividido em três etapas: 1) Foram realizadas coletas de solo e raízes em um experimento com diferentes preparos de solo e adubação na cultura da mandioca; 2) Coletas de solos e raízes para identificação das espécies de FMA em áreas de cultivo de mandioca; 3) Teste em casa de vegetação para verificar a influência de comunidades de FMA e doses de fósforo no desenvolvimento da mandioca. Das amostras de solo, foram extraídos esporos de FMA; para contagem e identificação das espécies e das raízes, foram analisadas a colonização micorrízica. As comunidades de FMA provenientes das áreas de cultivo foram multiplicadas em um experimento no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 3 repetições, em casa de vegetação. As duas comunidades com maiores e as duas com menores números de esporos foram utilizadas como inóculo para a terceira etapa. Sendo assim, foi realizado um experimento em casa de vegetação, no DIC em esquema fatorial 6 x 6, com 3 repetições, em que o primeiro fator foi formado por 4 comunidades de FMA, uma espécie de FMA de referência e a testemunha (sem inoculação), o outro fator foi formado pelas doses de fósforo (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹). As parcelas foram formadas por vasos de 15 dm⁻³, com uma planta por vaso. Foram usados como inóculo 2 kg de solo e raízes provenientes da multiplicação das comunidades de FMA. Para o inóculo da espécie de referência, foram utilizados 200 esporos para cada parcela. Ao final, foi avaliado o desenvolvimento das plantas de mandioca, número de esporos e colonização radicular. Na primeira etapa, das 20 espécies encontradas, destacaram-se *Glomus* sp1, *Acaulospora mellea* e *Glomus macrocarpum*. Na segunda etapa, foram identificadas 32 espécies de FMA, em que as de maior ocorrência foram *Glomus* sp4, *Claroideoglomus etunicatum*, *Acaulospora mellea* e *Glomus* sp3. Na terceira etapa, foram observadas maiores diferenças no desenvolvimento inicial das plantas de mandioca, entre as comunidades, nas doses 0 e 50 kg ha⁻¹, sendo que as comunidades com maior número de esporos se destacaram em relação às com menor número, assim como da espécie de referência e da testemunha.

Palavras-chaves: *Manihot esculenta* Crantz; Microrganismos; Preparo do Solo; Simbiose

***Orientador:** D. Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana, UESB.

ABSTRACT

PRATES, C.J.N. **Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the crop of cassava and its effects under doses of phosphorus.** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2021, 114 p. (Thesis: Doctor in Agronomy, Area of Concentration: Crop Science)*.

This work had as a goal to verify the occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the cassava crop, in the producing region of the municipality of Cândido Sales-BA and study the interference of AMFs in the development of cassava plants, when subjected to doses of phosphorus. The study was divided into three stages: 1) Were performed collections of soil and roots in an experiment with different soil preparation and fertilization in cassava crop; 2) Collections of soils and roots for identification of AMF species in cassava cultivation areas; 3) Test in a greenhouse to verify the influence of AMF communities and phosphorus doses on cassava development. Of the samples of ground were extracted spores of FMA, for counting and identifying species and roots were analyzed the mycorrhizal colonization. The communities of FMA from of the cultivation areas were multiplied in an experiment in the completely randomized design (DIC) with 3 replications, in the greenhouse. The two communities with the largest and the two with the smallest number of spores were used as inoculum for the third stage. Therefore, was performed an experiment in a greenhouse, in the DIC in a factorial scheme 6 x 6, with 3 replications, where the first factor was formed by 4 communities of AMF, a reference AMF species and the control (without inoculation), the other factor was formed by the doses of phosphorus (0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹). The plots were formed by vases of 15 dm³, with one plant per vase. Were used as inoculum 2 kg of soil and roots from of the multiplication of FMA communities. For the inoculum of the reference species, 200 spores were used for each plot. At end was evaluated the development of cassava plants, number of spores and root colonization. In the first step, of the 20 species found, they stood out *Glomus* sp1, *Acaulospora mellea* and *Glomus macrocarpum*. In the second step, were identified 32 species of AMF, where the biggest occurrence was *Glomus* sp4, *Claroideoglomus etunicatum*, *Acaulospora mellea* and *Glomus* sp3. In the third step, it was observed biggest differences, in the initial development of cassava plants, in between communities in doses 0 and 50 kg ha⁻¹, being that communities with the highest number of spores stood out in relation to with smaller number, as well as the reference species and of the witness.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz; Microorganisms; Soil Preparation; Symbiosis

*Advisor: D. Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana, UESB.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área experimental em Cândido Sales, Bahia.	32
Figura 2. Esquema das parcelas e subparcelas do experimento em Cândido Sales, Bahia.	33
Figura 3. Coletas de solo (a) e raízes (b,c) de mandioca para avaliações em Cândido Sales-BA no ano de 2017.	35
Figura 4. Localização das áreas de coletas em lavouras de mandioca em Cândido Sales, Bahia, 2021.	38
Figura 5. Médias mensais de umidade relativa do ar e temperaturas máxima e mínima da casa de vegetação durante a condução do experimento, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	42
Figura 6. Disposição dos vasos na casa de vegetação, aos 150 dias após o plantio.	44
Figura 7. Médias mensais de umidade relativa do ar e temperaturas máxima e mínima da casa de vegetação durante a condução do experimento, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	46
Figura 8. Taxa de colonização micorrízica em função do preparo de solo e adubação em Cândido Sales, Bahia, 2021.	53
Figura 9. Análise de correspondência canônica (CCA) entre os atributos químicos do solo e espécies de FMA encontrados no cultivo de mandioca com diferentes preparos de solo e adubação, Cândido Sales, Bahia, 2021.	56
Figura 10. Esporos de fungos micorrízicos arbusculares, encontrados em áreas de cultivo de mandioca, das espécies: a) <i>Acaulospora espinosa</i> ; b) <i>Acaulospora foveata</i> ; c) <i>Acaulospora mellea</i> ; d) <i>Claroideoglo mus Claroideum</i> ; e) <i>Claroideoglo mus etunicatum</i> ; f) <i>Funneliformis</i> sp.; g) <i>Glomus</i> sp1; h) <i>Glomus</i> sp4; i) <i>Glomus</i> sp5; j) <i>Intraornatospora intraornata</i> ; k) <i>Racocetra verrucosa</i> ; e l) <i>Rhizophagus clarus</i>	61
Figura 11. Análise de correspondência canônica (CCA) entre os atributos químicos do solo, áreas de coletas e espécies de FMA encontradas no cultivo de mandioca em Cândido Sales, Bahia, 2021.	65
Figura 12. Dendrograma de agrupamento de espécies encontradas na áreas de coletas em relação às espécies de FMA encontradas em cultivo de mandioca em Cândido Sales, Bahia, 2021.	67

Figura 13. Altura de plantas em função das doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	76
Figura 14. Diâmetro de caule em função das doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	77
Figura 15. Índice de clorofila Falker em relação às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	79
Figura 16. Área foliar das plantas de mandioca submetidas às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	81
Figura 17. Plantas de mandioca submetidas a doses de fósforo em relação à testemunha (a), <i>C. etunicatum</i> (b), comunidade 1 (c), comunidade (d), comunidade (e) e comunidade (f), aos 150 dias após o plantio, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	82
Figura 18. Massa seca de raízes (g) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	85
Figura 19. Plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA em relação às doses 0 (a), 50 (b) e 100 (c) kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ , aos 150 dias após o plantio, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	87
Figura 20. Plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA em relação às doses 150 (a), 200 (b) e 250 (c) kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ , aos 150 dias após o plantio, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	88
Figura 21. Massa seca de parte aérea (g) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	89
Figura 22. Volume de raízes (cm ³) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	91
Figura 23. Colonização micorrízica radicular (%) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	94
Figura 24. Número de esporos de FMA (em 50 g de solo) em plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localidade, variedade e coordenadas das áreas de coleta em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	39
Tabela 2. Atributos químicos do solo autoclavado, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	41
Tabela 3. Composição dos tratamentos das comunidades de FMA com maiores (COM1 e COM2) e menores (COM3 e COM4) taxas de multiplicação (número de esporos em 50g de solo), Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	44
Tabela 4. Atributos químicos do solo autoclavado, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	45
Tabela 5. Atributos químicos do solo em função do preparo de solo e adubação, em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	48
Tabela 6. Número médio de esporos de espécies de FMA (50 g de solo), Riqueza de espécies (R), Índice de diversidade de Shannon–Wiener e de dominância de Simpson em função do preparo de solo e adubação em cultivo de mandioca e número de esporos de FMA (50 g de solo) em área de vegetação nativa (VG), em Cândido Sales, Bahia, 2021.	50
Tabela 7. Número de esporos das espécies de FMA de maior incidência em diferentes preparos de solo e adubação em cultivo de mandioca, em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	52
Tabela 8. Coeficientes de correlação de Spearman entre os atributos químicas do solo e o número de esporos das três espécies de FMA de maior incidência, o número total de esporos e a taxa de colonização micorrízica nos diferentes preparos de solo e adubação, no cultivo de mandioca, em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	54
Tabela 9. Atributos químicos do solo das áreas de coleta em cultivos de mandioca em Cândico Sales, Bahia, 2021.	58
Tabela 10. Número de esporos de espécies de FMA (50 g de solo) em áreas de cultivo de mandioca e de vegetação nativa (VG) em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	60
Tabela 11. Riqueza de espécies, índice de diversidade e de dominância das espécies de FMA encontradas nos solos coletados em áreas de cultivo de mandioca e área de vegetação nativa (VG) em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	63

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Spearman os atributos químicos do solo e as espécies de FMA encontradas em áreas de cultivos de mandioca, número total de esporos de FMA (NE) e colonização radicular (CM) em Cândido Sales, Bahia, 2021.....	69
Tabela 13. Resumo da análise de variância do número de esporos (em 50 g de solo) (NE) e colonização micorrízica radicular (%) (CM) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA em casa de vegetação, Vitória da Conquista, 2021..	72
Tabela 14. Número de esporos (em 50 g de solo) (NE) e colonização micorrízica radicular (%) (CM) de plantas de mandioca sob diferentes comunidades de FMA em casa de vegetação, Vitória da Conquista, 2021.....	73
Tabela 15. Resumo da análise de variância de altura de plantas (ALT) (cm), diâmetro de caule (DIA) (mm), índice de clorofila Falker (ICF) e área foliar total (AFT) (cm ²) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	74
Tabela 16. Altura de plantas (cm) e diâmetro de caule (mm) em relação às comunidades de FMA, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	74
Tabela 17. Índice de clorofila Falker em relação às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	78
Tabela 18. Área foliar (cm ²) das plantas de mandioca submetidas às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	80
Tabela 19. Resumo da análise de variância massa seca de raízes (g) (MSR), massa seca de parte aérea (g) (MSPA) e volume de raízes (cm ³) (VR) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	83
Tabela 20. Massa seca de raízes (g) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	84
Tabela 21. Massa seca de parte aérea (g) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	86
Tabela 22. Volume de raízes (cm ³) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	90
Tabela 23. Resumo da análise de variância da colonização micorrízica (%) (CM) e número de esporos de FMA (50 g de solo) (NE) em plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	92

Tabela 24. Colonização micorrízica radicular (%) de plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.	93
Tabela 25. Número de esporos de FMA (em 50g de solo) em plantas de mandioca submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	95
Tabela 26. Coeficientes de correlação de Spearman entre altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIA), índice de clorofila Falker (ICF), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), volume de raízes (VR), colonização micorrízica (CM) e número de esporos (NE) de plantas submetidas a diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

FMA	Fungo micorrízico arbuscular
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais
kg	Quilograma
ha	Hectare
O	Oxigênio
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K ⁺	Potássio
ppm	Parte por milhão
µg	Microgramas
g	Gramas
m	Metros
m ²	Metros quadrados
mg	Miligramas
dm	Decímetro
cm	Centímetro
cmol _c	Centímol de carga
PVLG	Álcool-polivinílico em lactoglicerol
H'	Índice de diversidade Shannon–Wiener
Σ	Somatório
Ln	Logaritmo Neperiano
Ca ²⁺	Cálcio
Mg ²⁺	Magnésio
H ⁺	Hidrogênio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
KCl	Cloreto de potássio
Al ³⁺	Alumínio
°C	Graus Celsius

pH	Potencial Hidrogeniônico
S.B.	Soma de bases
t	CTC efetiva
T	CTC em pH 7,0
V	Saturação por bases
m	Saturação por alumínio
M.O.	Matéria orgânica
COM	Comunidade
VG	Vegetação nativa
ALT	Altura de plantas
DIA	Diâmetro de caule
ICF	Índice de clorofila Falker
AF	Área foliar
MSPA	Massa seca de parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
VR	Volume de raízes
CM	Colonização micorrízica
NE	Número de esporos de FMA
C.V.	Coeficiente de variação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 A cultura da mandioca.....	20
2.2 Fungos micorrízicos arbusculares	22
2.3 Fósforo na cultura da mandioca	23
2.4 Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca	25
2.5 Relação do fósforo e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Ocorrência e diversidade de FMA na cultura da mandioca em função do preparo de solo e da adubação	Erro! Indicador não definido.
3.1.1 Área experimental.....	31
3.1.2 Delineamento experimental	32
3.1.3 Implantação do experimento.....	33
3.1.4 Avaliações.....	34
3.1.5 Análise estatística	37
3.2 Ocorrência e diversidade de FMA em lavouras de mandioca.....	37
3.2.1 Área de coleta	37
3.2.2 Avaliações.....	40
3.2.3 Multiplicação dos esporos	40
3.2.4 Análise estatística	42
3.3 Inoculação de FMA em plantas de mandioca sob doses de fósforo.....	43
3.3.1 Área e delineamento experimental	43
3.3.2 Implantação do experimento.....	45
3.3.3 Avaliações.....	46
3.3.4 Análise estatística	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Ocorrência e diversidade de FMA na cultura da mandioca em função do preparo de solo e da adubação	Erro! Indicador não definido.
4.2 Ocorrência e diversidade de FMA em lavouras de mandioca.....	57
4.3 Inoculação de FMA em plantas de mandioca sob doses de fósforo.....	74
5. CONCLUSÕES	99
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
7. APÊNDICE	114

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada uma cultura agrícola vital para os trópicos e subtropicais, onde são cultivadas principalmente como uma cultura de subsistência, o que é de grande interesse na segurança alimentar, por se tratar de uma espécie que consegue se adaptar às condições adversas de clima e solo, sendo possível obter rendimentos estáveis quando comparada a outras (Peña et al., 2020).

Por ser uma das culturas mais cultivadas por agricultores familiares, a mandioca permite modelos de negócios mais inclusivos socialmente, contraponto a outras culturas que exigem grande aporte de capital. Os principais produtos oriundos da planta de mandioca são amido, utilizado principalmente como matéria prima em indústrias, farinha e mandioca fresca, utilizado na alimentação humana. Sendo que tanto as raízes quanto as ramas são também usadas para ração animal (Vilpoux et al., 2017).

Segundo Souza et al. (2007), mesmo sob condições adversas de solo e clima, a cultura da mandioca ainda consegue alcançar produção que permite sua manutenção em diferentes áreas. Esse fator tem contribuído para o aumento da área plantada com mandioca em solos com baixo teor de nutrientes e localizados em zonas climáticas com períodos frequentes de deficiência hídrica, como a região Semiárida do Nordeste, onde ocorrem longos períodos de estiagem, o que, aliado ao baixo uso de tecnologias agrícolas, acarreta em baixas produtividades.

O cultivo da mandioca na região Sudoeste da Bahia é caracterizado pelo baixo nível tecnológico, onde o sistema manual de cultivo ainda é o mais utilizado e é caracterizado pelas operações de limpeza da área, por meio do corte da vegetação, e encoivramento, seguido da queima dos restos vegetais. Outro sistema ainda pouco utilizado é o sistema de cultivo mecanizado, caracterizado pelas operações de aração e gradagens, sendo o uso da adubação ainda escassa na região.

Segundo Rini et al. (2017), práticas agrícolas aplicadas em cultivo de mandioca, como o preparo mecanizado do solo e o uso de fertilizantes químicos, podem influenciar a diversidade e a ocorrência dos microrganismos do solo. Assim como o cultivo manual, que é feito por meio do desmatamento e queima, também pode afetar o funcionamento do ecossistema (Barracough e Olsson, 2018).

Indicadores da qualidade do solo, como as condições químicas, físicas e microbiológicas do solo, são de suma importância para a obtenção de uma produção agrícola satisfatória (Pezarico et al., 2013). Os microrganismos têm papel fundamental na ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica do solo, assim como na simbiose com inúmeras espécies de plantas (Venzke Filho et al., 2008), sendo a associação entre as plantas e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) uma das mais importantes.

Os FMA atuam como uma extensão do sistema radicular das plantas hospedeiras, potencializando o desenvolvimento e produzindo aumento do crescimento vegetal, fato atribuído ao incremento na absorção de nutrientes do solo, principalmente os de baixa mobilidade, como o fósforo, e ao melhor aproveitamento do uso da água pela planta, principalmente em condições de estresse hídrico (Moreira et al., 2010). Para Aliyu et al. (2019), esses microrganismos são responsáveis por aumentar a eficiência de absorção de nutrientes das culturas, tornando o agricultor menos dependente da disponibilidade ou preço de fertilizantes minerais.

Na região produtora de mandioca do Sudoeste da Bahia, há relatos da existência de áreas de cultivo de mandioca com produtividades diferentes umas das outras, mesmo sendo áreas próximas, cultivadas em semelhantes condições edáficas e de manejos do solo e da cultura. Segundo Silva et al. (2009), pequenas alterações no manejo do solo e das culturas, o mínimo que seja, podem influenciar nas condições microbiológicas do solo e, conseqüentemente, produtividade da cultura. Dentre os microrganismos mais relacionados ao sistema radicular das plantas, estão os FMA. Para Mello et al. (2006), a atividade dos FMA no solo encontra-se sujeita a pequenas variações, dependendo das condições de temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, fósforo, nitrogênio, pH e aeração do solo, podendo ser influenciada também pelo manejo do solo e práticas agrícolas.

Pouco se sabe sobre a diversidade da comunidade de FMA nas diferentes áreas de cultivo de mandioca, assim como nos diferentes sistemas de cultivo na região Sudoeste da Bahia, e qual a influência da adubação fosfatada nas espécies de FMA nativas encontradas nessas áreas de cultivo, caracterizadas pelo baixo teor de fósforo no solo. Desta forma, objetivou-se neste trabalho verificar a ocorrência e diversidade de FMA e a taxa de colonização radicular na cultura da mandioca em área com diferentes preparos de solo, na ausência e na presença de adubação, e o desempenho desses fungos no

desenvolvimento da mandioca em casa de vegetação submetidos a diferentes doses de fósforo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica da mandioca

A mandioca tem como provável centro de origem o Brasil, onde é encontrada ampla variabilidade da espécie. É cultivada, principalmente, nas zonas tropicais dos continentes Americano, Africano e Asiático, onde constitui como uma das principais fontes de carboidratos, servindo como excelente fonte alimentar, principalmente, em países em desenvolvimento, utilizada como um dos principais alimentos de milhões de pessoas em todo mundo (Carvalho et al., 2009).

A cultura da mandioca está difundida em todo o mundo, entretanto cada região apresenta especificidade no processo de produção, consumo e beneficiamento. Além de ser alimento básico das populações que historicamente a consomem na forma de farinha e outros inúmeros derivados, é uma importante fonte de amido para as indústrias de alimentos, de papel e têxtil, dentre outras (Valle e Lorenzi, 2014).

O Brasil, na década de 70, foi considerado o maior produtor mundial dessa raiz tuberosa, produzindo aproximadamente 30 milhões de toneladas. Nas últimas décadas, foi perdendo sua posição para Nigéria, República Democrática do Congo, Tailândia e Gana, estando atualmente como o quinto maior produtor de mandioca do mundo.

A produção de mandioca no Brasil, apesar de uma redução durante vários anos, em 2020, teve um aumento de 3,47% em relação à produção do ano de 2019, atingindo cerca de 18,2 milhões de toneladas (FAO, 2021). Segundo Valle e Lorenzi (2014), o Brasil produz mandioca em todo o seu território, onde se utilizam diferentes sistemas de produção e inúmeras variedades, sendo que a maioria destas variedades têm forte adaptação local e baixo potencial produtivo, o que resulta em uma das principais causas da baixa produtividade nacional, que foi de 14,996 t ha⁻¹ no ano de 2020.

Dentre os maiores estados produtores de mandioca no Brasil, em 2020, destacaram-se: Pará e Paraná, com produções acima de 3 milhões de toneladas. A Bahia, que em vários anos teve sua produção em torno de 3 milhões de toneladas, ficando sempre em torno dos três principais produtores do país, tem visto nos últimos anos sua produção cair para 706.887 toneladas no ano de 2020, ocupando hoje a sétima posição no ranking nacional (IBGE, 2021).

O município de Cândido Sales, na Bahia, esteve durante anos entre os maiores produtores do estado, com maior destaque para a primeira década deste milênio, em que chegou a atingir uma produção de 299.000 toneladas no ano de 2005. Entretanto, nos últimos anos, sua produção sofreu uma queda significativa, passando de uma produção de 108.000 toneladas no ano de 2015 para 6.500 toneladas em 2020 (IBGE, 2021).

Fatores como o uso indiscriminado de métodos tradicionais de cultivo, como uso da queima para preparo do solo e a não reposição dos nutrientes do solo, assim como os baixos índices pluviométricos nos últimos anos, podem ter influenciado nas baixas produtividades da região. Segundo Maluf et al. (2011), a mandioca normalmente é cultivada principalmente em pequenas propriedades de agricultura familiar, com baixo aporte de tecnologia, onde não se tem o devido cuidado na utilização de manivas livres de pragas e doenças e sem uso de fertilizantes e outros insumos, o que gera baixas produtividades. Porém, a cultura é de suma importância nessas propriedades, por ser uma planta bastante rústica e adaptada a várias condições edafoclimáticas, além de servir de alimento para a família e para os animais, podendo ser aproveitadas todas as partes da planta (Heberle, 2014).

A mandioca apresenta inúmeras vantagens em relação a outras culturas, tais como: facilidade de propagação e cultivo; rendimento satisfatório em solos de baixa fertilidade e elevada acidez; possibilidade de consorciação com outras culturas; apresenta ampla versatilidade quanto às suas possibilidades de uso, desde alimentação humana e animal ao uso industrial (Xavier e Lima, 2020). Segundo Ferreira Filho et al. (2007), o alto teor de amido nas raízes e de proteínas nas folhas, presença de vitaminas e minerais em toda a planta, além de apresentar características agrônômicas específicas que permitem sua exploração não somente em condições de alta tecnologia como também em condições adversas de clima, solo e nível de tecnologia. Essas características têm permitido seu cultivo em áreas onde a maioria das culturas não são produzidas satisfatoriamente.

Entretanto, assim como outras culturas, a mandioca também é capaz de atingir altas produtividades em condições adequadas para seu cultivo, podendo atingir produtividades superiores a 90 toneladas, como encontrado em condições experimentais na Colômbia (El-Sharkawy et al., 1990).

2.2 Fungos micorrízicos arbusculares

O termo micorriza tem origem grega (*myke*= fungo e *rhiza*= raiz) e representa a associação simbiótica mutualística em que ambos os organismos se beneficiam. Os FMA pertencem à classe dos Glomeromycetes e estão presentes em quase todos os tipos de solo. Além disso, são considerados biotróficos obrigatórios, precisando estabelecer simbiose com raízes de plantas combinantes para concluir o ciclo de vida (Heberle, 2014).

O filo Glomeromycota encontra-se distribuído em cinco ordens: Archaeosporales, Diversisporales, Gigasporales, Glomerales e Paraglomerales, em que estão distribuídas 16 famílias e 44 gêneros, sendo reconhecidas aproximadamente 317 espécies (Blaszkowski, 2012; Blaszkowski et al., 2014; Blaszkowski et al., 2017; Blaszkowski et al., 2018; Goto et al., 2012; Marinho et al., 2014; Oehl et al., 2011; Oehl et al., 2014; Sieverding et al., 2014; Symanczik et al., 2018).

Os FMA são microrganismos do solo ubíquos que constroem associações simbióticas com a maioria das plantas, estabelecem uma ligação física direta entre o solo e as raízes das plantas e constituem um componente integral dos ecossistemas naturais (Saggin Júnior e Silva, 2006). As hifas extrarradiculares do FMA correm a vários metros da zona de depleção, aumentam a superfície da raiz e facilitam a absorção de nutrientes pela planta (Saxena et al., 2017). Nesta associação, as plantas, por meio da fotossíntese, fornecem fotoassimilados para a sobrevivência e multiplicação dos FMA, enquanto os fungos aumentam a absorção de nutrientes e água do solo, transferindo-os para as raízes das plantas, estabelecendo-se, assim, a simbiose mutualística (Smith e Read, 2008).

Esses microrganismos podem ajudar as plantas na absorção de nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio, dentre outros (Halder et al., 2015). Dessa forma, melhora o desenvolvimento das plantas que apresentam melhor desempenho do que as plantas não inoculadas com FMA (Hernández et al., 2014).

Outro benefício dos FMA é a maior agregação do solo, constituindo macroagregados. Isso ocorre devido a ação da glicoproteína, chamada de glomalina, que é produzida pelos FMA e secretada no solo, com ação na estabilidade dos agregados do solo (Ryan e Tibbet, 2008).

Segundo Kiriachek et al. (2009), no estabelecimento dos FMA, a troca de sinais inicia-se antes do contato físico entre os simbiontes, com a secreção de exsudatos capazes de estimular o crescimento das hifas dos FMA pelas raízes. A penetração dos FMA ocorre

no córtex radicular sem danos, formando diferentes estruturas: haustórios, vesículas, hifas, células auxiliares, arbúsculos e esporos. Os arbúsculos são os principais sítios da simbiose micorrízica, em que ocorrem todas as trocas com o hospedeiro (Berbara et al., 2006). Devido à expansão do sistema radicular e, conseqüente, ao aumento na absorção de nutrientes e água, a micorriza potencializa o desenvolvimento das plantas, melhorando o estado nutricional e fisiológico (Moreira et al., 2010).

Os mecanismos de comunicação entre as micorrizas arbusculares são pouco conhecidos, e o estudo desses processos tem sido dificultado pela incapacidade de se cultivarem os FMA na ausência do hospedeiro (Kiriachek et al., 2009). Ao contrário dos nódulos em leguminosas, em que já são conhecidos diversos genes essenciais para sua formação, assim como alguns aspectos de seus mecanismos de regulação (Riely et al., 2004).

A germinação dos esporos dos FMA no solo não necessita de um sinal vegetal para ter início, o que ocorre também na presença de água (Harrison, 2005). Entretanto, a presença de exsudatos de raízes ou de compostos voláteis pode estimular a germinação dos esporos e o crescimento do tubo germinativo, indicando que os FMA são sensíveis aos compostos presentes na rizosfera (Nair et al., 1991).

Em decorrência de os solos em áreas tropicais serem, em sua maioria, altamente intemperizados, os rendimentos das culturas acabam sendo limitados pela baixa taxa de nutrientes. Sob tais condições, os benefícios da simbiose entre os fungos de solos e a planta desempenham um papel fundamental para a manutenção da fertilidade natural do solo, aumentando a eficiência do uso de nutrientes das plantas.

2.3 Fósforo na cultura da mandioca

O fósforo participa de vários processos fisiológicos vitais das plantas, como por exemplo, fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, desenvolvimento celular e metabolismo de carboidratos, como o amido, além de ser constituinte de enzimas e estruturas como DNA e RNA (Sausen et al., 2020). De maneira geral, o desenvolvimento limitado das plantas cultivadas sob deficiência de P pode ser devido ao efeito direto desse nutriente sobre a taxa fotossintética líquida, visto que o fósforo é fundamental para que esse processo ocorra (Henry et al., 2012).

O fósforo solúvel presente no solo se encontra na forma orgânica, que contém teores proporcionais à matéria orgânica do solo, e na forma mineral, em que a proporção é relativa aos compostos inorgânicos do solo, como ferro e alumínio, e é condicionado pelo pH e pelo tipo de argila (Heinrichs e Soares Filho, 2014).

Apesar de sua importância, a mandioca é cultivada normalmente em solos de baixa fertilidade, com pH ácido, teor de alumínio trocável alto e, particularmente, teor de fósforo muito baixo (Kintché et al., 2017). Todavia, na maioria dos casos, o cultivo é realizado sem a utilização de fertilizantes, deixando a cultura mais suscetível e exposta ao ataque de pragas e doenças, além de ter uma produção reduzida devido à falta de nutrição adequada para o pleno desenvolvimento das plantas (Jala et al., 2019).

De acordo com Ferreira et al. (2013), a adubação mineral no cultivo de mandioca é indispensável para obter maior produtividade, entre os fertilizantes, o que tem uma maior resposta na produção de raízes são os fosfatados. A adubação fosfatada é realizada com a aplicação do adubo na dosagem recomendada, no sulco ou na cova, durante o plantio, devido à pouca mobilidade desse nutriente no solo. O superfosfato simples (20% P_2O_5) e o superfosfato triplo (45% P_2O_5) são os adubos fosfatados mais usados. O superfosfato simples tem a vantagem de apresentar 12% de enxofre, nutriente que será fornecido juntamente com o fósforo (Fialho e Vieira, 2011).

Segundo Rós et al. (2013), a resposta da cultura da mandioca à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, do teor de fósforo presente no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da cultivar e das condições climáticas.

O P não é o nutriente absorvido em maiores quantidades pela cultura da mandioca (Howeler e Cadavid, 1983), porém, como a mandioca é amplamente cultivada em solos pobres nesse nutriente (Pereira et al., 2012), ela tem respondido de forma mais intensa e com maior frequência ao P do que em relação aos outros nutrientes (Gomes e Silva, 2006). Nessas condições de baixa fertilidade, o P tem sido o elemento de maior importância para o aumento na produtividade de raízes (Fidalski, 1999). Assim, a disponibilidade adequada de P para as plantas de mandioca é de suma importância, tendo em vista que plantas de mandioca com deficiência de P produzem ramos finos, folhas estreitas e poucos lóbulos (Ternes, 2002).

Devido à importância da fertilidade do solo na expressão do potencial produtivo das plantas de mandioca, o estudo dessa temática não deve ser negligenciado (Uchôa et al., 2020). Pereira et al. (2012) e Alves et al. (2012) observaram incremento na produção

de raízes em resposta à adubação mineral fosfatada. Biratu et al. (2018) verificaram que a combinação de adubo orgânico e mineral elevou em 29% a produtividade das raízes tuberosas em relação ao uso exclusivo de NPK mineral.

Nascimento (2016), avaliando o efeito de doses de fósforo nas características agronômicas em cultivares de mandioca, observou que não são todas as cultivares que respondem à adubação fosfatada, e que a variável número de raízes por planta está mais relacionada ao genótipo do que as doses de adubação.

Algumas doses de fósforo foram testadas por alguns autores, tendo respostas variadas a depender dos locais e variedades de mandioca usadas. Oliveira et al. (2020), avaliando a produtividade da mandioca em função da adubação fosfatada, obtiveram resposta positiva entre as doses 30 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, chegando a atingir 77% de incremento na produtividade de raízes, comparada a testemunha. Já Pereira et al. (2012), avaliando o crescimento da mandioca em relação à adubação fosfatada, verificaram resposta crescente até a dose de 4.000 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com incremento em torno de 147% na matéria seca total.

Segundo Isherwood (2011), os recursos de fertilizantes fosfatados podem reduzir em um futuro próximo, promovendo aumento do custo dos mesmos. Para evitar essa escassez de P, estratégias de melhoria da produtividade das diversas culturas devem ser exploradas, abrangendo adaptação de cultivares em condições de baixa fertilidade, melhorando a sua capacidade de extração de nutrientes, considerando a possibilidade que o efeito genotípico influencia na capacidade de absorção do nutriente (Beneditton, 2010).

2.4 Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca

Alguns fatores que devem ser considerados na relação entre plantas e comunidades de FMA são a variação espacial, o tempo de cultivo, idade e genética das plantas hospedeiras e as estratégias de sobrevivência desses fungos. Esses fatores atrelados ao material genético da espécie de planta que os fungos micorrízicos conseguem se associar favorecem a ocorrência generalizada desses fungos em ecossistemas, sendo cada comunidade fúngica com suas especificidades (Herbene, 2014). Os FMA desempenham papel crucial na relação das plantas com o solo, por meio do transporte de minerais como íons de fosfato imóveis (Miransari et al., 2009), macronutrientes,

incluindo N, K⁺ e Mg²⁺ (Veresoglou et al., 2010), bem como micronutrientes (Kim et al., 2009) para as plantas.

Os fungos micorrízicos arbusculares formam simbioses com culturas globalmente importantes e apresentam grande potencial para melhorar o rendimento das culturas (Rodriguez e Sanders, 2015). É o caso da cultura da mandioca, que é considerada uma espécie altamente micotrófica, estabelecendo uma alta associação com as micorrizas arbusculares. Isso ocorre, principalmente, por se tratar de uma planta que possui um sistema radicular reduzido e pouco ramificado (Silva et al. 2019). Segundo Arismendi (2001), o sistema radicular da mandioca possui, como característica, raízes com grandes diâmetros e pouco abundantes, o que promove pouca área superficial específica, o que limita a assimilação de nutrientes e água, mas favorece a associação e aumenta a dependência aos fungos micorrízicos.

A eficiência do processo simbiótico entre plantas e FMA é menor em manejos com mecanização excessiva, uso intenso de fertilizantes, aplicações de pesticidas, rotação de culturas com culturas não-hospedeiras, poluentes, aplicação excessiva de esterco (Berbara et al., 2006). Deste modo, devem se adotar práticas de manejo que aumentem a ocorrência e a diversidade de FMA nos agroecossistemas, aumentando a resiliência e a estabilidade destes (Ryan e Tibbett, 2008).

Segundo Ceballos et al. (2013), a inoculação com FMA pode aumentar significativamente o rendimento da cultura da mandioca em diferentes tipos de solo. Sagrilo et al. (2010), ao avaliarem a performance de cultivares de mandioca no Vale do Ivinhema em Mato Grosso do Sul, observaram que, em áreas diferentes, porém com semelhantes características químicas e físicas, houve diferenças de até o dobro de produtividade, e tal fato pode ter ocorrido em razão de uma eficiente associação das raízes da mandioca com fungos micorrízicos.

A mandioca é capaz de formar associações com uma grande diversidade de FMA, sendo que, em solos tropicais, é mais comumente associada à *Glomus manihotis* (Sieverding, 1989). Em estudos de campo que testaram a resposta da mandioca a diferentes níveis de aplicações de fertilizantes e combinações de inóculos, foi constatado que, dentre as espécies estudadas, *Glomus manihotis* foi a mais competitiva, com a capacidade de tolerar altos níveis de aplicação de fertilizantes e capaz de melhorar consideravelmente a absorção de P (Sieverding e Toro, 1989).

Atualmente, outras espécies também foram relatadas na melhora da tolerância da mandioca ao estresse hídrico, como a *Rhizophagus irregulares*, que ao serem inoculadas em plantas de mandioca, Peña et al. (2020) observaram que todas as plantas apresentaram sinais fisiológicos de estresse durante o período seco, mas as plantas inoculadas com essas espécies foram menos afetadas, podendo concluir que essa espécie de fungo pode melhorar a tolerância da mandioca ao estresse hídrico.

De acordo Colozzi Filho e Nogueira (2007), apesar de existir uma grande variedade de espécies de fungos micorrízicos, que se associam às raízes em condições naturais, apenas algumas se revelam eficientes em promover o crescimento das plantas. Lopes et al. (2019), ao utilizarem bactérias promotoras de crescimento e a espécie de FMA *Rhizophagus clarum*, verificaram que a inoculação foi suficiente para o melhor crescimento da mandioca, assim como foi responsável pelo maior acúmulo de N nas mudas de mandioca. Silva et al. (2019), ao estudarem a bioprospecção de fungos micorrízicos arbusculares em solos de cultivo de mandioca no Estado de Alagoas, identificaram 689 esporos distribuídos em três gêneros, sendo o gênero *Glomus* encontrado em maior frequência.

A relação entre a comunidade de FMA existente em uma determinada área pode exercer influências na resposta à inoculação. No solo de Quilichao, na Colômbia, por exemplo, mesmo com alta diversidade de FMA nativos, a inoculação não promoveu diferenças. No solo de Carimagua, também na Colômbia, que continha uma menor população de FMA nativos, a inoculação mostrou incrementos significativos na produtividade de mandioca (Howeler e Sieverding, 1983). Demonstrando que podem existir FMA mais eficientes que outros.

Apesar dos inúmeros benefícios, infelizmente, o uso de FMA como inoculante em áreas de cultivo em larga escala ainda é muito pouco utilizado, devido à dificuldade de multiplicação dos inóculos.

2.5 Fósforo e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca

A capacidade de se desenvolver e produzir relativamente bem em solos de baixa fertilidade, talvez seja a principal característica da mandioca. O fato de a cultura superar os problemas de baixos teores de fósforo, pode ser devido a eficiente associação com micorrizas (Carvalho et al., 2007). De acordo com Balota et al. (1997), a cultura da

mandioca é altamente dependente da associação com FMA para o seu desenvolvimento e absorção de nutrientes.

Segundo Berbara et al. (2006), plantas que geralmente se desenvolvem em solos com altos teores de nutrientes disponíveis apresentam baixa competitividade em solos pobres em P, é o caso das plantas que não desenvolvem micorrizas arbusculares, que, em geral, apresentam sistema radicular bem desenvolvido, com muitas raízes finas e pelos radiculares.

Ao contrário, plantas de mandioca apresentam sistema radicular grosso, formado por tubérculos com poucos pelos absorventes, resultando em menor superfície específica para absorção de água e nutrientes do solo (Colozzi Filho e Nogueira, 2007), isso faz com que necessite de uma intensa simbiose com os fungos micorrizicos arbusculares, pois estes têm uma particularidade de se associarem geralmente com plantas que apresentam baixa densidade de raízes, tendo papel fundamental na absorção de elementos de baixa mobilidade no solo, como é o caso do elemento fósforo.

O micélio fúngico, que se desenvolve ao redor das raízes, explora maior volume de solo por meio da extensão de suas hifas, facilitando a absorção e o transporte de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo, como o fósforo (Martins e Read, 1996). Este nutriente inorgânico é mais importante no desenvolvimento de micorrizas arbusculares (Kiriachek et al., 2009).

A formação de micorrizas arbusculares é um processo complexo, cujos mecanismos de regulação são pouco conhecidos. No entanto, sabe-se que a concentração de P nas plantas tem grande efeito no desenvolvimento da simbiose. Segundo Nunes et al. (2019), o uso de fertilizantes, como fósforo, associados aos fungos micorrizicos arbusculares (FMA), podem desempenhar papel fundamental no desenvolvimento das plantas. Segundo Silva et al. (2019), a dependência da mandioca aos FMA pode variar, podendo chegar até um percentual de 95%, mesmo que na cultura haja alto teor de adubação fosfatada.

Ndeko et al. (2020), ao estudarem a absorção do fósforo em plantas de mandioca inoculadas com FMA, observaram que plantas inoculadas apresentaram teores de fósforo superiores a plantas não inoculadas, o que favoreceu melhor nutrição e desenvolvimento das raízes de mandioca. Segundo Liu et al. (2016), plantas que fazem associação micorrizica aumentaram a capacidade de absorção de P, que pode chegar a 80%.

Entretanto, de acordo Ajeesh et al. (2015), o uso desses fertilizantes pode trazer grandes impactos na colonização micorrízica. Para Kiriachek et al. (2009), altas concentrações de P na planta inibem a colonização das raízes, enquanto baixas concentrações favorecem a colonização intrarradicular, e isso pode ser explicado pelo fato de que o fósforo pode afetar a exsudação radicular, cujos componentes podem ser importantes para a nutrição do fungo, além de servir como sinalização molecular durante o processo de colonização.

Modificações ambientais, como na fertilidade, podem alterar a estrutura da comunidade de fungos micorrízicos, induzindo a predominância de espécies cujos esporos apresentam pequenas dimensões, como as do gênero *Glomus*, assim como a redução da abundância e riqueza de espécies (Berbara et al., 2006). Mensah et al. (2015), ao estudar a relação de espécies de FMA na absorção de fósforo, observaram que as raízes colonizadas por isolados de FMA, considerados pelos autores como espécies de alto desempenho, obtiveram maiores incrementos da biomassa da planta (170%) submetidas às baixas concentrações de P.

Sarr et al. (2019), ao avaliarem duas regiões em Camarões, identificaram maior diversidade de espécies de fungos micorrízicos nos solos com menores teores de fósforo (3,18) do que no solo se encontrava com maiores teores de fósforo (9,33 ppm). Segundo Aliyu e Yusuf (2017), sob condições de campo, a influência do fósforo na comunidade de FMA é variável, pois, ao contrário de experimentos em vasos, no campo, dificilmente a adubação fosfatada é realizada uniformemente em toda áreas. Com isso, na região rizosférica, pode haver áreas com diferentes teores de fósforo, possibilitando variação entre as comunidades.

Entretanto, de acordo Trindade et al. (2000), é necessário um estímulo de uma determinada dose de fósforo no solo para uma melhor ação desses fungos nas raízes da planta hospedeira, essa dose pode variar a depender da espécie vegetal, assim como da comunidade de fungos nativos e região de estudo. Segundo Aliyu et al. (2019), em condições de baixo fósforo, a inoculação de FMA pode ser empregada para melhorar o rendimento da mandioca, no entanto a variabilidade das respostas, como resultado da heterogeneidade do solo, e as espécies de fungos no inoculante requerem investigações adicionais antes de recomendar na prática.

Embora no Brasil ainda não tenha um inoculante comercial de FMA para mandioca, na Colômbia, a aplicação do inoculante comercial de *Rhizophagus irregularis*

na mandioca resultou em produtividade de mandioca semelhante à obtida com apenas 50% da dose de adubação fosfatada (Ceballos et al 2013). Plantas de mandioca micorrizadas cultivadas em cultivo protegido, submetidas a três concentrações de P (baixa $< 20\mu\text{g g}^{-1}$ solo, média $20\text{-}100\mu\text{g g}^{-1}$ solo e alta $> 20\mu\text{g g}^{-1}$ solo), apresentaram desenvolvimento superior àquelas não micorrizadas, nas mesmas concentrações de P (Sieverding, 1991).

Kato et al. (1990), estudando o efeito de diferentes espécies de fungos micorrízicos no crescimento e nutrição da mandioca, observaram que a inoculação com os FMA resultou em maiores teores de P nos tecidos da parte aérea das plantas. É evidente a importância da associação mutualística entre plantas de mandioca e FMA, pois proporciona uma potencialização do desenvolvimento das raízes, otimizando a absorção de nutrientes, principalmente do fósforo.

A utilização de FMA pode reduzir os custos de produção agrícola pela diminuição da aplicação de fertilizantes fosfatados e maior eficiência no uso da água. Para Carretero et al. (2009), a inoculação com FMA leva a aplicações práticas, sendo crucial para melhorar a nutrição e, conseqüentemente, o rendimento da cultura da mandioca. Dessa forma, é importante conhecer as comunidades de FMA presentes na rizosfera da mandioca, bem como a interação entre essas espécies e os níveis de Fósforo no solo no desenvolvimento da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em três etapas: 1) Foram realizadas coletas de solo e raízes em um experimento com diferentes preparos de solo e adubação na cultura da mandioca, dando continuidade a um experimento já implantado; 2) Coletas de solos e raízes para identificação das espécies de FMA em áreas de cultivo de mandioca; 3) Teste em casa de vegetação para verificar a influência de comunidades de FMA e doses de fósforo no desenvolvimento da mandioca.

3.1 Ocorrência e diversidade de FMA na cultura da mandioca em função do preparo de solo e da adubação

3.1.1 Área experimental

Este experimento foi conduzido na Fazenda Bomba, situada a 15°18'11,23" de Latitude Sul e 41°17'34,29" de Longitude Oeste, com altitude média de 799 m no município de Cândido Sales, na região Sudoeste da Bahia (Figura 1). O clima, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Cwa (clima subtropical úmido) (Alvares et al., 2013), com precipitação média anual de 767,4 mm, concentrada entre os meses de outubro a março e temperatura média anual de 20,4 °C. A vegetação é do tipo Floresta Estacional Decidual (SEI, 2013). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa e relevo plano. As análises químicas e físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

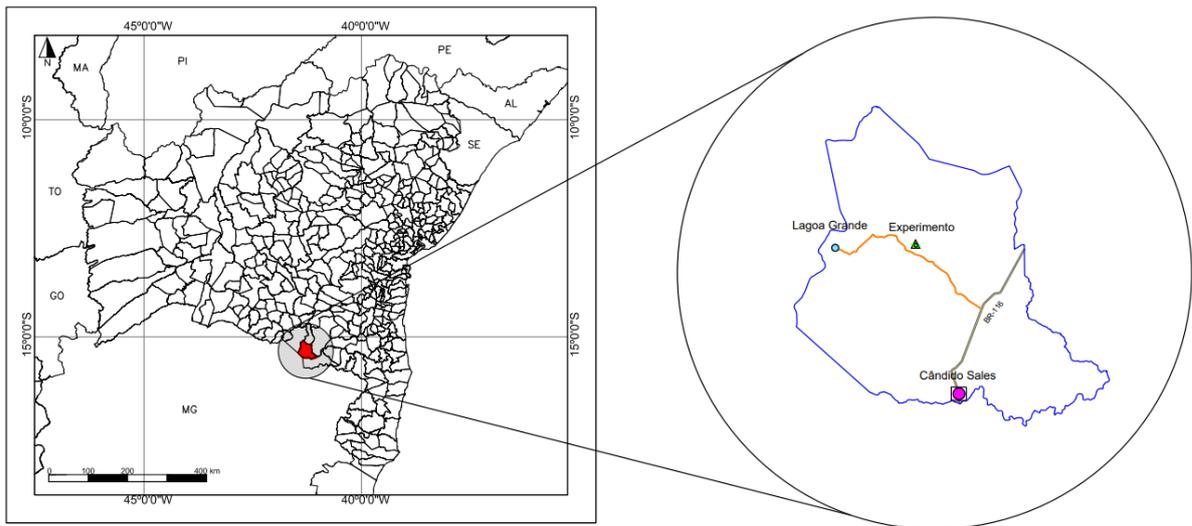


Figura 1. Mapa de localização da área experimental em Cândido Sales, Bahia.

A área onde o experimento foi implantado, havia cultivado mandioca por seis anos consecutivos e manteve-se em repouso por aproximadamente dez anos. Durante o período de repouso, tinha no local uma mata de sucessão, conhecida regionalmente como capoeira, formada principalmente pela Mata de Cipó (transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga), caracterizada por árvores de médio a baixo porte, em que muitas destas perdem as folhas no período seco do ano (Santos Neto et al., 2015).

3.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições, no esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas, foram alocados os métodos de preparo do solo (manual e mecanizado) e nas subparcelas (sem e com adubação).

As parcelas apresentaram 12 m de largura e 20 m de comprimento, totalizando 240 m², com 240 plantas úteis. As subparcelas foram compostas por 12 de largura e 10 m de comprimento, totalizando 120 m², com 120 plantas úteis (Figura 2).

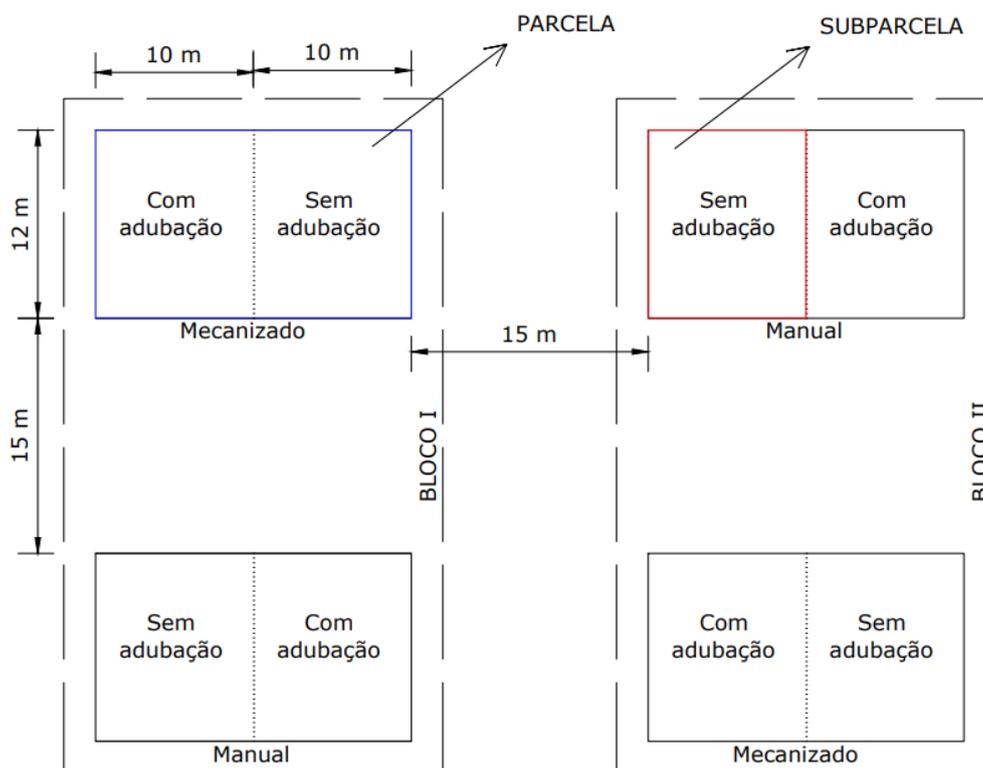


Figura 2. Esquema das parcelas e subparcelas do experimento em Cândido Sales, Bahia.

3.1.3 Implantação do experimento

Este trabalho teve início em outubro de 2010, com o preparo da área para instalação do experimento, marcação e distribuição das parcelas. Após a marcação das parcelas, todas as operações, desde a limpeza da área até o plantio das manivas, foram feitas de acordo com os preparos do solo e adubação.

No preparo de solo manual, foram reproduzidas técnicas utilizadas pela maioria dos agricultores da região. O corte da vegetação foi feito manualmente com uso de foices e facões. Posteriormente, o material roçado foi encoivarado e queimado, procedendo-se a destoca e a abertura manual das covas. No preparo de solo mecanizado, não foi realizada queima, foi feita a destoca manualmente e operações de aração, gradagem e abertura de sulcos com auxílio do trator. O solo foi arado uma vez, utilizando arado de discos e gradeado duas vezes, com grade niveladora. Os sulcos foram abertos com auxílio de um escarificador de quatro linhas, espaçados de 1,0 m, com profundidade de 10,0 cm.

Nos tratamentos que receberam adubação, foi realizada a correção do solo, em que se utilizou 1 t ha^{-1} de calcário dolomítico antes da operação de gradagem. Após essa

operação, foi aplicado superfosfato simples, na quantidade de 444,44 kg ha⁻¹, distribuído nas covas e recoberto com uma fina camada de solo, para evitar o contato direto com as manivas. Aos 30 dias após o plantio, foi feita adubação de cobertura com 33,33 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 88,89 kg ha⁻¹ de ureia, conforme recomendação de Nogueira e Gomes (1999).

Foram realizados quatro plantios na área experimental. O primeiro plantio foi realizado manualmente, em novembro de 2010, adotando-se o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, com população de 16.666 plantas ha⁻¹, com colheita realizada em agosto de 2012. Em novembro de 2012, o experimento foi repetido na mesma área e nas mesmas condições do anterior, mantendo-se os tratamentos na mesma localização e a colheita realizada em agosto de 2014. Da mesma forma, foi feito o terceiro plantio, realizado em novembro de 2014, com colheita em agosto de 2016 e o quarto plantio em novembro de 2016, sendo este cultivo mantido até novembro de 2017, encerrando-se os trabalhos, pela reduzida brotação das manivas em função da seca.

No plantio, utilizou-se a variedade de mandioca conhecida regionalmente como Platinão, cultivada para extração de amido e produção de farinha. Essa variedade é uma das mais cultivadas pelos agricultores, devido à rusticidade e elevada produtividade de raízes tuberosas (Viana et al., 2003).

3.1.4 Avaliações

As coletas de solos e raízes para quantificação e identificação das espécies de FMA foram realizadas em setembro de 2017, quando as plantas de mandioca tinham 10 meses de estabelecimento no campo. Em cada parcela, foram selecionadas três plantas de mandioca, das quais foi efetuada a coleta das raízes, ao redor das mesmas, na região da rizosfera das plantas, onde foram coletados solos em três pontos, a uma profundidade de 0,20 m, com auxílio de um trado tipo caneco, adaptado de Bonfim et al. (2016) (Figura 3).

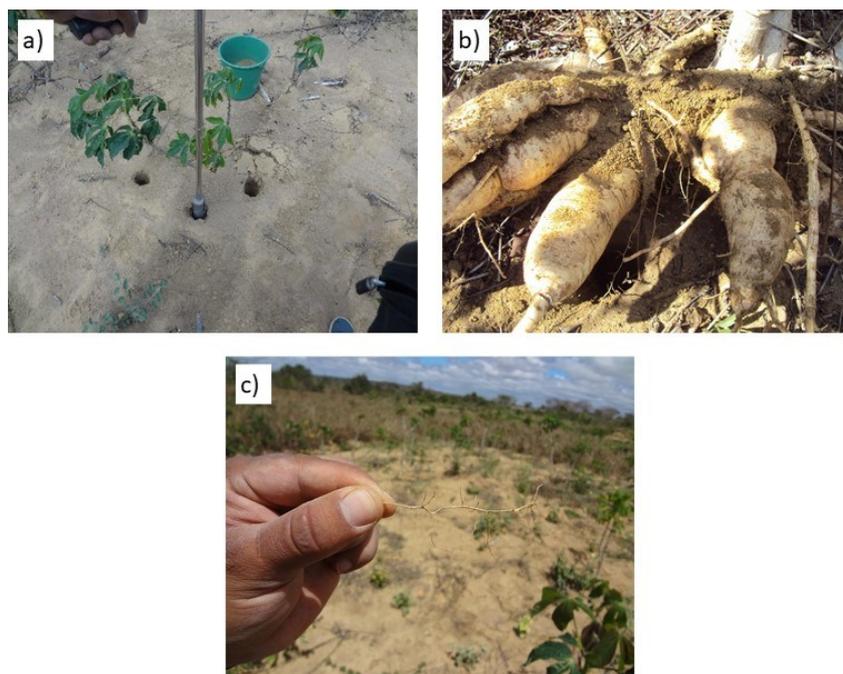


Figura 3. Coletas de solo (a) e raízes (b,c) de mandioca para avaliações em Cândido Sales-BA no ano de 2017.

Além disso, foram coletadas amostras de solo de uma área de vegetação nativa como referência, situada a $15^{\circ}18'13,09''$ de Latitude Sul e $41^{\circ}17'32,65''$ de Longitude Oeste, próximo ao experimento, utilizando os mesmos critérios de coleta descrita anteriormente. Para essas amostras, foi determinada a contagem e identificação das espécies de FMA a partir dos esporos acessados.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para posterior determinação dos números de esporos, identificação das espécies de FMA nos solos e avaliação de colonização micorrízica nas raízes.

A extração dos esporos foi realizada seguindo a técnica descrita por Gerdemann e Nicolson (1963), em que utilizaram-se 50,0 g de solo de cada amostra, que foi agitada com água em um liquidificador, depois passada por peneiras de 0,42 e 0,053 mm, assim, o material retido nessa última peneira foi centrifugado por 3 minutos a uma rotação de 3000 rpm, o sobrenadante foi descartado e em seguida adicionado ao precipitado solução de sacarose (50%) e levado novamente à centrífuga por 2 minutos, a uma rotação de 2000 rpm, desta vez, o sobrenadante foi passado pela peneira de 0,053 mm e os esporos retidos foram transferidos para placa de Petri. Após isso, os esporos foram contados, utilizando

um microscópio estereoscópio com aumento de 40x. Em seguida, os esporos foram colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula e uma mistura de PVLG+Reagente de Melzer (1:1). Os esporos foram contados e a identificação das espécies realizadas segundo trabalhos de descrição das espécies já identificadas, além de consulta ao site da coleção internacional de FMA (<http://invan.caf.wvu.edu>).

Após a identificação das espécies de FMA foram determinados:

a) Riqueza de espécies (R), avaliada pelo número de espécies presentes em 50 g de solo;

b) Índice de diversidade Shannon–Wiener (H'), em que:

$$H' = -\sum (p_i \ln p_i)$$

Onde:

p_i = n_i (número de cada espécie de FMA) / N (número total de espécies).

c) Índice de dominância de Simpson (D_s), determinado por:

$$D_s = \sum [n_i(n_i - 1) / N(N - 1)]$$

Para determinação da colonização radicular, foi usado o método proposto por Giovannetti e Mosse (1980), em que as raízes foram lavadas e clarificadas com solução de hidróxido de potássio 10% (KOH, 10%) e solução de peróxido de oxigênio 10% (H₂O₂, 10%). Para observar as estruturas fúngicas, as raízes, após serem clarificadas, foram coradas com solução de azul de metileno (5%). A taxa de colonização foi determinada pelo método de intersecção das linhas cruzadas.

Também foram feitas análises dos atributos químicos do solo. O pH do solo determinado por um pHmetro. Os teores de P (fósforo) e K⁺ (potássio) por extrator Mehlich. Teores de Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e Al³⁺ (alumínio) por extrator KCl 1 N. O H⁺ (hidrogênio) por extrator CaCl₂ 0,01 M. Além disso, foram obtidos os valores de SB (somadas de bases), t (CTC Efetiva), T (CTC Total), V (saturação por bases), m (saturação por Al³⁺) e matéria orgânica. O solo analisado foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm, nos mesmos pontos de coleta do solo para extração de esporos.

3.1.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes para verificação da normalidade e homogeneidade, pelos testes de Bartlett e Cochran, respectivamente. Posteriormente, realizadas as análises de variância, segundo o esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se o Teste F, a 5% de significância. Para realização dessas análises, utilizou-se o programa SAEG, versão 9.1. Além disso, foi feita também a análise de correlação de Spearman entre os atributos químicos do solo e o número de esporos das espécies de maior incidência e análise de correspondência canônica entre as espécies de FMA e atributos químicos do solo, utilizando o programa R (R Development Core Team, 2019).

3.2 Ocorrência e diversidade de FMA em solos de lavouras de mandioca

3.2.1 Área de coleta

Realizaram-se coletas entre os meses de abril e maio de 2019, em áreas de cultivo de mandioca na região produtora do município de Cândido Sales, no Sudoeste da Bahia.

Foram selecionadas 20 áreas tradicionais de cultivo de mandioca (Figura 4), onde foram aplicados questionários aos proprietários para caracterização das áreas de produção (Apêndice). Em cada área de cultivo, foram selecionadas três plantas de mandioca aleatoriamente, onde foi efetuada a coleta das raízes das referidas plantas e do solo, em três pontos no raio de 0,30 m ao redor de cada planta, na profundidade de 0,20 m. Nas áreas em que os produtores cultivavam mais de uma variedade de mandioca, as raízes e solos foram coletadas separadamente. Sendo assim, foram coletadas um total de 26 amostras em 20 áreas de cultivo de mandioca (Tabela 1).

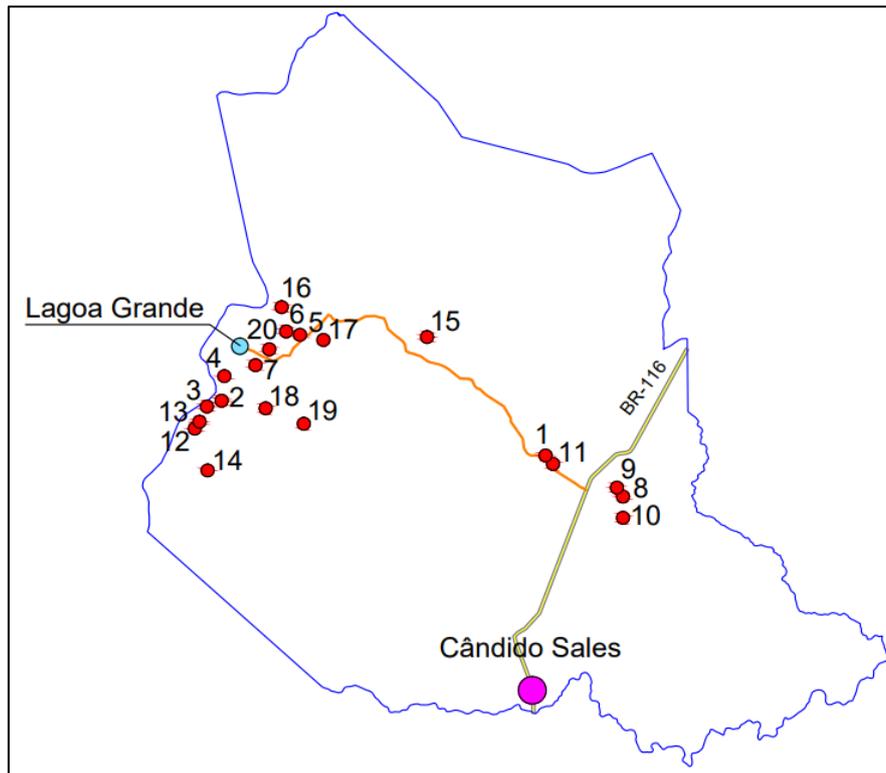


Figura 4. Localização das áreas de coletas em lavouras de mandioca em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Tabela 1. Localidade, variedade e coordenadas das áreas de coleta em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Área	Localidade	Variedade	Latitude	Longitude	Amostra
1	Bomba	Platinão	15°21'51,35"S	41°13'58,85"O	A
2	Lagoa Grande	Platinão	15°19'56,36"S	41°25'8,05"O	B
		Sergipe	15°19'56,36"S	41°25'8,05"O	C
3	Lagoa Grande	Platinão	15°20'7,57"S	41°25'38,34"O	D
4	Lagoa Grande	Platinão	15°19'7,22"S	41°25'1,89"O	E
5	Lagoa Grande	Platinão	15°17'44,28"S	41°22'24,63"O	F
6	Lagoa Grande	Platinão	15°17'38,48"S	41°22'53,48"O	G
7	Lagoa Grande	Platinão	15°18'45,02"S	41°23'57,16"O	H
8	Bomba	Platinão	15°23'19,35"S	41°11'20,14"O	I
9	Bomba	Platinão	15°22'57,64"S	41°11'37,78"O	J
10	Bomba	Platinão	15°24'11,43"S	41°11'16,29"O	K
		Platinão	15°22'13,01"S	41°13'42,92"O	L
11	Bomba	Formosa	15°22'13,01"S	41°13'42,92"O	M
		Poti Branca	15°22'13,01"S	41°13'42,92"O	N
		Verdinha	15°22'13,01"S	41°13'42,92"O	O
12	Lagoa Grande	Platinão	15°20'38,61"S	41°25'54,28"O	P
13	Lagoa Grande	Platinão	15°20'49,57"S	41°26'2,46"O	Q
14	Lagoa Grande	Platinão	15°22'17,54"S	41°25'38,73"O	R
15	Bomba	Platinão	15°17'49,49"S	41°18'2,31"O	S
		Sergipe	15°17'49,49"S	41°18'2,31"O	T
16	Lagoa Grande	Platinão	15°16'48,63"S	41°23'1,45"O	U
17	Lagoa Grande	Platinão	15°17'54,91"S	41°21'36,01"O	V
18	Lagoa Grande	Platinão	15°20'12,76"S	41°23'36,73"O	W
19	Lagoa Grande	Platinão	15°20'44,21"S	41°22'18,53"O	X
20	Lagoa Grande	Platinão	15°18'13,07"S	41°23'28,12"O	Y
		Sergipe	15°18'13,07"S	41°23'28,12"O	Z

As amostras de raízes e solos coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo da UESB, para determinação dos números de esporos, identificação das espécies de FMA nos solos e avaliação de colonização micorrízica nas raízes. Uma parte do solo coletado foi encaminhado para o Laboratório de Solos da UESB para realização da análise química. As amostras de solo para análise dos FMA foram mantidas refrigeradas a 4°C e as amostras de raízes foram separadas do solo rizosférico com água corrente, lavadas e conservadas em álcool 70% até o momento das avaliações.

3.2.2 Avaliações

A extração dos esporos foi realizada seguindo a técnica descrita por Gerdemann e Nicolson (1963), em que utilizaram-se 50,0 g de solo de cada amostra e solução de sacarose (50%). Os esporos foram contados, utilizando um microscópio estereoscópio com aumento de 40x. Logo depois, os esporos foram colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula e uma mistura de PVLG+Reagente de Melzer (1:1). A identificação das espécies de FMA foi feita segundo trabalhos de descrição das espécies já identificadas, além de consulta ao site da coleção internacional de FMA (<http://invan.caf.wvu.edu>).

A determinação da colonização micorrízica radicular foi realizada através do método de Giovannetti e Mosse (1980), em que as raízes foram aquecidas a 90°C em solução de hidróxido de potássio (KOH a 10%) por 10 minutos para clarificação e solução de peróxido de oxigênio 10% (H₂O₂ 10%) por 2 minutos. As raízes clarificadas foram imersas em solução corante, contendo azul de metileno (5%) diluída em ácido acético. Após a coloração, as raízes foram conservadas em lactoglicerol (ácido láctico, glicerol e água na proporção (1:1:1)) até o momento das avaliações. A taxa de colonização foi determinada pelo método de intersecção das linhas cruzadas.

Uma parte dos solos coletados (500g de solo) foi destinado para multiplicação dos esporos de FMA já existentes no solo, com intuito de encontrar as amostras com maiores e menores potenciais de multiplicação para, a partir disso, determinar os tratamentos do próximo experimento.

3.2.3 Multiplicação dos esporos

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, composta por cobertura com filme de polietileno transparente e laterais com sombrite 50%, no delineamento inteiramente casualizado, com 26 tratamentos, compostos das 26 amostras de solos provenientes das áreas de cultivo de mandioca, com o objetivo de multiplicar os esporos, tendo a mandioca como planta armadilha. Assim, foi possível identificar os solos com maior e menor taxa de multiplicação dos esporos nativos.

Inicialmente, os vasos foram preenchidos até 70% da capacidade com o solo autoclavado, em seguida foi alocada uma camada de 500 gramas dos solos provenientes

das áreas de coleta, sendo esses os tratamentos. Após isso, esse solo foi coberto com outra camada de 5,0 cm do solo autoclavado para evitar contaminação externa.

O plantio foi realizado em setembro de 2019. Foram usados vasos de 15 dm³ que foram encheidos com solo autoclavado. O solo utilizado para enchimento dos vasos se trata de um Latossolo Amarelo de textura franco arenosa que foi autoclavado em duplicata durante dias alternados a uma temperatura de 121°C. Uma amostra desse solo foi enviada para o laboratório de Solos da UESB para caracterização química (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos do solo autoclavado, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

pH	P	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H⁺	S.B.	t	T	V	m	M.O.
(H ₂ O)	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ de solo				-----			---	%	---	g dm ⁻³
5,0	3,0	0,21	0,9	1,0	0,1	2,4	2,1	2,2	4,6	45	5	10

Extratores: P e K (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (CaCl₂ 0,01M e SMP).

S.B.: Soma das bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; MO: Matéria orgânica.

Para o plantio, utilizaram-se manivas da variedade Platinão, obtidas de um agricultor da região em estudo. As manivas foram cortadas com 15 cm de comprimento e plantadas a 5,0 cm de profundidade. No entanto, nem todas as manivas germinaram, as altas temperaturas aliadas ao fato das manivas terem sido plantadas na posição horizontal podem ter contribuído para não germinação de algumas manivas, o que fez com que alguns tratamentos fossem eliminados. A irrigação foi realizada diariamente, mantendo-se a capacidade de campo do vaso e a temperatura e umidade registrada diariamente por um termômetro digital instalado dentro da casa de vegetação (Figura 5). Durante a condução do experimento, houve uma incidência de ácaros e o controle foi realizado com solução de extrato alho (*Allium sativum*) a 10%.

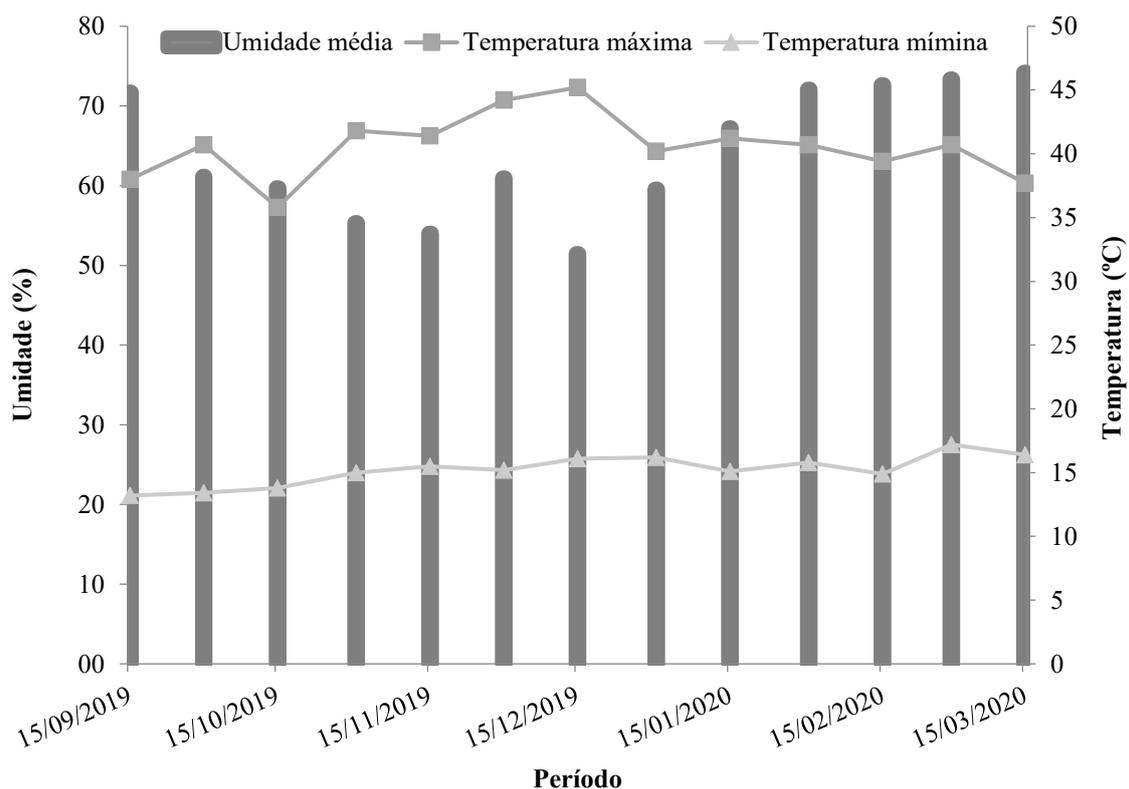


Figura 5. Médias mensais de umidade relativa do ar e temperaturas máxima e mínima da casa de vegetação durante a condução do experimento, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Aos 150 dias após o plantio, foram realizadas as seguintes avaliações: número de esporos, pelo método proposto por Gerdemann e Nicolson (1963); colonização micorrízica radicular, por meio do método de Giovannetti e Mosse (1980).

3.2.4 Análise estatística

Para os dados obtidos das coletas nas áreas de cultivo de mandioca, foi realizada a análise de correlação de Spearman entre os atributos químicos do solo e o número de esporos das espécies de FMA, análise de correspondência canônica entre as espécies de FMA e atributos químicos do solo e o dendrograma de agrupamento pelo método Ward, utilizando o programa R (R Development Core Team, 2019).

Os dados números de esporos obtidos da fase de multiplicação dos esporos de FMA, oriundos dos solos das áreas de coleta, foram submetidos aos testes para verificação da normalidade e homogeneidade, pelos testes de Bartlett e Cochran, respectivamente.

Posteriormente, realizada a análise de variância e as médias analisadas pelo método de Scoot-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG, versão 9.1.

3.3 Inoculação de FMA em plantas de mandioca sob doses de fósforo

3.3.1 Área e delineamento experimental

O experimento foi conduzido entre os meses de maio a setembro de 2020, em casa de vegetação, composta por cobertura com filme de polietileno transparente e laterais com sombrite 50%, localizada no campo experimental da UESB (Figura 6). Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (6 x 6), sendo o primeiro fator composto pelos solos das duas áreas de coleta (COM1 e COM2) que se destacaram com maior número de esporos de FMA e das duas áreas (COM3 e COM4) com menor número de esporos, determinados da fase de multiplicação, determinada pela média do número de esporos de FMA das áreas de coleta, multiplicados nos vasos em casa de vegetação (Tabela 3). Além disso empregou-se uma espécie de FMA referência (*Claroideoglossum etunicatum*), obtida junto à coleção de FMA da Universidade Estadual do Norte Fluminense, que foram multiplicadas em cultura armadilha (*Brachiaria decumbens*) e posteriormente extraídas para compor o tratamento. Em relação à testemunha, foi utilizado apenas solo autoclavado, a fim eliminar o multiplicação de esporos de FMA existentes nesse solo. Já o segundo fator foi composto por seis doses de superfosfato simples (18% de P_2O_5), nas dosagens de 0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , com três repetições, totalizando 108 parcelas.



Figura 6. Disposição dos vasos na casa de vegetação, aos 150 dias após o plantio.

Tabela 3. Composição dos tratamentos das comunidades de FMA com maiores (COM1 e COM2) e menores (COM3 e COM4) taxas de multiplicação (número de esporos em 50g de solo) utilizados no experimento, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Espécies de FMA	Comunidades de FMA			
	COM1	COM2	COM3	COM4
<i>Acaulospora mellea</i>	5			2
<i>Acaulospora scrobiculata</i>			3	
<i>Acaulospora</i> sp		6		
<i>Ambispora leptoticha</i>	2			1
<i>Ambispora</i> sp1		1		
<i>Claroideoglopus claroideum</i>	1			
<i>Claroideoglopus etunicatum</i>	34	7		
<i>Gigaspora decipiens</i>	1			
<i>Glomus fasciculatum</i>	1			
<i>Glomus macrocarpum</i>		6	1	
<i>Glomus</i> sp1	1		3	
<i>Glomus</i> sp3	5			
<i>Glomus</i> sp4	6	5	2	1
<i>Glomus</i> sp5	1	6	2	9
<i>Glomus</i> sp6		4		
<i>Rhizophagus clarus</i>	1	2		
Total	58	37	11	13
Taxa de multiplicação de FMA	442,33	794,33	171,33	162,00

3.3.2 Implantação do experimento

Esse experimento foi implantado em maio de 2020. Cada parcela foi constituída por um vaso, com capacidade de 15 dm³, contendo uma planta em cada vaso. Para enchimento dos vasos, foi utilizado um solo Latossolo Amarelo de textura franco arenosa, por ser um tipo de solo predominante na região, que foi autoclavado em duplicata durante dias alternados a uma temperatura de 121°C. Uma amostra desse solo foi enviada para o laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para caracterização química (Tabela 4).

Tabela 4. Atributos químicos do solo autoclavado, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V	m	M.O.
(H ₂ O)	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ de solo				-----		---	%	---	g/dm ³	
5,1	4,0	0,23	0,8	0,9	0,2	2,3	1,9	2,1	4,4	44	9	12

Extratores: P e K (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (CaCl₂ 0,01M e SMP).

S.B.: Soma das bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; MO: Matéria orgânica.

Semelhante ao experimento anterior, os vasos foram preenchidos até 70% da capacidade com o solo autoclavado, em seguida foi colocada uma camada de 2 kg de solo oriundo da multiplicação no experimento anterior. Após isso, esse solo foi coberto com outra camada de 5,0 cm do solo autoclavado para evitar contaminação.

Para o plantio, foram utilizadas manivas da variedade Platinão, provenientes de produtores da região em estudo. As manivas tinham 18 meses de idade e diâmetro de 2,5 cm, e foram cortadas com 15 cm de comprimento e plantadas verticalmente, sendo introduzida metade da maniva abaixo da superfície do solo e a outra metade acima da superfície do solo, com o intuito de obter segurança nas brotações das manivas, já que, no experimento anterior, as manivas plantadas horizontalmente não tiveram 100% das brotações.

As plantas foram mantidas sob irrigação, mantendo a capacidade de campo do vaso e a temperatura e umidade registrada diariamente por um termômetro digital instalado dentro da casa de vegetação (Figura 7).

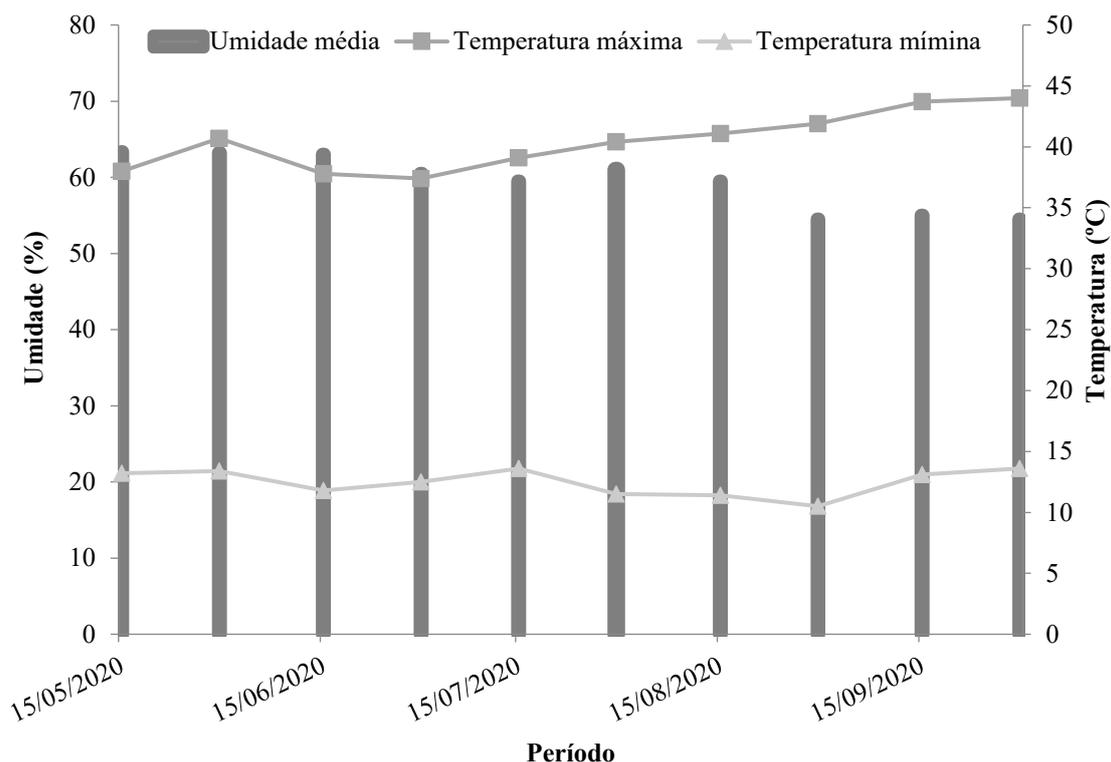


Figura 7. Médias mensais de umidade relativa do ar e temperaturas máxima e mínima da casa de vegetação durante a condução do experimento, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

3.3.3 Avaliações

Ao final do experimento, 150 dias após o plantio, foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas, medida da superfície do solo até o ápice foliar; diâmetro do caule, medido a 2 cm da superfície do solo; índice de clorofila FALKER, realizado com medidor eletrônico de teor de clorofila ClorofiLOG CFL1030; área foliar total, medida da área de todas as folhas de duas plantas por parcela, no momento da colheita, com a utilização do equipamento Area Meter, modelo LI-3100 fabricado pela LI-COR; massa seca da parte aérea, obtida da pesagem do caule e folhas após a secagem em estufa à temperatura de 70 °C por 72 horas; massa seca de raiz, obtida da pesagem das raízes após a secagem em estufa à temperatura de 70 °C por 72 horas; massa seca total, obtida da soma da massa seca da parte aérea e da raiz; volume das raízes, realizado por meio da medição do deslocamento da coluna de água em proveta graduada, colocando-se as raízes, após lavagem, em proveta, contendo um volume conhecido. Pela diferença, obteve-se a

resposta direta do volume de raízes em cm³, segundo a metodologia descrita por Basso (1999);

Além disso, foram coletadas dos vasos amostras de solo para contagem do número de esporos (Gerdemann e Nicolson, 1963) e amostras de raízes para contabilização da colonização micorrízica radicular por FMA (Giovannetti e Mosse, 1980).

3.3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, pelos testes de Bartlett e Cochran, respectivamente, seguido da Análise de Variância e, posteriormente, as médias dos tratamentos das comunidades de FMA, comparadas pelo teste Tukey, e as doses de adubo fosfatado analisadas pela Regressão Polinomial. Esses dados ainda foram submetidos à análise de correlação de Spearman, ambos ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG, versão 9.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ocorrência e diversidade de FMA na cultura da mandioca em função do preparo de solo e da adubação

Não houve diferença entre os atributos químicos do solo nos dois métodos de preparo avaliados (mecanizado e manual) (Tabela 5). Já o uso da adubação influenciou a maioria dos atributos químicos do solo, proporcionando aumento dos níveis de nutrientes, quando comparados as áreas com e sem adubação, com exceção da CTC e matéria orgânica.

Tabela 5. Atributos químicos do solo em função do preparo de solo e adubação, em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Atributos químicos	Preparo de solo		Adubação	
	Mecanizado	Manual	Sem	Com
pH (H ₂ O)	4,64 a	4,41 a	4,18 b	4,87 a
P disponível (mg dm ⁻³)	5,30 a	4,60 a	3,10 b	6,80 a
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,15 a	0,15 a	0,11 b	0,18 a
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,83 a	0,64 a	0,29 b	1,18 a
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,58 a	0,50 a	0,25 b	0,83 a
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,80 a	0,94 a	1,30 a	0,44 b
H ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,74 a	4,57 a	4,82 a	3,49 b
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	1,55 a	1,30 a	0,65 b	2,20 a
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	2,35 a	2,24 a	1,95 b	2,64 a
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,09 a	6,81 a	6,77 a	6,13 a
V (%)	25,80 a	20,50 a	10,00 b	36,30 a
Matéria orgânica – MO (g dm ⁻³)	8,50 a	8,70 a	8,40 a	8,80 a

*Médias seguidas por uma mesma letra, na linha, dentro dos dois preparos de solo e dentro da adubação NPK e calagem, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de significância. S.B. (Soma de bases trocáveis) e V (Saturação de bases).

As variações dos teores de nutrientes encontrados nos solos com e sem adubação podem influenciar na diversidade de FMA. Como destacado por Rini et al. (2017), 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.

Oehl et al. (2017), ao estudar a diversidade de FMA presente em 154 diferentes solos agrícolas da Suíça, com diferentes climas, altitudes, usos da terra e parâmetros do solo, observaram a existência de espécies de FMA específicas para as diferentes

condições químicas e físicas do solo, assim como diferentes condições ambientais. Isso demonstra que, independentemente do local de coleta, as variações químicas do solo podem influenciar na composição das espécies de FMA.

Foram identificadas 20 espécies de FMA, pertencentes a 8 famílias e 10 gêneros, com total de 111,6 esporos em 50 g de solo na área experimental. As espécies de maior ocorrência foram *Glomus* sp1, *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea*, com 30,6, 22,2 e 20,4 esporos em 50g de solo, respectivamente (Tabela 6). Na área com vegetação nativa, também foram observados números de esporos semelhantes para essas três espécies, *Glomus* sp1 (33,0), *Glomus macrocarpum* (21,0) e *Acaulospora mellea* (20,0).

Tabela 6. Número médio de esporos de espécies de FMA (50 g de solo), Riqueza de espécies (R), Índice de diversidade de Shannon–Wiener e de dominância de Simpson em função do preparo de solo e adubação em cultivo de mandioca e número de esporos de FMA (50 g de solo) em área de vegetação nativa (VG), em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Família	Espécies de FMA	Preparo de solo Mecanizado		Preparo de solo Manual		Total	VG
		Sem adubação	Com adubação	Sem adubação	Com adubação		
Acaulosporaceae	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	1,0	1,6	0,4	0,8	3,8	14,0
	<i>Acaulospora laevis</i> Gerd. & Trappe	0,4	0,4	0,2	-	1,0	2,0
	<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	2,2	14,8	0,8	2,6	20,4	20,0
	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	1,2	0,4	-	-	1,6	-
	<i>Acaulospora</i> sp	-	-	1,0	0,2	1,2	1,0
	<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	0,8	1,4	0,4	0,2	2,8	1,0
	<i>Acaulospora bireticulata</i> Rothwell & Trappe	0,8	7,0	2,0	1,6	11,4	3,0
Ambisporaceae	<i>Ambispora leptoticha</i> Walker, Vestberg & Schüssler	-	-	0,4	0,4	0,8	-
	<i>Ambispora</i> sp1	0,6	0,6	0,4	1,2	2,8	-
Entrophosporaceae	<i>Claroideoglopus etunicatum</i> Walker & Schüßler	1,4	-	0,6	1,0	3,0	15,0
Dentiscutataceae	<i>Dentiscutata cerradensis</i> Sieverd. et al.	-	-	0,2	-	0,2	1,0
	<i>Dentiscutata cerradensis</i> Sieverd. et al.	0,8	-	-	-	0,8	2,0
Gigasporaceae	<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	0,8	-	-	-	0,8	-
Glomeraceae	<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & Tul.	8,4	4,8	4,0	5,0	22,2	21,0
	<i>Glomus</i> sp1	6,4	10,0	3,8	10,4	30,6	33,0
	<i>Glomus</i> sp2	2,0	2,2	0,6	1,6	6,4	7,0
	<i>Rhizophagus clarus</i> Walker & Schüssler	-	-	-	0,4	0,4	-
	<i>Rhizophagus fasciculatus</i> Walker & Schüßler	-	-	0,2	0,2	0,4	-
Intraornatosporaceae	<i>Intraornatospora intraornata</i> Goto, Oehl & Silva	0,2	-	-	0,6	0,8	-
Pacisporaceae	<i>Pacispora robigina</i> Sieverd. & Oehl	0,2	-	-	-	0,2	-
Total		27,2	43,2	15,0	26,2	111,6	120,0
Riqueza de espécies		15	10	14	14	-	12
Diversidade Shannon-Wiener		2,14	1,78	2,12	1,95	-	1,98
Dominância de Simpson		0,14	0,20	0,11	0,19	-	0,16

A maior riqueza de espécies foi encontrada no preparo de solo mecanizado sem adubação, com 15 espécies, e menor variação no preparo de solo mecanizado com adubação, com 10 espécies. O maior índice de diversidade de espécies em áreas que não foram adubadas, tanto em preparo mecanizado (2,14) quanto em preparo manual (2,12), demonstra maior regularidade na distribuição dos indivíduos.

O índice de dominância apresentou maiores valores nas áreas adubadas, independentemente do tipo de preparo do solo, sendo a área com preparo de solo manual com adubação com índice de 0,20 e a área com preparo do solo mecanizado com adubação com 0,19, indicando um maior número de esporos em um menor número de espécies de FMA. A área com vegetação nativa apresentou valores intermediários para diversidade e dominância de espécies, quando comparado com as demais áreas, mostrando um maior equilíbrio na diversidade das espécies.

Muthuraja e Muthukumar (2019), ao estudarem a associação de fungos com as raízes de mandioca, em áreas de cultivo no Sul da Índia, encontraram um total de 17 espécies, em que 8 espécies foram encontradas no presente trabalho, sendo *Acaulospora scrobiculata*, seguida do *Glomus macrocarpum*, *Gigaspora gigantea* e *Acaulospora mellea*, respectivamente, foram as espécies mais frequentes em solos com P variando de 4,50 a 6,07 mg dm⁻³, semelhante aos valores encontrados neste trabalho, que variaram de 3,10 a 6,80 mg dm⁻³, indicando que é possível essas espécies se desenvolverem bem nessa faixa de quantidade do nutriente fósforo no solo.

Observa-se ainda na Tabela 6 que o menor número de espécies de FMA foi encontrado no preparo mecanizado com adubação, em foram identificadas 10 espécies, e maior número de esporos total, sendo as espécies *Acaulospora mellea*, *Glomus* sp1 e *Glomus macrocarpum* com maiores valores, possivelmente essas podem ter sido beneficiadas com a aeração do solo. Segundo Lisboa et al. (2012), no plantio mecanizado, o revolvimento do solo permite o rompimento dos agregados, dando maior aeração e promovendo maior contato entre os resíduos vegetais e o solo, fator esse que pode estimular temporariamente a ação da microbiota do solo, favorecendo algumas espécies de FMA.

Por outro lado, o menor número de esporos foi encontrado no preparo manual sem adubação, sugerindo que o uso da queima na limpeza da área, pode prejudicar a microbiota do solo, uma vez que a maioria da biomassa de FMA é encontrada nos primeiros 10 cm do solo. Barraclough e Olsson (2018), ao estudarem o efeito do corte e

queima da vegetação, como limpeza da área para cultivo de milho em Madagascar, observaram diminuição drástica da comunidade de espécies de fungos micorrízicos no solo, assim como na colonização radicular de plantas nativas.

No Tabela 7, encontra-se a média de esporos das três espécies de maior incidência e o total de esporos de FMA em relação aos preparos de solo e a adubação. O número de esporos não variou entre os preparos de solo, entretanto, quando se utilizou adubação, a quantidade de esporos da espécie *Acaulospora mellea* e o total de esporos apresentaram maiores valores. Gottshall et al. (2016), ao estudarem a diversidade de FMA em diferentes tipos de manejo do solo na cultura do milho, sugeriram as espécies do gênero *Acaulospora* como as maiores indicadoras do cultivo mecanizado com adubação.

Tabela 7. Número de esporos das espécies de FMA de maior incidência em diferentes preparos de solo e adubação em cultivo de mandioca, em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Espécies de FMA	Preparo de solo		Adubação	
	Mecanizado	Manual	Sem	Com
<i>Acaulospora mellea</i> ¹	2,30 (8,50) a	1,06 (1,70) a	0,89 (1,50) b	2,47 (8,70) a
<i>Glomus macrocarpo</i> ¹	2,36 (6,60) a	2,02 (4,50) a	2,31 (6,20) a	2,07 (4,90) a
<i>Glomus</i> sp1	8,20 a	7,10 a	5,10 a	10,20 a
Total de esporos	35,20 a	20,60 a	21,10 b	34,70 a

Médias seguidas por uma mesma letra, na linha, dentro dos dois preparos de solo e dentro da adubação, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de significância.

¹Dados transformados para \sqrt{x} , médias destransformadas entre parênteses.

Segundo Ji e Bever (2016), o FMA possui interação com vários nutrientes do solo, principalmente com o fósforo (P). Segundo estes autores, as raízes das plantas hospedeiras fixam mais carbono (C) quando associadas ao fungo, e estes ajudam no maior fornecimento de P. Contudo, essa fixação diminui com o aumento da disponibilidade de P no solo, ou seja, quanto maior a quantidade de P no solo menor a fixação de C nas raízes, entretanto, para que ocorra essa associação, é necessário que o solo contenha uma quantidade mínima de P, que pode variar de acordo a necessidade do fungo.

No presente trabalho, observou-se que o solo não adubado apresentou P disponível de 3,10 mg dm⁻³, já com adubação, este 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. Ou seja, essa quantidade de fósforo no solo pode ter sido o valor mínimo para que a espécie de FMA tivesse uma maior produção de esporos.

Begoude et al. (2016), ao estudarem a composição de FMA associados a adubação em uma lavoura de mandioca instalada em Camarões, observaram maior número de esporos na área não adubada, entretanto essa área apresentava $6,47 \text{ mg dm}^{-3}$ de P disponível, valor semelhante ao deste trabalho, quando utilizada adubação, que foi de $6,80 \text{ mg dm}^{-3}$. Rini et al. (2017), também observaram que em uma área com P disponível de $5,87 \text{ mg dm}^{-3}$, a quantidade de esporos de FMA foi quase duas vezes maior do que em área com $10,40 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, em um levantamento realizado na Tailândia. Esses estudos sugerem que pode existir uma determinada dose de fósforo que pode favorecer um maior número de esporos no solo e que valores próximos de $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo não são suficientes para prejudicar a esporulação.

A taxa de colonização radicular (Figura 8) foi maior no solo adubado, não diferindo entre os métodos de preparo. Quando se fez o uso da adubação, a taxa de colonização radicular foi de 60,46%, e 46,63% quando não se utilizou calagem e adubação. A maior colonização radicular é reflexo da maior quantidade de esporos na área adubada, que como discutido anteriormente, pode ter sido favorecida pelos nutrientes fornecidos pela adubação.

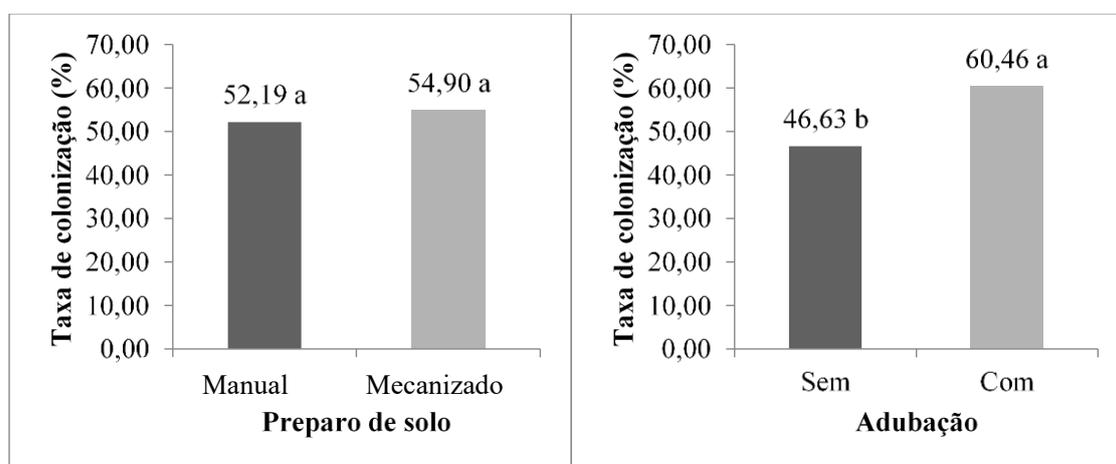


Figura 8. Taxa de colonização micorrízica em função do preparo de solo e adubação em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Begoude et al. (2016), ao estudarem a composição de FMA associada a diferentes cultivares de mandioca, adubação e preparo de solo, observaram diferença de colonização radicular entre as cultivares avaliadas, com maiores valores observados quando essas receberam adubação NPK, variando de 46,67% a 60%, enquanto sem adubação, a taxa de

colonização foi de 26,67% a 46,67%. Nesse mesmo trabalho, os autores observaram que as mesmas cultivares, cultivadas em outra área, e utilizando as mesmas quantidades de adubo NPK, mostraram frequência de colonização radicular menor nas parcelas fertilizadas, provavelmente em função das diferentes espécies de FMA.

Houve correlação entre a taxa de colonização micorrízica e a maioria dos atributos químicos do solo, com exceção da CTC e matéria orgânica (MO) (Tabela 8). Foi encontrada correlação positiva da colonização micorrízica com pH, P (fósforo), K⁺ (potássio), Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio), S.B. (soma de bases), CTC efetiva e V (saturação por bases). Correlação negativa da taxa de colonização radicular foi encontrada com com Al³⁺ (alumínio), H⁺ (hidrogênio), CTC e m (saturação por alumínio).

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Spearman entre os atributos químicos do solo e o número de esporos das três espécies de FMA de maior incidência, o número total de esporos e a taxa de colonização micorrízica nos diferentes preparos de solo e adubação, no cultivo de mandioca, em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Atributos do solo	ESPÉCIES DE FMA				
	<i>Acaulospora mellea</i>	<i>Glomus macrocarpo</i>	<i>Glomus sp1</i>	Total de esporos	Taxa de colonização
pH (H ₂ O)	0,3720	0,0179	0,3307	0,4293	0,5421*
P disponível (mg dm ⁻³)	0,3622	-0,1694	0,3878	0,4037	0,6985**
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,3584	-0,0346	-0,0798	0,2469	0,5956**
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,3601	-0,0199	0,2997	0,3335	0,6116**
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2629	-0,1796	0,3347	0,1870	0,6387**
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-0,3484	-0,0396	-0,2173	-0,4172	-0,6004**
H ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-0,2180	0,2059	-0,4200	-0,3671	-0,4811*
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	0,3262	-0,0991	0,2891	0,2641	0,6446**
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	0,2759	-0,3254	0,4465*	0,1266	0,6490**
CTC (cmol _c dm ⁻³)	0,0448	0,0057	-0,3130	-0,4231	-0,0642
V (%)	0,3125	-0,1051	0,3078	0,3118	0,6275**
m (%)	-0,3314	0,0777	-0,2931	-0,3235	-0,6328**
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	0,3085	-0,0416	-0,1308	-0,1380	0,3612

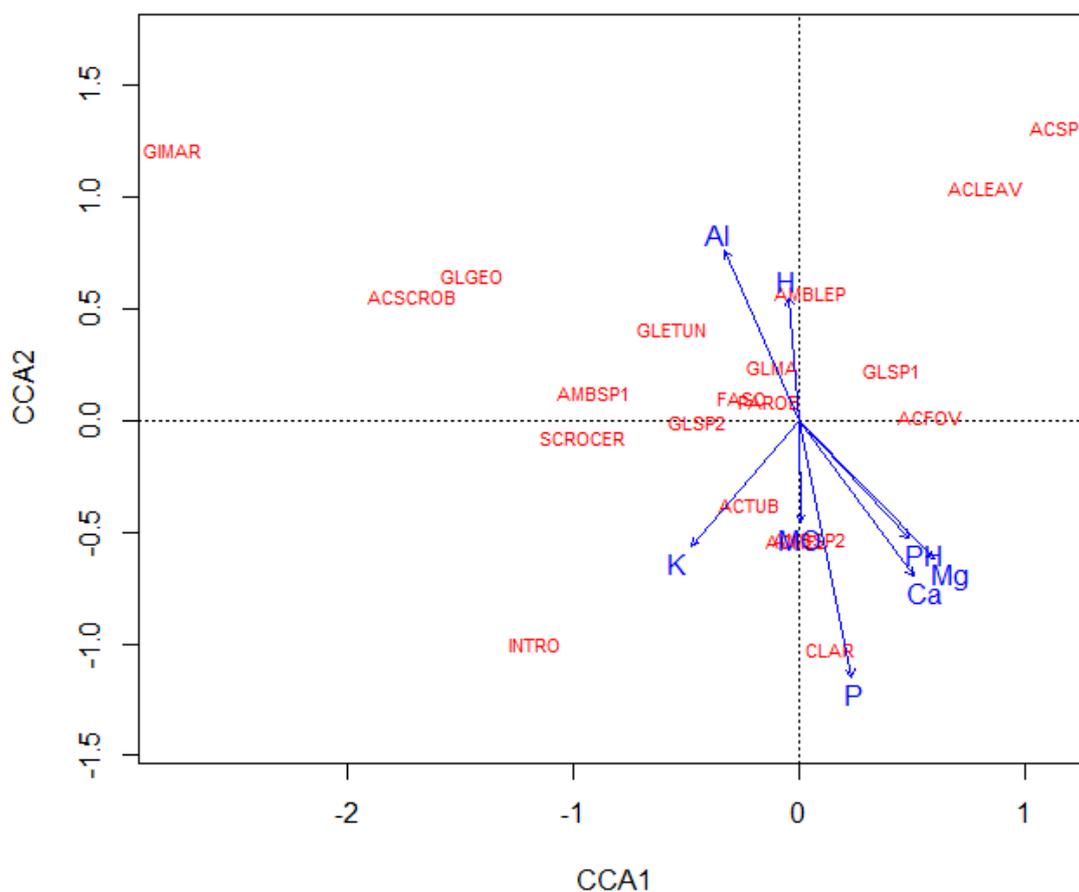
* Coeficiente de correlação significativo a 5% e ** Coeficiente de correlação significativo a 1%.
S.B. (Soma de bases trocáveis), V (Saturação de bases) e m (Saturação por alumínio).

A taxa de colonização foi influenciada pela maioria dos atributos do solo, sendo que a maior correlação positiva foi encontrada entre a taxa de colonização e o P disponível, com 69,85%, indicando uma dependência entre essas variáveis.

Segundo Liu et al. (2016), baixos teores de P no solo podem aumentar a colonização radicular e, conseqüentemente, auxiliar numa melhor absorção de outros nutrientes.

Muthuraja e Muthukumar (2019), ao correlacionarem características químicas do solo com a colonização micorrízica em raízes de mandioca, no Sul da Índia, não observaram correlação com o P, mas observaram correlação positiva com o K, que teve seu teor variando no solo de 0,18 a 0,31 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, sendo que, no presente trabalho, mesmo nos valores menores, variando de 0,11 a 0,18 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, também foi encontrada correlação entre essas variáveis, demonstrando a importância de outros nutrientes no solo para associação micorrízica. Como constatado por Nicolás et al. (2015), que observou que a colonização dos FMA nas raízes de videira promoveu maior absorção de P, K e Ca, além de resultar em uma maior mobilização de reservas de amido no inverno, que possivelmente foi responsável por melhorar o desenvolvimento radicular.

Observa-se, na Figura 9, que os atributos pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H^+ e MO se correlacionaram com a comunidade de espécies de FMA encontrada nos diferentes preparos de solo e adubação. A explicação total das variáveis canônicas foi de 47,39%, sendo a componente 1 com 27,68% e o componente 2 com 19,71%. O maior número de esporos das espécies, *Gigaspora margarita*, *Funneliformis geosporum*, *Acaulospora scrobiculata*, *Ambispora* sp1, *Claroideoglossum etunicatum*, *Pacispora robiginia*, *Rhizophagus fasciculatus*, *Glomus macrocarpum* e *Ambispora leptoticha* se correlacionaram com aumento dos valores de Al^{3+} e H^+ . As espécies *Rhizophagus clarus*, *Acaulospora mellea* e *Ambispora bireticulata* tiveram maior relação com os teores de pH, Ca, Mg, P e MO. Já as espécies *Intraornatospora intraornata* e *A. tuberculata* se relacionaram com os maiores teores de K.



Espécies de FMA: *Acaulospora foveata* (ACFOV), *Acaulospora laevis* (ACLEAV), *Acaulospora mellea* (ACMEL), *Acaulospora scrobiculata* (ACSCROB), *Acaulospora* sp (ACSP), *Acaulospora tuberculata* (ACTUB), *Ambispora bireticulata* (AMBSP2), *Ambispora leptoticha* (AMBLEP), *Ambispora* sp1 (AMBSP1), *Claroideoglossum etunicatum* (GLETUN), *Dentiscutata cerradensis* (SCROCER), *Funneliformes geosporum* (GLGEO), *Gigaspora margarita* (GIMAR), *Glomus macrocarpum* (GLMA), *Glomus* sp1 (GLSP1), *Glomus* sp2 (GLSP2), *Intraornatospora intraornata* (INTRO), *Pacispora robiginia* (PAROB), *Rhizophagus clarus* (CLAR) e *Rhizophagus fasciculatus* (FASC).

Figura 9. Análise de correspondência canônica (CCA) entre os atributos químicos do solo e espécies de FMA encontrados no cultivo de mandioca com diferentes preparos de solo e adubação, Cândido Sales, Bahia, 2021.

Há grande variação das espécies em diferentes atributos químicos do solo com as espécies *Acaulospora mellea*, *Ambispora bireticulata*, *Intraornatospora intraornata*, *Acaulospora tuberculata* e *Rhizophagus clarus*, que foram mais influenciadas positivamente pela adubação do que as demais espécies. De acordo a Oehl et al. (2010), as características químicas do solo e o tipo de uso podem influenciar a comunidade de FMA, com as espécies variando a depender dos teores de elementos químicos encontrados no solo.

4.2 Ocorrência e diversidade de FMA em lavouras de mandioca

Na Tabela 9, encontram-se os valores dos atributos químicos das 26 amostras de solos coletados nas 20 áreas de cultivo de mandioca. Todas amostras apresentaram pH ácido e com exceção das áreas 5 (F) e 8 (I) que apresentaram pH de 5,8 e 5,6, todas outras áreas apresentaram valores abaixo do valor mínimo recomendado para cultura da mandioca, que é de 5,5 (Lorenzi, 2003). Assim como os teores de alumínio no solo e hidrogênio foram altos. Fato que comprova as respostas dos produtores da não realização da prática de correção do solo. Com exceção das áreas 5 (F) e 17 (V) que apresentaram somas de bases maiores que 50%, as demais propriedades expressam a necessidade da prática de calagem para correção do solo.

Tabela 9. Atributos químicos do solo das áreas de coleta em cultivos de mandioca em Cândia Sales, Bahia, 2021.

Área (Amostra)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V --- % ---	m	M.O. g dm ⁻³
----- cmol _c dm ⁻³ de solo -----													
1 (A)	5,0	2	0,21	1,3	0,7	0,3	3,5	2,2	2,5	6,0	37	12	23
2 (B)	4,4	2	0,08	0,4	0,3	1,0	3,7	0,8	1,8	5,5	14	56	16
2 (C)	4,5	6	0,13	0,7	0,6	0,8	3,9	1,4	2,2	6,1	23	36	22
3 (D)	5,1	2	0,15	0,8	0,5	0,5	3,3	1,5	2,0	5,3	28	26	20
4 (E)	5,4	5	0,10	2,2	0,8	0,2	3,2	3,1	3,3	6,5	48	6	12
5 (F)	5,8	8	0,23	2,4	0,8	0,1	2,4	3,4	3,5	5,9	58	3	20
6 (G)	4,7	2	0,15	0,8	0,7	0,7	4,0	1,7	2,4	6,4	26	30	25
7 (H)	5,3	4	0,28	0,9	0,6	0,2	2,0	1,8	2,0	4,0	45	10	22
8 (I)	5,6	3	0,13	1,7	0,9	0,2	2,9	2,7	2,9	5,8	47	7	10
9 (J)	4,1	2	0,06	0,3	0,3	1,4	5,0	0,7	2,1	7,1	9	68	16
10 (K)	5,1	3	0,13	1,8	1,3	0,3	3,5	3,2	3,5	7,0	46	9	20
11 (L)	4,7	2	0,18	0,5	0,6	0,9	3,3	1,3	2,2	5,5	23	41	22
11 (M)	4,7	2	0,21	0,6	0,4	0,8	3,7	1,2	2,0	5,7	21	40	16
11 (N)	4,7	2	0,21	0,7	0,6	0,9	3,3	1,5	2,4	5,7	26	37	16
11 (O)	5,2	2	0,18	0,6	0,4	0,6	3,2	1,2	1,8	5,0	24	34	16
12 (P)	4,4	2	0,13	0,8	0,5	1,0	4,2	1,4	2,4	6,6	22	41	16
13 (Q)	4,3	2	0,13	0,5	0,4	1,1	4,1	1,0	2,1	6,2	17	52	20
14 (R)	5,0	3	0,10	0,9	0,5	0,5	2,9	1,5	2,0	4,9	31	25	16
15 (S)	4,5	2	0,12	0,5	0,6	1,0	3,7	1,2	2,2	5,9	21	45	14
15 (T)	4,5	2	0,13	0,3	0,3	1,0	3,7	0,7	1,7	5,4	13	58	14
16 (U)	4,6	2	0,05	0,5	0,4	0,8	3,9	1,0	1,8	5,7	17	46	12
17 (V)	5,9	3	0,28	2,2	0,9	0,0	2,5	3,4	3,4	5,9	57	0	16
18 (W)	4,8	16	0,15	1,0	0,5	0,7	4,0	1,7	2,4	6,4	26	30	20
19 (X)	4,6	2	0,08	0,7	0,5	0,8	3,9	1,3	2,1	6,0	21	39	16
20 (Y)	4,2	2	0,08	0,3	0,4	1,3	3,9	0,8	2,1	6,0	13	63	16
20 (Z)	4,4	2	0,09	0,5	0,3	1,5	4,3	0,9	2,4	6,7	13	63	16

Extratores: P e K (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (CaCl₂ 0,01M e SMP).

S.B.: Soma das bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; MO: Matéria orgânica.

Os solos coletados apresentaram teores relativamente baixos, característicos de solos não adubados, com teores de P entre 2 e 16 mg dm⁻³, sendo que a maioria das propriedades apresentou 2 mg dm⁻³. Entretanto, 15% (áreas 2, 8 e 18) dos produtores afirmaram ter usado o superfosfato simples na fundação, porém nenhum deles fez análise química do solo ou teve algum tipo de assistência técnica para recomendação da adubação, provavelmente, por isso, não foram observados altos valores de fósforo nessas áreas. A maioria das amostras apresentaram valores de potássio acima de 0,10 cmol_c dm⁻³, classificado por Nogueira e Gomes (1999) como bom a muito bom.

Os teores de matéria orgânica no solo variaram de 10 a 23 g dm⁻³, sendo a maioria com teor acima de 15 g dm⁻³, valor considerado ideal para solos de textura arenosa segundo Raij (1997). Essa matéria orgânica é proveniente principalmente do material vegetal advindo das capinas, prática realizada por 95% dos produtores.

Quanto às questões de conservação do solo, todos os produtores afirmaram não fazer nenhuma prática de conservação, sendo que 60% dos produtores fizeram apenas aração do solo, enquanto 40% afirmaram ainda fazer o processo de destoca, encoivramento e queima como preparo de solo para o plantio. Apenas 5% cultivam mandioca consorciada com outras culturas, sendo as principais culturas feijão, andu e batata doce.

Observa-se, na Tabela 10, que foram identificadas 32 espécies de FMA, distribuídas em 7 famílias e 9 gêneros, a maioria na família Glomeraceae e Acaulosporaceae, com total de 13 e 8 representantes, respectivamente. Foram encontrados 671 esporos de FMA, sendo as espécies de maior incidência *Glomus* sp4, *Claroideoglomus etunicatum*, *Acaulospora mellea* e *Glomus* sp3, com 93, 85, 70 e 70 esporos em 50g de solo, respectivamente. As áreas de coletas com maiores números de esporos foram as áreas de vegetação nativa e área 8 (I), com 64 e 58 esporos, respectivamente. Na Figura 10, podem ser observadas algumas espécies de fungos micorrízicos arbusculares.

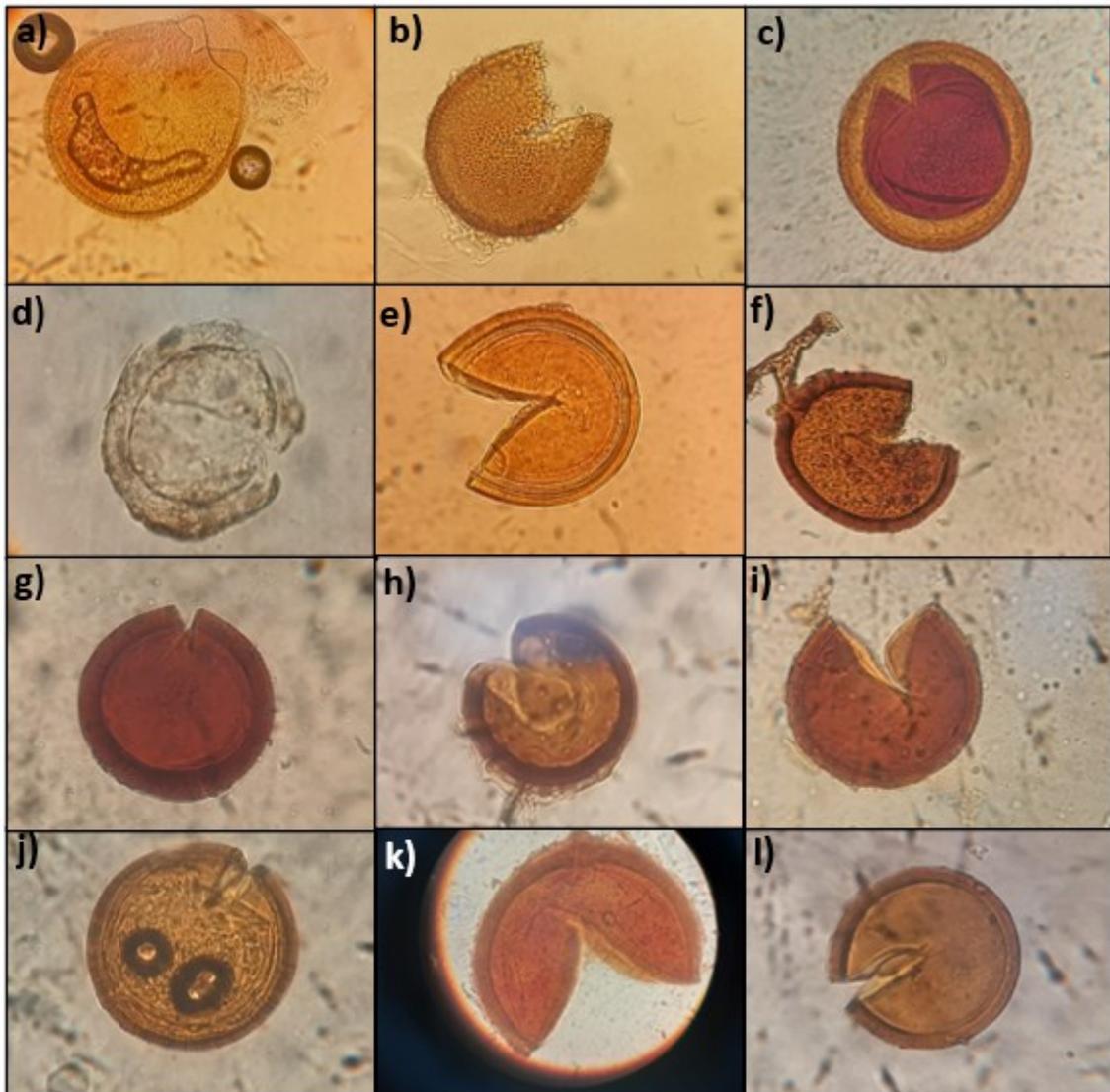


Figura 10. Esporos de fungos micorrízicos arbusculares, encontrados em áreas de cultivo de mandioca, das espécies: a) *Acaulospora espinosa*; b) *Acaulospora foveata*; c) *Acaulospora mellea*; d) *Claroideoglo mus Claroideum*; e) *Claroideoglo mus etunicatum*; f) *Funneliformis* sp.; g) *Glomus* sp1; h) *Glomus* sp4; i) *Glomus* sp5; j) *Intraornatospora intraornata*; k) *Racocetra verrucosa*; e l) *Rhizophagus clarus*.

Pontes et al. (2017), avaliando as comunidades de FMA em diferentes áreas de cultivo e na vegetação nativa do Cerrado, observaram também um maior número de esporos na vegetação nativa, demonstrando que ambientes menos antropizados favorecem a maior dinâmica do ecossistema.

Um maior número de esporos de espécies da família Glomeraceae também foi encontrado por Begoude et al. (2016), sendo também a família mais abundante em todas as áreas de coleta, em lavouras de mandioca em Camarões. Ferreira et al. (2012)

observaram essa família como a de maior ocorrência em áreas com diferentes manejos e usos do solo no Cerrado. Esses dados podem demonstrar que se trata de uma família importante em cultivos de mandioca, não só do Brasil, mas em outros países.

Séry et al. (2018) observaram que mesmo em diferentes tipos de solos a comunidade de FMA em áreas de cultivo de mandioca foi dominada pela família Glomeraceae, com *Rhizophagus* como o gênero mais dominante.

Diferentemente do encontrado nesse estudo, que teve maior ocorrência do gênero *Acaulospora* e *Glomus*, espécies essas que foram as mais dominantes constatadas também por Feng-Xiu et al. (2008), ao estudarem a diversidade de FMA em 25 áreas de produção de mandioca em uma região produtora da China e por Peña-Venegas et al. (2019), ao identificar espécies de FMA em cultivos de mandioca na Região Amazônica, que por sua vez, evidenciam como sendo espécies resilientes ao cultivo da mandioca na região, pois já foram constatadas em outras coletas, como sendo os gêneros mais encontrados.

Silva et al. (2006), ao avaliarem a densidade de esporos de FMA em áreas de cultivo de mandioca e banana, além de áreas de capoeira e floresta secundária, encontraram o maior número de esporos na área de cultivo de mandioca, com 666 esporos, quantidade semelhante a este trabalho que foi de 671 esporos, enquanto nas áreas de cultivo de banana, capoeira e floresta secundária, continham 538, 266 e 202 esporos, respectivamente. Sendo as maiores frequências das espécies *Acaulospora mellea* e *Glomus macrocarpum*. O maior número de esporos encontrados na área de mandioca pode estar relacionado com a condição mais estressante deste ambiente, levando os FMA a produzirem um elevado número de propágulos, com o intuito de sobrevivência. Mas pode ser também devido à alta dependência da cultura da mandioca por esses fungos (Howeler e Sieverding, 1983).

Foi encontrada variação de riqueza de espécies entre 2 e 11 espécies. As amostras com maior riqueza de espécies encontradas nas áreas 8 (I), com 11 espécies e 10 (K), com 10 espécies, provavelmente por serem áreas próximas e com as mesmas características de cultivo, assim como as áreas com menores riquezas de espécies, áreas 6 (G) e 5 (F) (Tabela 11).

Tabela 11. Riqueza de espécies, índice de diversidade e de dominância das espécies de FMA encontradas nos solos coletados em áreas de cultivo de mandioca e área de vegetação nativa (VG) em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Área (Amostra)	Riqueza de espécies	Diversidade Shannon– Wiener	Dominância de Simpson
1 (A)	6	1,67	0,14
2 (B)	3	0,85	0,43
2 (C)	3	0,95	0,30
3 (D)	4	1,23	0,27
4 (E)	6	1,67	0,17
5 (F)	3	1,04	0,17
6 (G)	2	0,64	0,47
7 (H)	9	2,12	0,10
8 (I)	11	1,51	0,36
9 (J)	6	1,73	0,07
10 (K)	10	1,94	0,17
11 (L)	9	1,99	0,13
11 (M)	6	1,48	0,24
11 (N)	9	1,89	0,09
11 (O)	8	1,91	0,13
12 (P)	5	1,49	0,20
13 (Q)	8	1,97	0,11
14 (R)	5	1,55	0,15
15 (S)	7	1,83	0,13
15 (T)	6	1,60	0,20
16 (U)	4	1,28	0,26
17 (V)	7	1,66	0,20
18 (W)	9	1,82	0,21
19 (X)	3	0,71	0,59
20 (Y)	4	1,35	0,23
20 (Z)	4	0,94	0,47
VG	8	1,78	0,19

A área que com maior índice de diversidade foi a 7 (H) com 2,12, já o menor índice foi encontrado na área 6 (G), com 0,64. Considerando a classificação adotada por Rini et al. (2017), em que ponderam o índice moderado de diversidade, quando $1,00 < H' < 3,00$, a área 7 apresentou uma diversidade média.

Segundo Silva et al. (2014), maior diversidade de espécies de FMA pode permitir melhor desempenho das raízes na absorção de nutrientes e água do solo em uma maior gama de espécies de plantas, pois dificilmente ocorrerá especificidade hospedeira.

Sarr et al. (2019) identificaram maior diversidade de FMA em solos com menores teores de P disponível. Já Peña-Venegas et al. (2019), mesmo identificando diferenças tanto na textura do solo, como nos teores de fósforo, observaram que essas diferenças não

afetaram a riqueza de espécies de FMA nas raízes de mandioca. No presente trabalho, mesmo com poucas diferenças químicas do solo, foram observados diferentes índices de diversidade, demonstrando que as espécies FMA existentes podem sofrer alterações das comunidades, com o mínimo de alteração realizada no manejo do solo.

Entretanto, outros nutrientes, como potássio, cálcio e magnésio, proporcionaram maiores diferenças na riqueza de espécies do que o fósforo, reforçando a ideia de que a distribuição das espécies de FMA pode se diferir entre dois ecossistemas, podendo ser influenciada por parâmetros ambientais, como a fertilidade do solo (Leff et al., 2015).

A área de vegetação nativa, mesmo apresentando um moderado índice de diversidade, ainda foi menor do que algumas áreas de cultivo, diferentemente de Costa et al. (2012), que ao estudarem a diversidade de FMA em diferentes sistemas de uso da terra, observaram que as áreas com vegetação nativa e sistemas de agroflorestais, apresentaram maiores índices ecológicos do que as áreas de cultivo com mandioca.

O maior índice de dominância foi encontrado na área 19 (X) e o menor índice de dominância na a área 9 (J), com 0,07. Pode ser observado, em geral, que as áreas com menores índices de diversidade, apresentaram os maiores índices de dominância, o mesmo encontrado por Silva et al. (2012).

Na Figura 11, pode-se observar a influência dos atributos químicos do solo com as espécies de FMA encontradas nas diferentes áreas de cultivo de mandioca, assim como nas áreas de coleta. A contribuição total das variáveis canônicas foi de 74,56%, sendo a componente 1 com 40,19% e o componente 2 com 34,37%. As espécies *Glomus ambisporum*, *Funneliformis* sp, *Acaulospora delicata*, *Acaulospora espinosa*, *Acaulospora scrobiculata*, assim como as áreas de coleta 7 (H) e 5 (F) tiveram influência direta com o potássio e fósforo. Sendo que nessas áreas de coletas, o potássio apresentou teores de 0,28 e 0,23 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valores considerados altos para cultura da mandioca e teores de fósforo de 4 e 8 mg dm^{-3} , considerado entre baixa e média disponibilidade no solo, segundo Nogueira e Gomes (1999).

A matéria orgânica influenciou na composição das espécies *Gigaspora albida*, *Gigaspora decipiens*, *Gigaspora rosea*, *Glomus fasciculatum*, *Racocetra verrucosa*, *Racocetra* sp., assim como as áreas 12 (P), 13 (Q) e 2 (C). *Glomus intraradices*, *Acaulospora tuberculata* e *Rhizophagus clarus* foram influenciadas pelo hidrogênio, magnésio, cálcio, somas de bases e saturação por bases, que também influenciaram também as áreas de coletas 4 (E), 10 (K) e 17 (V). As espécies *Claroideoglomus Claroideum*, *Claroideoglomus etunicatum*, *Ambispora apendicula*, *Acaulospora denticulata* e as áreas de coletas 8 (I), 15 (S), 15 (T) e 16 (U) foram influenciadas diretamente pelo pH do solo e alumínio.

Coutinho et al. (2015), ao avaliarem a variação da diversidade de comunidades de FMA em diferentes áreas de pastagem em diferentes gradientes de altitude, observaram que as propriedades químicas do solo tiveram alta influência na diversidade das comunidades. Entretanto, neste trabalho pode-se observar que 50% das espécies encontradas tiveram alguma influência provocada pelos atributos químicos do solo, a outra parte, descrita no centro do gráfico, foram pouco influenciadas por esses atributos.

Na Figura 12, encontra-se o dendrograma de agrupamento das áreas de coleta em relação às espécies de FMA encontradas em cada área. Pode ser observada a formação de dois grandes grupos, que, por sua vez, foram subdivididos em outros 7 subgrupos, sendo o primeiro grupo formado por 5 subgrupos, onde se destaca as áreas 1 (A) e 2 (C) que se agruparam isoladamente dos demais subgrupos, já o segundo grupo foi separado em 2 subgrupos, com 9 das 26 coletas. Em geral, as áreas coletadas apresentaram características semelhantes de manejo e química do solo, sendo observada poucas variações.

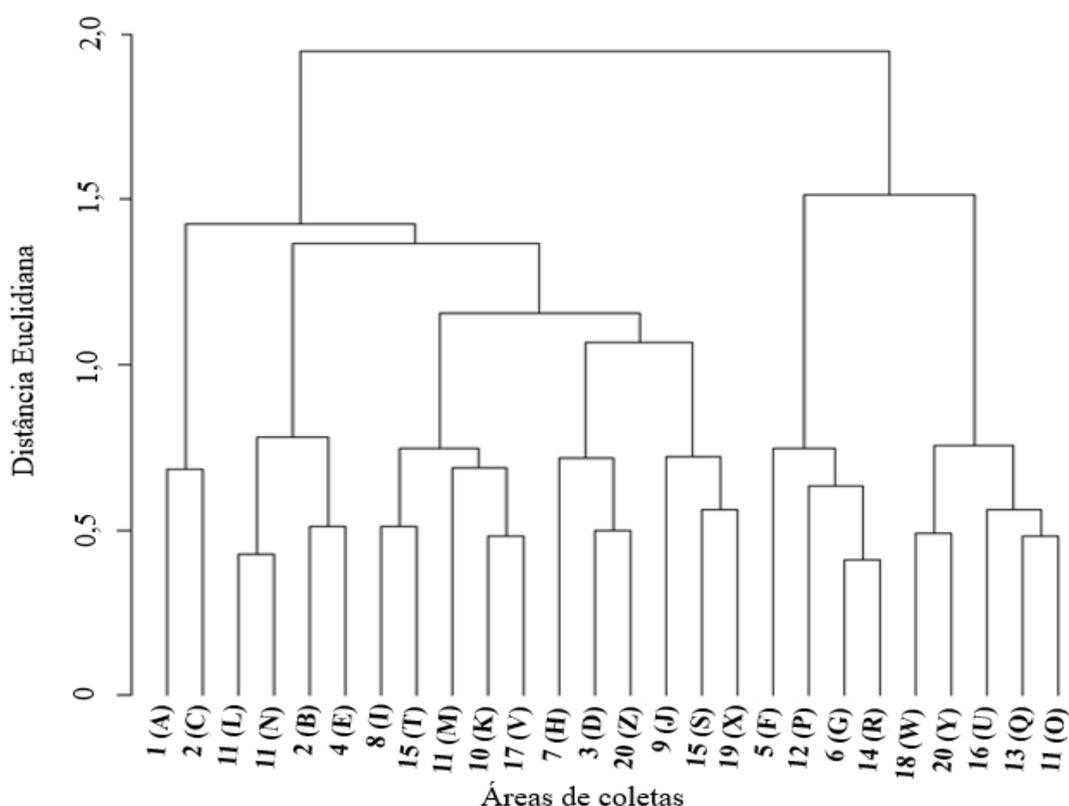


Figura 12. Dendrograma de agrupamento de espécies encontradas nas áreas de coletas em relação às espécies de FMA encontradas em cultivo de mandioca em Cândido Sales, Bahia, 2021.

Algumas áreas geograficamente próximas umas das outras se agruparam como foi o caso das amostras L e N da área 11, onde suas amostragens se diferiram pelas variedades de mandioca constantes na área, sendo a primeira coletada na variedade Platinão e a segunda na variedade Poti Branca, já as características químicas do solo foram muito semelhantes, o que pode ter influenciado nesse agrupamento. Peña-Venegas et al. (2019), a estudar a diversidade de FMA na cultura da mandioca em solos amazônicos, encontraram uma baixa similaridade entre as comunidades de fungos, tanto os que colonizam as raízes de mandioca, como aqueles registradas no solo, independentemente das diferenças nas propriedades do solo ou da variedade de mandioca cultivada. Foi observado similaridade também entre áreas distantes entre si, como as áreas 1 (A) e 2 (C), que apresentaram espécies que só foram encontradas nessas áreas, como a *Racocetra verrucosa*, o que pode ter contribuído para o agrupamento dessas áreas.

Houve correlação positiva entre o número de esporos e colonização radicular, quanto maior o número de esporos, maior foi a colonização radicular. O número de

esporos ainda se correlacionou positivamente com as espécies *Acaulospora mellea*, *Acaulospora* sp., *Ambispora* sp.1, *Claroideoglomerus etunicatum*, *Glomus* sp.3 e *Glomus* sp.4. O mesmo foi observado para a colonização radicular, que correlacionou com *Acaulospora* sp., *Ambispora* sp.1, *Claroideoglomerus etunicatum*, *Glomus* sp.3 e *Glomus* sp.4 e *Rhizophagus clarus*. *Acaulospora scrobiculata* apresentou correlação negativa com essas duas características (Tabela 12). Não foi verificada correlação os atributos químicos do solo e o número de esporos e colonização radicular micorrízica. Fato que foi constatado por Voko et al. (2013), em estudo de diversidade e abundância de FMA em lavouras de mandioca na Costa do Marfim, onde verificaram que o maior número de esporos correlacionou com alguns atributos do solo, como o pH e o teor de fósforo do solo.

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Spearman os atributos químicos do solo e as espécies de FMA encontradas em áreas de cultivos de mandioca, número total de esporos de FMA (NE) e colonização radicular (CM) em Cândia Sales, Bahia, 2021.

Espécies de FMA	NE	CM	Atributos químicos do solo												
			pH (H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V	m	M.O.
NE	1,000	0,961**	0,324	0,049	0,265	0,071	0,150	-0,161	-0,327	0,115	0,047	-0,238	0,147	-0,137	-0,302
CM	0,961**	1,000	0,337	0,067	0,255	0,081	0,203	-0,209	-0,373	0,138	0,013	-0,276	0,177	-0,173	-0,320
<i>Acaulospora delicata</i>	-0,081	-0,081	0,384	0,451*	0,438*	0,333	0,239	-0,404*	-0,464*	0,353	0,083	-0,259	0,382	-0,363	0,304
<i>Acaulospora denticulata</i>	0,137	0,167	0,172	0,025	-0,028	0,074	0,075	-0,212	-0,095	0,082	-0,016	-0,099	0,073	-0,101	-0,278
<i>Acaulospora espinosa</i>	-0,084	-0,069	-0,235	0,091	-0,188	-0,166	-0,143	0,252	0,348	-0,168	0,040	0,306	-0,219	0,226	-0,086
<i>Acaulospora foveata</i>	-0,193	-0,193	-0,064	0,066	-0,073	-0,040	-0,228	0,073	0,258	-0,072	-0,089	0,161	-0,089	0,080	0,143
<i>Acaulospora mellea</i>	0,440*	0,374	-0,219	-0,078	-0,182	-0,381	-0,161	0,342	-0,027	-0,313	-0,058	-0,048	-0,264	0,328	-0,240
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	-0,401*	-0,401*	0,294	0,392*	0,075	0,333	0,138	-0,314	-0,394*	0,273	0,083	-0,239	0,342	-0,323	0,054
<i>Acaulospora</i> sp	0,412*	0,402*	0,018	-0,013	0,412*	-0,138	-0,266	0,071	-0,005	-0,155	-0,349	-0,278	-0,102	0,103	0,204
<i>Acaulospora tuberculata</i>	0,053	0,067	0,254	0,299	-0,161	0,295	0,243	-0,255	-0,188	0,254	0,255	0,227	0,281	-0,280	-0,307
<i>Ambispora appendicula</i>	0,307	0,307	-0,147	-0,142	-0,027	-0,309	-0,297	0,188	0,027	-0,321	-0,336	-0,227	-0,281	0,253	-0,251
<i>Ambispora leptoticha</i>	0,210	0,273	0,002	0,031	0,162	-0,072	-0,055	-0,012	-0,110	-0,061	-0,162	-0,182	-0,040	0,022	-0,034
<i>Ambispora</i> sp1	0,402*	0,381	0,120	-0,074	0,424	-0,077	-0,071	0,058	-0,089	-0,025	-0,066	-0,239	0,012	0,032	0,112
<i>Claroideoglossum</i>															
<i>Claroideum</i>															
<i>Claroideoglossum etunicatum</i>	0,583**	0,581**	0,279	-0,211	0,249	-0,105	0,004	-0,132	-0,348	-0,046	-0,217	-0,538**	0,054	-0,040	-0,345
<i>Funneliformis geosporum</i>	0,120	0,108	0,045	-0,121	0,057	0,004	0,124	0,002	-0,216	0,070	0,120	-0,107	0,107	-0,031	0,022
<i>Funneliformis</i> sp.	0,344	0,316	0,170	0,102	0,354	-0,021	0,136	-0,116	-0,334	0,093	-0,132	-0,380	0,132	-0,076	0,382

* Coeficiente de correlação significativo a 5% e ** Coeficiente de correlação significativo a 1%.

Tabela 12. (Continuação). Coeficientes de correlação de Spearman entre os atributos químicos do solo e espécies de FMA encontradas em áreas de cultivos de mandioca em Cândia Sales, Bahia, 2021.

Espécies de FMA	NE	CM	Atributos químicos do solo												
			pH (H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V	m	M.O.
<i>Gigaspora albida</i>	-0,147	-0,147	0,107	-0,142	0,229	0,201	0,189	-0,188	-0,054	0,201	0,202	0,067	0,174	-0,173	0,320
<i>Gigaspora decipiens</i>	0,252	0,268	0,323	0,134	0,111	0,411*	0,493**	-0,375	-0,201	0,426*	0,454*	0,196	0,391*	-0,390*	0,102
<i>Gigaspora rosea</i>	-0,067	-0,053	-0,281	-0,142	-0,027	-0,174	-0,176	0,255	0,255	-0,187	-0,081	0,147	-0,187	0,200	0,153
<i>Glomus ambisporum</i>	0,200	0,200	0,227	0,268	0,323	0,134	0,095	-0,255	-0,335	0,174	-0,188	-0,334	0,200	-0,200	0,265
<i>Glomus intraradices</i>	0,254	0,280	0,161	0,189	-0,027	0,255	0,338	-0,188	-0,054	0,281	0,323	0,307	0,227	-0,227	0,153
<i>Glomus fasciculatum</i>	0,084	0,097	0,118	0,037	-0,050	0,208	0,285	-0,180	-0,011	0,215	0,360	0,333	0,178	-0,178	0,055
<i>Glomus macrocarpum</i>	0,208	0,231	-0,085	-0,247	-0,071	-0,185	0,003	0,180	-0,027	-0,136	-0,072	-0,030	-0,090	0,123	0,009
<i>Glomus sp1</i>	0,109	-0,014	0,181	-0,022	0,389*	0,195	0,135	-0,056	-0,101	0,239	0,159	-0,124	0,216	-0,139	0,339
<i>Glomus sp2</i>	0,173	0,173	0,000	-0,142	0,229	-0,013	0,095	0,107	-0,121	0,067	0,121	-0,120	0,067	0,013	-0,070
<i>Glomus sp3</i>	0,463*	0,397*	0,171	0,221	0,018	0,151	0,162	-0,147	-0,073	0,148	0,133	0,042	0,089	-0,152	-0,121
<i>Glomus sp4</i>	0,650**	0,709**	0,194	0,012	-0,049	-0,030	0,064	-0,120	-0,166	-0,026	-0,048	-0,075	0,014	-0,051	-0,454*
<i>Glomus sp5</i>	0,029	0,039	-0,207	-0,142	-0,115	-0,139	-0,199	0,275	0,298	-0,159	0,003	0,113	-0,185	0,224	-0,223
<i>Glomus sp6</i>	0,356	0,371	0,355	0,174	0,283	0,170	0,130	-0,318	-0,352	0,182	-0,117	-0,212	0,255	-0,272	0,199
<i>Intraornatospora intraornata</i>	0,141	0,173	0,243	0,193	0,004	0,228	0,372	-0,217	-0,251	0,253	0,319	0,120	0,261	-0,258	-0,385
<i>Racocetra verrucosa</i>	-0,346	-0,346	-0,157	0,050	-0,022	-0,029	0,010	0,009	0,069	-0,028	-0,027	0,014	-0,039	0,013	0,325
<i>Racocetra sp.</i>	-0,126	-0,117	-0,365	-0,204	-0,039	-0,071	-0,152	0,317	0,387	-0,130	0,035	0,292	-0,180	0,219	0,054
<i>Rhizophagus clarus</i>	0,367	0,393*	0,383	0,339	0,073	0,551**	0,547**	-0,406*	-0,227	0,527**	0,589**	0,344	0,482*	-0,476*	-0,278

* Coeficiente de correlação significativo a 5% e ** Coeficiente de correlação significativo a 1%.

Rhizophagus clarus foi a espécie que apresentou correlação com a maioria dos atributos químicos do solo, obtendo uma correlação negativa apenas com alumínio e saturação por alumínio e positiva com cálcio, magnésio, somas de base, CTC efetiva e saturação por bases, que também se correlacionaram positivamente com *Gigaspora decipiens*. A maior parte dos solos coletados apresentaram pH abaixo de 5,0 e teores de alumínio considerados altos, com algumas áreas contendo $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Fatores que podem ter favorecido a correlação entre essa espécie e os atributos correlacionados.

Os teores de alumínio no solo podem reduzir significativamente as concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos tecidos vegetais, tanto em plantas micorrizadas quanto em plantas não micorrizadas, ou seja, as altas concentrações desse elemento no solo podem impedir a absorção de outros elementos pelas raízes (Cumming e Ning, 2003), os. Voko et al. (2013) também encontraram correlação positiva entre esporos de FMA e os atributo de pH e cálcio, além do magnésio. Diferente desse trabalho, Séry et al. (2018) encontraram correlação de espécies do gênero *Rhizophagus*, positiva com o fósforo e negativa com o cálcio, demonstrando que uma mesma espécie pode agir diferentes a depender do tipo de solo e locais de origem.

O fósforo correlacionou positivamente com as espécies *Acaulospora delicata* e *Acaulospora scrobiculata*. As demais espécies não apresentaram correlação como o fósforo. Diferentemente do que foi encontrado neste estudo, Mensah et al. (2015) observaram que as raízes colonizadas por isolados de FMA, consideradas pelos autores como isolados de alto desempenho, foram caracterizadas por concentrações relativamente baixas de P. Talvez o baixo índice de correlação para este elemento pode ter sido pelo fato das espécies existentes nessas áreas já estarem adaptadas às condições do solo. Houve correlação positiva entre o potássio e as espécies *Acaulospora delicata*, *Acaulospora* sp e *Glomus* sp1. Para Muthuraja e Muthukumar (2019), o potássio é o elemento químico que mais se correlacionou com as características avaliadas nas raízes colonizadas de mandioca.

Em geral, o gênero *Acaulospora* foi o que apresentou o maior número de correlações com os atributos do solo. Morais (2017) estudando a composição das comunidades de FMA em diferentes sistemas de cultivo com pinhão manso, observou que as espécies do gênero *Acaulospora* apresentaram maior tolerância às variações edáficas, principalmente com pH e disponibilidade de fósforo. Silva et al (2007), verificaram que os altos teores de pH e P podem influenciar negativamente a colonização

de raízes para algumas espécies de FMA, entretanto pode selecionar espécies de FMA adaptadas às condições locais.

Em estudo realizado por Séry et al. (2018), sobre a comunidade de FMA em diferentes tipos de solos, observaram que o tipo de solo determinou a distribuição das comunidades de FMA nos solos do campo de mandioca, sendo esse efeito atribuído às propriedades químicas do solo relacionadas, como fósforo, cálcio e magnésio. Semelhantemente, neste estudo foi observado que pelo menos um atributo químico causou influência sobre alguma das espécies de FMA.

Apesar do *Glomus* sp4, apresentar correlação positiva com o número de esporos no solo e colonização radicular, foi encontrado correlação negativa com a matéria orgânica do solo, o número de esporos dessa espécie foi correlacionado nos menores teores de matéria orgânica no solo. Diferente de Rini et al. (2017), que sugeriu que o maior de número de esporos pode estar relacionado ao conteúdo de matéria orgânica dos solos.

O número de esporos de FMA e colonização micorrízica radicular apresentaram diferenças entre os tratamentos avaliados (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância do número de esporos (em 50 g de solo) (NE) e colonização micorrízica radicular (%) (CM) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA em casa de vegetação, Vitória da Conquista, 2021.

F.V.	G.L	QUADRADOS MÉDIOS	
		NE ¹	CM
Tratamentos	17	42,7929*	745,0716*
Resíduo	36	17,7606	154,0813
C.V.(%)		24,26	27,61

*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

¹Médias transformadas para \sqrt{x} .

Foram formados dois grupos para cada uma das características (Tabela 14). As áreas 11 (L), 11 (N), 8 (I), 17 (V), 7 (H), 18 (W), 10 (K), se destacaram formando o primeiro grupo, caracterizado pela as maiores médias, o que ocorreu para as duas características. O grupo com as menores médias foram formados pelas áreas 15 (S), 11 (M), 4 (E), 3 (D), 9 (J), 20 (Y), 1 (A), 2 (C), 6 (G), 14 (R) e 20 (Z).

Tabela 14. Número de esporos (em 50 g de solo) (NE) e colonização micorrízica radicular (%) (CM) de plantas de mandioca sob diferentes comunidades de FMA em casa de vegetação, Vitória da Conquista, 2021.

Tratamentos	NE ¹	Tratamentos	CM
11 (L)	26,36 a (794,33)	11 (N)	68,66 a
11 (N)	23,71 a (606,33)	8 (I)	68,05 a
8 (I)	20,98 a (442,33)	11 (L)	65,87 a
17 (V)	20,55 a (423,00)	10 (K)	64,40 a
7 (H)	19,81 a (395,67)	17 (V)	60,94 a
18 (W)	19,70 a (391,00)	7 (H)	54,70 a
10 (K)	18,30 a (342,67)	18 (W)	49,82 a
15 (S)	16,63 b (282,67)	20 (Y)	45,45 b
11 (M)	16,19 b (263,00)	2 (C)	43,72 b
4 (E)	15,64 b (245,33)	15 (S)	43,49 b
3 (D)	15,53 b (253,00)	4 (E)	39,70 b
9 (J)	15,28 b (235,33)	9 (J)	37,38 b
20 (Y)	15,16 b (245,00)	6 (G)	33,81 b
1 (A)	14,75 b (218,33)	1 (A)	31,04 b
2 (C)	14,68 b (225,67)	11 (M)	29,10 b
6 (G)	13,62 b (190,00)	14 (R)	26,36 b
14 (R)	13,08 b (171,33)	3 (D)	24,54 b
20 (Z)	12,70 b (162,00)	20 (Z)	22,25 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo método de Scoot-Knott a 5% de probabilidade.

¹Médias transformadas para \sqrt{x} ; médias destransformadas entre parênteses.

Provavelmente o fato de utilizar a própria mandioca como cultura armadilha, pode ter proporcionado a multiplicação de espécies com maior associação com a cultura, o que deve ter ocasionado em uma maior taxa de multiplicação de esporos das comunidades fúngicas, quando comparado a quantidade de esporos encontrados em campo.

Houve tendência das áreas que tiveram maiores números de esporos em campo, serem também as que tiveram maiores taxas de multiplicação e conseqüentemente uma maior colonização radicular. Possivelmente as condições de pouco estresse da planta de mandioca, por exemplo, pelo fato de serem mantidas sob irrigação, pode ter proporcionado uma maior multiplicação dos esporos de FMA, que por sua vez, ocasionou em uma maior colonização das raízes.

4.3 Inoculação de FMA em plantas de mandioca sob doses de fósforo

Houve significância entre as doses de fósforo e comunidade de FMA para as características de altura de plantas e diâmetro de caule. Para as características de índice de clorofila Falker e área foliar total houve interação entre os dois fatores, havendo uma dependência entre as comunidades de FMA e as doses de fósforo (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância de altura de plantas (ALT) (cm), diâmetro de caule (DIA) (mm), índice de clorofila Falker (ICF) e área foliar total (AFT) (cm²) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		ALT ¹	DIA	ICF	AFT ²
Comunidade fúngica (COM)	5	9,0354*	19,2764*	257,1151*	2,5661*
Doses de fósforo (FOS)	5	1,9769*	5,1570*	1014,2148*	1,3802*
COM x FOS	25	0,5124	1,1074	104,9533*	0,3189*
Resíduo	72	0,3340	0,8778	57,7256	0,1303
C.V. (%)		15,85	16,58	16,63	15,39

*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para \sqrt{x} .

²Dados transformados para $\log x$.

Para altura de plantas, as comunidades 1 e 2 foram superiores às comunidades 3 e 4, *C. etunicatum* e testemunha, sendo que as maiores alturas de plantas foram 22,14 e 19,28 cm (Tabela 16). Os tratamentos com maior taxa de multiplicação de FMA promoveram plantas de mandioca com maior altura, provavelmente devido a maior eficiência na absorção de nutrientes das espécies constantes nessas comunidades.

Tabela 16. Altura de plantas (cm) e diâmetro de caule (mm) em relação às comunidades de FMA, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

FMA	Altura de plantas ¹	Diâmetro de caule
Testemunha	3,34 bc (11,94)	5,14 cd
<i>C. etunicatum</i>	3,57 b (13,05)	5,84 cb
COM1	4,66 a (22,14)	7,24 a
COM2	4,35 a (19,28)	6,38 ab
COM3	2,95 c (8,89)	4,58 d
COM4	3,01 c (9,58)	4,73 d

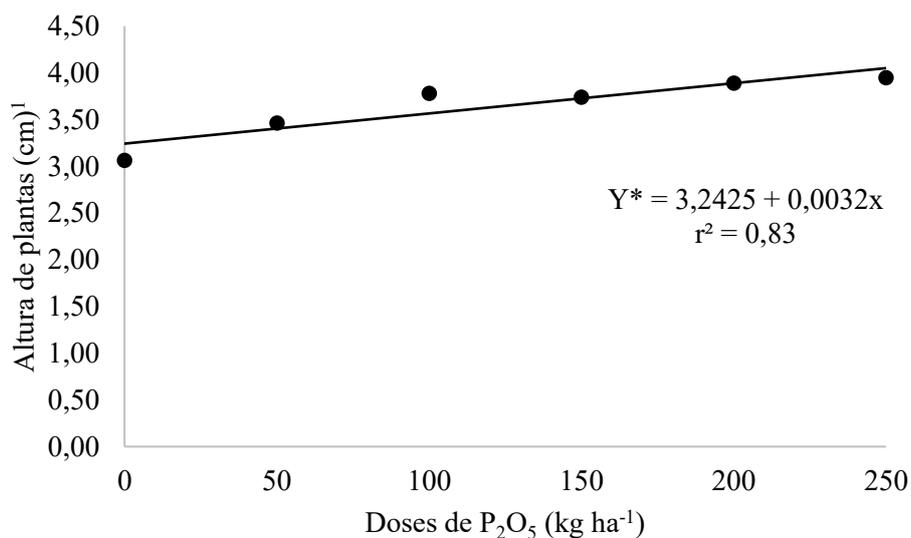
*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para \sqrt{x} . Médias destransformadas em parêntese.

Em ensaios de campo, Ceballos et al. (2013), observaram que a inoculação com isolados FMA alterou a produtividade da raiz da mandioca em até 1,46 vezes no cultivo convencional na Colômbia. Ou seja, apenas com a mudança da comunidade de FMA pode-se observar diferenças no desenvolvimento da mandioca. Indriani et al. (2016), ao avaliar a relação de doses de fósforo e fungos micorrízicos em leguminosas, encontraram interação entre os fatores, observando maiores alturas de plantas quando estas foram micorrizadas.

Quando as plantas de mandioca foram submetidas à comunidade 1, apresentaram diâmetro do caule mais espesso quando comparadas aos tratamentos testemunha, *C. etunicatum*, comunidades 3 e 4, com médias variando de 4,58 a 7,24 mm (Tabela 16). As comunidades que obtiveram maior taxa de multiplicação podem ter proporcionado maior eficiência de absorção do fósforo disponível no solo, e possivelmente devido a este fator, as plantas de mandioca apresentaram maiores alturas e diâmetro mais espesso.

As doses de fósforo aplicadas influenciaram positivamente à altura de plantas, demonstrando efeito linear crescente, apresentando incremento de 25% do tratamento de maior dose de fósforo em relação ao tratamento testemunha (Figura 13). Tal resultado induz que com aumento da dose de fósforo, há maior desenvolvimento das plantas de mandioca, talvez por este elemento ser um dos mais importantes fornecedores de energia para planta.



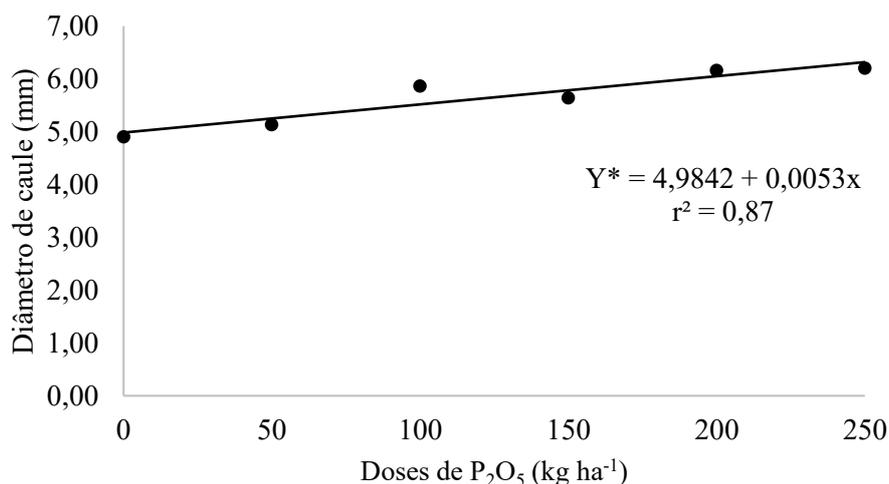
*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

¹Dados transformados para \sqrt{x} .

Figura 13. Altura de plantas em função das doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Enck et al. (2017), ao avaliarem a adubação fosfatada em diferentes variedades de mandioca, nas dosagens que variaram de 0 a 160 kg ha⁻¹, observaram também uma resposta crescente das plantas de mandioca, conforme o aumento das doses de fósforo. Já Oliveira et al. (2020), observaram que no intervalo das doses 0 a 60 kg ha⁻¹, a produtividade da mandioca não foi influenciada pela adubação fosfatada.

Assim como a altura de plantas, o diâmetro de caule também apresentou um modelo de regressão linear crescente, ou seja, a medida que se aumentou as doses de fósforo, as plantas apresentaram caules mais espessos, com incremento de 26,7% entre as doses 0 e 250 de P₂O₅ quando comparado ao tratamento que não foi aplicado o fósforo (Figura 14).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 14. Diâmetro de caule em função das doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Souza et al. (2018) avaliando o efeito da adubação fosfatada na altura e diâmetro de caule das plantas de mandioca, constataram que as doses crescentes de fósforo também influenciaram positivamente o diâmetro de plantas jovens (90 dias), entretanto, não apresentou influência das doses de fósforo para a característica altura das plantas.

Incrementos com o aumento das doses de fósforo também foram observado por Omorusi e Ayanru (2011), que avaliando o efeito da adubação na simbiose micorrízica na cultura da mandioca, verificaram que as plantas de mandioca adubadas apresentaram maiores valores de altura e diâmetro do caule em comparação com o tratamento testemunha, com um incremento de 16,8 e 36,45%, respectivamente, em relação as médias da testemunha.

Para a característica de índice de clorofila Falker, na dosagem 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a comunidade 2 se mostrou superior a testemunha, *C. etunicatum* e comunidade 3, não diferindo das comunidades 1 e 4. Para a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o índice de clorofila das comunidades 3 e 4 foram superiores à testemunha e não diferiu das demais (Tabela 17).

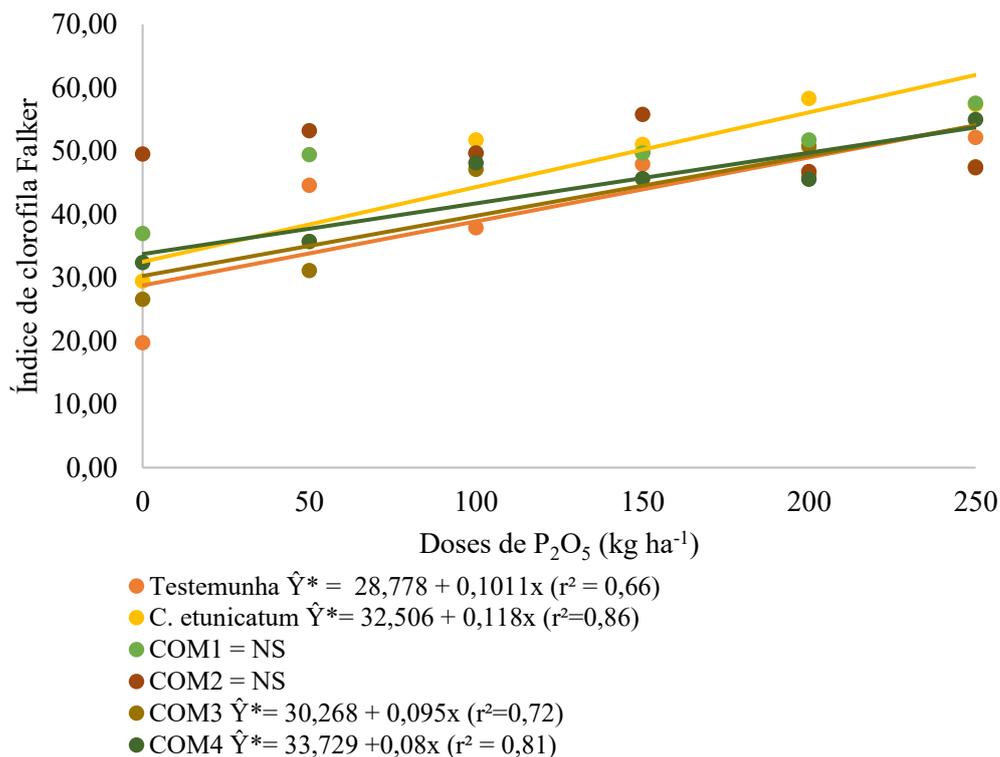
Tabela 17. Índice de clorofila Falker em relação às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	19,73 b	31,13 b	37,9 a	47,93 a	46,20 a	52,13 a
<i>C. etunicatum</i>	29,43 b	35,70 ab	51,8 a	51,03 a	58,30 a	57,33 a
COM1	36,97 ab	35,73 ab	49,7 a	49,67 a	51,77 a	57,53 a
COM2	49,53 a	44,60 ab	49,7 a	55,77 a	46,77 a	47,37 a
COM3	26,57 b	49,43 a	47,1 a	49,77 a	50,73 a	47,53 a
COM4	32,37 ab	53,20 a	48,1 a	45,63 a	45,53 a	55,00 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As demais doses (100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅) de fósforo não apresentaram diferenças entre os tratamentos. As comunidades apresentaram maiores diferenças na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, demonstrando a eficiência do FMA na absorção do fósforo remanescente do solo autoclavado, possibilitando uma maior variação na intensidade do verde das folhas e conseqüentemente nos índices de clorofila. Diferentemente deste trabalho, Ji e Bever (2016), analisando o acúmulo de carbono na planta hospedeira inoculada por diferentes espécies de FMA, observaram que a espécie do gênero *Claroideoglossum*, apresentou desempenho superior das plantas inoculadas em todas as doses de fósforo avaliada, porém com o aumento das doses de fósforo houve uma tendência de diminuição linear das características avaliadas.

As doses de fósforo influenciaram positivamente o índice de clorofila Falker nas plantas de mandioca quando submetidas aos tratamentos testemunha, *C. etunicatum*, comunidades 3 e 4, demonstrando efeito linear crescente (Figura 15).



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo

Figura 15. Índice de clorofila Falker em relação às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

A maior disponibilidade de fósforo no solo pode promover melhor desempenho fotossintético das plantas, induzido maior abertura estomática, e maior atividade bioquímica e fotoquímica (Silva et al., 2010). Entretanto, o fato das comunidades 1 e 2, não apresentarem diferenças quanto ao aumento das doses de fósforo, reforça o fato da eficiência dessas comunidades na absorção do fósforo, ou seja, a não utilização da adubação fosfatada foi suficiente para as plantas de mandioca submetidas a estas comunidades obterem altos índices de clorofila, reforçando a importância dos FMA na absorção de nutrientes, podendo até mesmo dispensar a adubação fosfatada. As demais comunidades, apresentaram crescimento semelhante a testemunha, ou seja, apresentaram pouca influência pelas espécies de FMA contidas nessas comunidades.

Em relação a área foliar, quando não foi utilizada adubação, as comunidades 1 e 2 foram superiores à testemunha e *C. etunicatum*. Na dose 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} , as plantas apresentaram maior área foliar quando submetidas às comunidades 1 e 2. As comunidades 1 e 2, na dose 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 foram superiores apenas à testemunha, na dose 150 kg

ha⁻¹ de P₂O₅ foram maiores que a comunidade 4. Na dose de 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹, as plantas submetidas a comunidade 1 apresentaram maior área foliar que as comunidades 2, 3 e 4 (Tabela 18).

Tabela 18. Área foliar (cm²) das plantas de mandioca submetidas às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

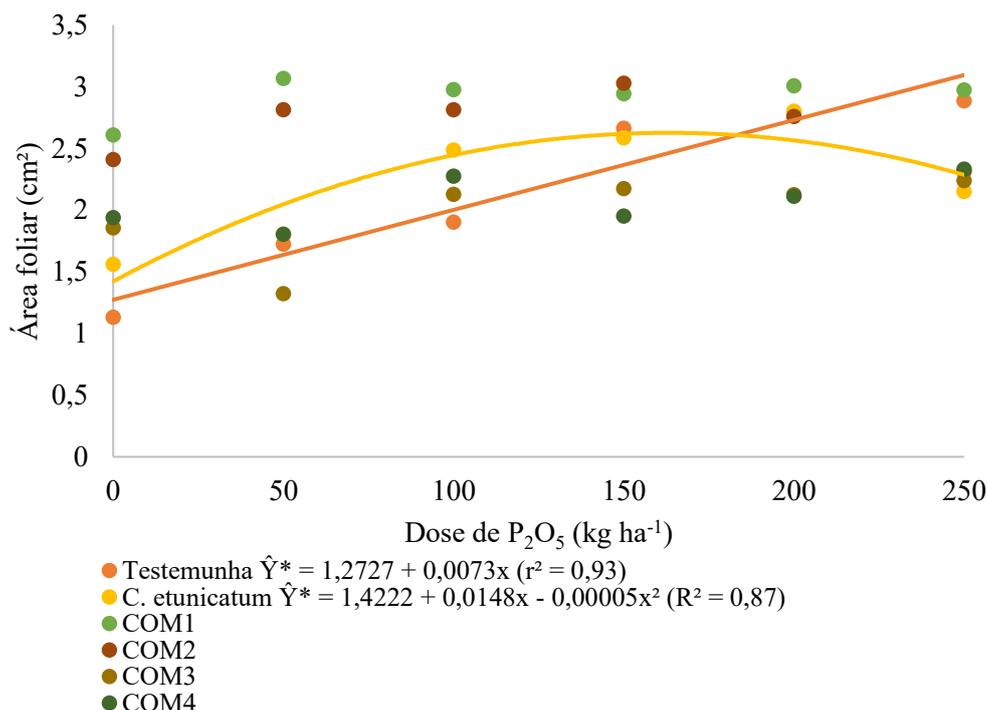
	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	1,13 c (19,44)	1,72 b (61,29)	1,90 b (80,23)	2,66 ab (498,45)	2,8 ab (647,20)	2,89 a (786,75)
<i>C. etunicatum</i>	1,56 c (41,60)	1,80 b (64,31)	2,49 ab (373,16)	2,58 ab (509,83)	2,8 ab (685,52)	2,15 a (171,83)
COM1	2,61 a (430,63)	3,07 a (1168,31)	2,98 a (956,61)	2,94 a (968,81)	3,01 a (1014,65)	2,97 a (948,68)
COM2	2,41 ab (388,57)	2,81 a (740,66)	2,81 a (738,92)	3,03 a (1068,07)	2,76 b (735,63)	2,31 a (587,11)
COM3	1,86 abc (75,93)	1,32 b (36,22)	2,13 ab (141,02)	2,17 ab (244,12)	2,12 b (139,89)	2,24 a (255,63)
COM4	1,94 abc (89,18)	1,80 b (63,66)	2,27 ab (241,30)	1,95 b (113,22)	2,11 b (151,56)	2,33 a (362,69)

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Médias transformadas para log x; médias destransformadas entre parênteses.

Até a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as comunidades 1 e 2, se apresentaram com maiores valores de área foliar que a testemunha, no entanto, a partir da adubação fosfatada com 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, essas diferenças diminuíram. Tal fato pode ser atribuído a diminuição do efeito simbiótico dessas comunidades com o aumento das dosagens de fósforo. Nascimento et al. (2016) ao avaliarem o crescimento inicial de plantas de pornúncia (planta considerada como um híbrido natural entre plantas de *M. esculenta* Crantz. e *M. glaziovii* Muell. Arg.) em função de 3 níveis de adubação fosfatada e espécies exóticas de FMA, identificaram que a área foliar foi maior em plantas inoculadas. O que também foi constatado nesse estudo.

Na Figura 16, observa-se que a testemunha apresentou uma tendência de crescimento da área foliar, conforme o aumento das doses de fósforo, demonstrado na regressão linear positiva. Para o *C. etunicatum* foi verificado efeito quadrático, que conforme a equação proposta, apresentou maior área foliar na dosagem de 148 kg ha⁻¹ de P₂O₅.



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo. ¹Dados transformados para $\log x$.

Figura 16. Área foliar das plantas de mandioca submetidas às comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

O fósforo tem papel fundamental no crescimento foliar, pois como é um componente integral de compostos nas células vegetais, como os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais (Taiz et al., 2017). Consequentemente, a deficiência de P acaba reduzindo a fotossíntese, afetando na redução da área foliar, que por conseguinte, influenciará no menor desenvolvimento da planta. Apesar das comunidades de FMA, não apresentarem diferenças entre as doses, observa-se que as comunidades 1 e 2 apresentaram altos valores de área foliar, como reflexo da melhor eficiência simbiótica (Figura17).



Figura 17. Plantas de mandioca submetidas a doses de fósforo em relação a testemunha (a), *C. etunicatum* (b), comunidade 1 (c), comunidade (d), comunidade (e) e comunidade (f), aos 150 dias após o plantio, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Foi observado interação significativa para as três características descritas na Tabela 19, são elas, massa seca de raiz e parte aérea e volume de raízes.

Tabela 19. Resumo da análise de variância massa seca de raízes (g) (MSR), massa seca de parte aérea (g) (MSPA) e volume de raízes (cm³) (VR) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		MSR ¹	MSPA ²	VR ³
Comunidade fúngica (COM)	5	0,1305*	8,7181*	1,3847*
Doses de fósforo (FOS)	5	0,0626*	2,9655*	0,5059*
COM x FOS	25	0,0137*	0,4432*	0,0992*
Resíduo	72	0,0052	0,177	0,0393
C.V. (%)		8,49	24,49	13,59

*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para $1/\sqrt{x + 0,5}$.

²Dados transformados para \sqrt{x} .

³Dados transformados para $\log x$.

Analisando o comportamento das comunidades fúngicas dentro das doses de fósforo para a característica massa seca de raízes, as comunidades 1 e 2 apresentaram médias superiores em relação à testemunha e demais comunidades fúngicas para as doses 0 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A partir dessas dosagens, as diferenças entre as comunidades tenderam a diminuir. Na dose 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ as comunidades 1 e 2 foram superiores apenas à testemunha, sendo essas comunidades também superiores apenas à comunidade 4, quando comparadas na dose 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não houve diferença entre comunidades e na dose de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as comunidades 1, 2 e testemunha foram superiores apenas que a comunidade 3 (Tabela 20).

Tabela 20. Massa seca de raízes (g) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

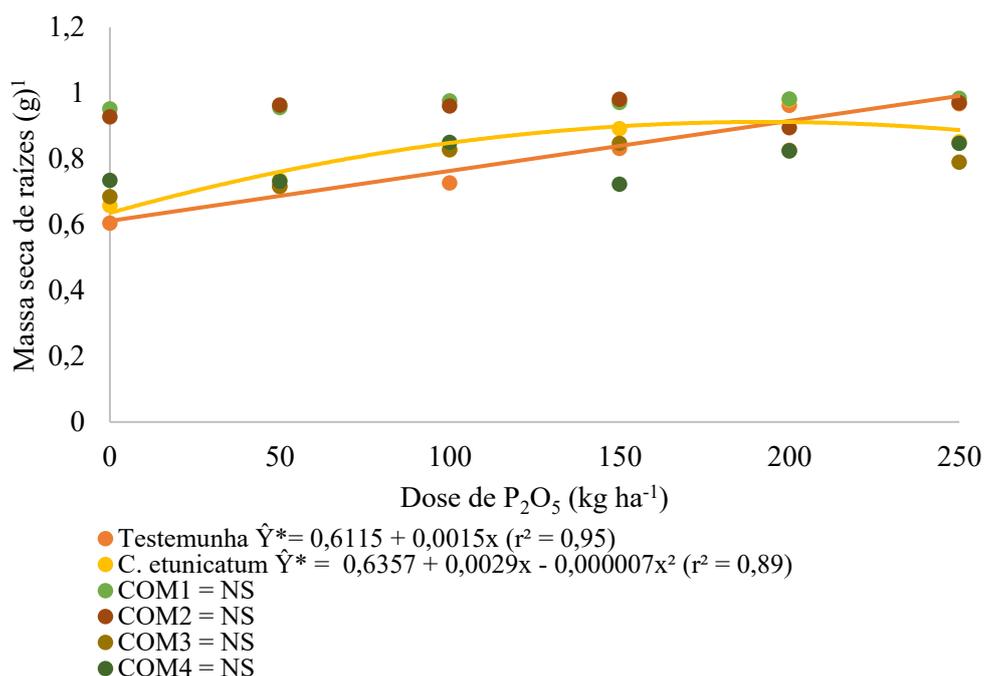
	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	0,60 b (0,30)	0,72 b (0,56)	0,73 b (0,58)	0,83 ab (3,94)	0,96 a (7,38)	0,97 a (11,29)
<i>C. etunicatum</i>	0,66 b (0,38)	0,74 b (0,62)	0,83 ab (1,21)	0,89 ab (2,55)	0,98 a (12,80)	0,85 ab (8,04)
COM1	0,95 a (5,00)	0,96 a (6,78)	0,98 a (11,46)	0,97 a (10,97)	0,98 a (14,77)	0,98 a (17,49)
COM2	0,93 a (5,95)	0,96 a (12,66)	0,96 a (7,90)	0,98 a (15,22)	0,89 a (5,05)	0,97 a (11,39)
COM3	0,69 b (0,51)	0,72 b (0,55)	0,83 ab (1,09)	0,85 ab (1,61)	0,83 a (1,44)	0,79 b (1,02)
COM4	0,73 b (0,61)	0,73 b (0,63)	0,85 ab (1,61)	0,72 b (0,62)	0,82 a (1,37)	0,85 ab (2,77)

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para $1/\sqrt{x + 0,5}$; médias destransformadas entre parênteses.

Segundo Berbara et al. (2006), a eficiência do processo simbiótico entre plantas e FMA é reduzida em manejos com uso intenso de fertilizantes. Nesse trabalho foi observado que com aumento das dosagens de fósforo o efeito das comunidades no desenvolvimento das plantas, tendeu a diminuir. Foi possível observar melhor interação das plantas de mandioca com as comunidades 1 e 2, quando submetidas às menores dosagens de P₂O₅. Cely et al. (2016) observaram que plantas de soja e algodão quando associadas aos fungos micorrízicos e uso de fertilizantes se mostraram superiores ao tratamento controle. O mesmo foi constatado nesse trabalho para essas duas primeiras dosagens (0 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅). A partir da dose de 150, as comunidades fúngicas apresentaram tendência de uma baixa simbiose, pois seus valores passaram a se igualar com a testemunha. Nunes et al. (2019), observaram que plantas de milho, associadas aos fungos micorrízicos e doses de fósforo, não mostraram eficientes nas altas doses de fósforo para essa característica.

Como pode-se observar na Figura 18, o desdobramento das doses de fósforo dentro das comunidades fúngicas, significância para massa seca de raízes das plantas de mandioca submetidas ao tratamento testemunha, com efeito linear crescente. Para o tratamento *C. etunicatum*, foi verificado efeito quadrático para a mesma característica, onde apresentou um crescimento até a dose de 207,15 kg ha⁻¹ de P₂O₅, decrescendo a partir daí.



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo. ¹Dados transformados para $1/\sqrt{x + 0,5}$

Figura 18. Massa seca de raízes (g) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Séry et al. (2018) observaram que os teores de fósforo disponível, que variaram entre 100 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, reduzem a diversidade, mas não afetam a dominância do gênero *Rhizophagus*, em cultivos de mandioca na Costa do Marfim. O mesmo pode ter acontecido para a espécie de *C. etunicatum*, nesse estudo, por se tratar da única espécie presente no tratamento, logo, a única dominante.

Não foi observado modelo que se ajuste às comunidades 1, 2, 3 e 4, entretanto, pode-se observar altos valores de massa seca de raízes em todas as doses de fósforo, principalmente para as comunidades 1 e 2, possivelmente essas comunidades apresentam espécies eficientes na absorção de nutrientes do solo, proporcionando melhor desenvolvimento das raízes, mesmo quando não foi realizada a adubação fosfatada.

Analisando o desempenho das comunidades dentro de cada dose de fósforo para a característica de massa seca de parte aérea, pode-se verificar que no tratamento com a dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a comunidade 1 foi superior quando comparado a testemunha, *C. etunicatum*, comunidades 3 e 4, não diferindo da comunidade 2 (Tabela 21).

Tabela 21. Massa seca de parte aérea (g) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	0,54 c (0,30)	0,83 b (0,78)	0,75 c (0,61)	1,88 ab (3,83)	2,42 a (5,97)	2,57 ab (6,64)
<i>C. etunicatum</i>	0,68 c (0,47)	0,82 b (0,69)	1,82 ab (3,47)	1,56 b (2,46)	2,47 a (6,23)	1,44 c (2,18)
COM1	1,94 a (3,78)	2,98 a (8,88)	2,75 ab (7,58)	2,72 a (7,60)	3,02 a (9,15)	2,90 a (8,41)
COM2	1,81 ab (3,52)	2,43 a (6,46)	2,41 ab (6,04)	2,68 a (7,24)	2,54 a (6,60)	2,79 a (7,88)
COM3	0,79 c (0,63)	0,61 b (0,39)	1,22 bc (1,49)	1,31 b (1,98)	1,18 b (1,42)	1,30 c (1,90)
COM4	0,83 bc (0,69)	0,81 b (0,66)	1,27 bc (1,77)	0,92 b (0,97)	1,16 b (1,52)	1,70 bc (3,48)

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para \sqrt{x} ; médias destransformadas entre parênteses.

Na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as comunidades 1 e 2 se destacaram em relação às demais comunidades e testemunha para a variável massa seca da parte aérea. Os tratamentos *C. etunicatum*, comunidades 1 e 2 apresentaram massas seca de parte aérea superiores à testemunha na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A partir dessa dosagem, a massa seca da parte aérea das plantas crescidas com as comunidades micorrízicas tendem a se assemelharem ao tratamento sem inoculação, provavelmente, assim como observado para as outras características, o efeito da associação micorrízica das comunidades diminui com o aumento da dosagem de fósforo.

Da mesma forma que Nunes et al. (2019), em estudo sobre a ação de espécies exóticas de FMA em plantas de milho associadas a doses de fósforo, observaram que em doses intermediárias de fósforo (entre 95 e 213 mg dm⁻³) as plantas submetidas a inoculação apresentaram maiores valores para massa de parte aérea, assim como massa seca de raiz, área foliar, altura de planta e diâmetro de caule que os tratamentos não inoculados, porém, quando utilizada a maior dosagem (480 mg dm⁻³) as plantas não foram afetadas pela inoculação micorrízica, ou seja, as plantas na presença do fósforo, diminui a dependência pelo fungo micorrízico.

Na Figura 19 e 20, é possível verificar as diferenças entre as plantas de mandioca submetidas às comunidades de FMA dentro de cada dose de fósforo, onde observa-se que

a diferença das plantas de mandioca submetidas às diferentes comunidades de FMA, diminuem conforme o aumento das doses de fósforo.

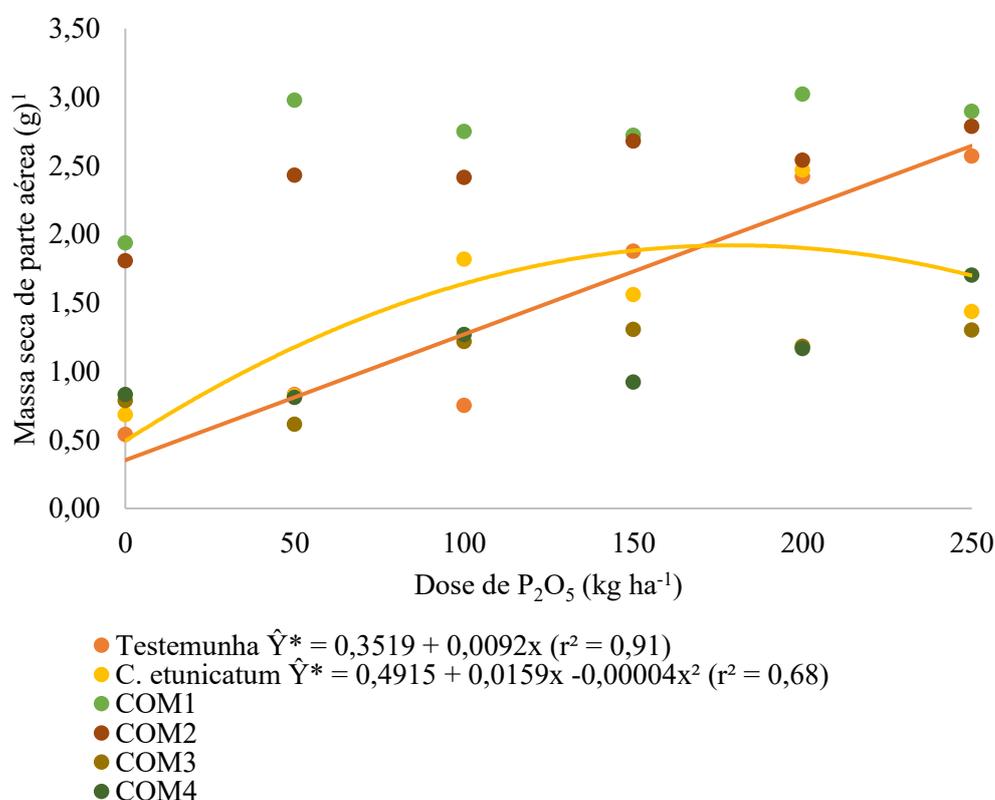


Figura 19. Plantas de mandioca cultivadas em solo com diferentes comunidades de FMA em relação às doses 0 (a), 50 (b) e 100 (c) kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 150 dias após o plantio, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.



Figura 20. Plantas de mandioca cultivadas em solo com diferentes comunidades de FMA em relação às doses 150 (a), 200 (b) e 250 (c) kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 150 dias após o plantio, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

Na Figura 21 verifica-se que as doses de fósforo influenciaram positivamente na massa seca de parte aérea do tratamento testemunha (não inoculado), demonstrando efeito linear. Ou seja, quanto maior a dose de fósforo no solo, maior a massa seca de parte aérea.



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo. ¹Dados transformados para \sqrt{x} .

Figura 21. Massa seca de parte aérea (g) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

O modelo que mais se ajustou para avaliar o efeito das doses de fósforo no tratamento *C. etunicatum* foi o quadrático, com o maior valor de massa seca de parte aérea na dose de 198,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Isso demonstra que essa espécie é mais afetada pelo aumento das doses de fósforo, do que as espécies provenientes das comunidades nativa.

Para o desdobramento da interação das comunidades dentro de cada dose de fósforo, para a característica volume de raízes (Tabela 22), pode-se observar que as comunidades 1 e 2 se mostraram superiores que a testemunha, *C. etunicatum* e comunidade 3. Na dose de 50 as comunidades 1 e 2, foram superiores a todos outros tratamentos. Provavelmente, as espécies que compõe essas comunidades, promovem

maior taxa de multiplicação que por sua vez pode ter permitido uma maior colonização e maior simbiose nas raízes do que as demais, ocasionando no maior desenvolvimento das plantas. Em um estudo avaliando a simbiose entre o FMA e a mandioca, Savary et al. (2020) observaram que mesmo os grupos genéticos de FMA, nesse caso representado por isolados de *Rhizophagus irregulares*, apresentaram níveis de colonização diferentes, porém as características avaliadas para as raízes, como o volume radicular, não apresentaram diferenças. Ou seja, mesmo as comunidades 1 e 2 apresentando diferentes espécies, elas demonstram o mesmo potencial simbiótico.

Tabela 22. Volume de raízes (cm³) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	0,90 b (8,00)	1,00 b (10,00)	1,05 b (11,33)	1,38 bc (31,67)	1,69 ab (49,33)	1,79 ab (64,67)
<i>C. etunicatum</i>	0,93 b (8,67)	1,05 b (11,33)	1,38 ab (25,00)	1,38 bc (28,33)	1,91 a (82,33)	1,48 bc (43,67)
COM1	1,66 a (46,00)	1,82 a (69,00)	1,81 a (65,67)	1,85 ab (73,67)	1,98 a (97,00)	1,99 a (98,00)
COM2	1,62 a (49,00)	1,84 a (73,00)	1,79 a (63,33)	1,94 a (88,33)	1,57 ab (47,33)	1,83 ab (72,33)
COM3	1,01 b (11,00)	1,05 b (11,67)	1,28 b (19,00)	1,37 c (24,33)	1,26 b (20,67)	1,26 c (19,33)
COM4	1,20 ab (16,00)	1,11 b (13,33)	1,33 ab (22,67)	1,14 c (14,33)	1,36 b (24,67)	1,45 bc (34,67)

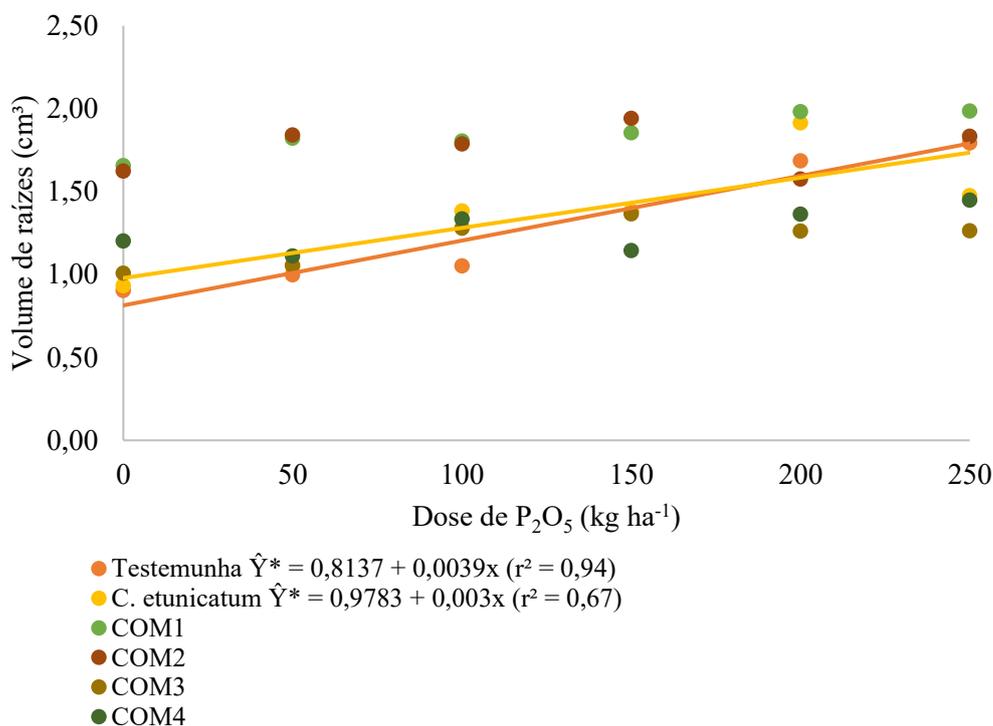
*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para log *x*; médias destransformadas entre parênteses.

Com relação ao volume das raízes, na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as comunidades 1 e 2, foram superiores apenas à testemunha. A partir da dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o efeito da micorrização diminui, evidenciando semelhança com a testemunha, o que confirma o que já vêm sendo demonstrado ao logo desse trabalho, uma diminuição da eficiência simbiótica a partir do aumento da dosagem de fósforo. O mesmo foi observado por Aliyu et al. (2019), em estudo sobre efeito da micorrização e doses de fósforo em plantas de mandioca, onde observaram que a massa fresca de raízes das plantas inoculadas, foram maiores na dose de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

As doses de fósforo não influenciaram o volume de raízes nas comunidades fúngicas 1, 2, 3 e 4. Sendo que a testemunha, *C. etunicatum*, apresentou maior volume de

raízes com o aumento das doses de fósforo, demonstrando efeito linear crescente (Figura 22).



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo. ¹Dados transformados para **log x**.

Figura 22. Volume de raízes (cm³) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

O volume das raízes expressa a ação simbiótica provocada pelas comunidades nativas, assim como verificado na massa seca de raiz, como de parte aérea. Onde pode-se observar que comunidades no intervalo de 0 a 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram volumes de raízes semelhantes, avaliando separadamente cada comunidade. As comunidades 1 e 2 se destacaram, sendo maiores que as demais, quando considera a mesma dose de fósforo. Liu et al. (2018), constataram que os FMA podem aliviar estresses abióticos causado por baixos teores de fósforo no solo em batata. O que pode explicar a semelhança dos volumes de raízes de plantas de mandioca quando as doses são comparadas em cada comunidade fúngica. Ndeko et al. (2020), observaram que ao utilizar adubação fosfatada aliada a uma espécie de FMA exótica, as plantas de mandioca produziram maiores volumes de raízes do que as não adubadas.

Houve diferença significativa para cada fator isolado entre as comunidades fúngicas e doses de fósforo para as características, como também para a interação entre os fatores (Tabela 23).

Tabela 23. Resumo da análise de variância da colonização micorrízica (%) (CM) e número de esporos de FMA (50 g de solo) (NE) em plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		CM	NE ¹
Comunidade fúngica (COM)	5	11758,5859*	343,092*
Doses de fósforo (FOS)	5	409,3181*	13,7545*
COM x FOS	25	248,9095*	6,5018*
Resíduo	72	32,5301	1,1458
C.V. (%)		15,66	10,09

*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para $\sqrt{x + 10}$.

Verifica-se que, na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as plantas crescidas na comunidade 2 apresentaram maior taxa de colonização micorrízica em relação as demais. Nas doses de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as duas comunidades que obtiveram maiores taxas de multiplicação em cultura armadilha (COM1 e COM2), foram superiores às demais. Na dose 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ o *C. etunicatum* se assemelha às comunidades 1 e 2, com plantas com maior colonização, o mesmo acontece na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As plantas de mandioca crescidas com as comunidades 1 e 2 também apresentaram maiores porcentagem de colonização radicular nas doses de 150 e 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 24).

Tabela 24. Colonização micorrízica radicular (%) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

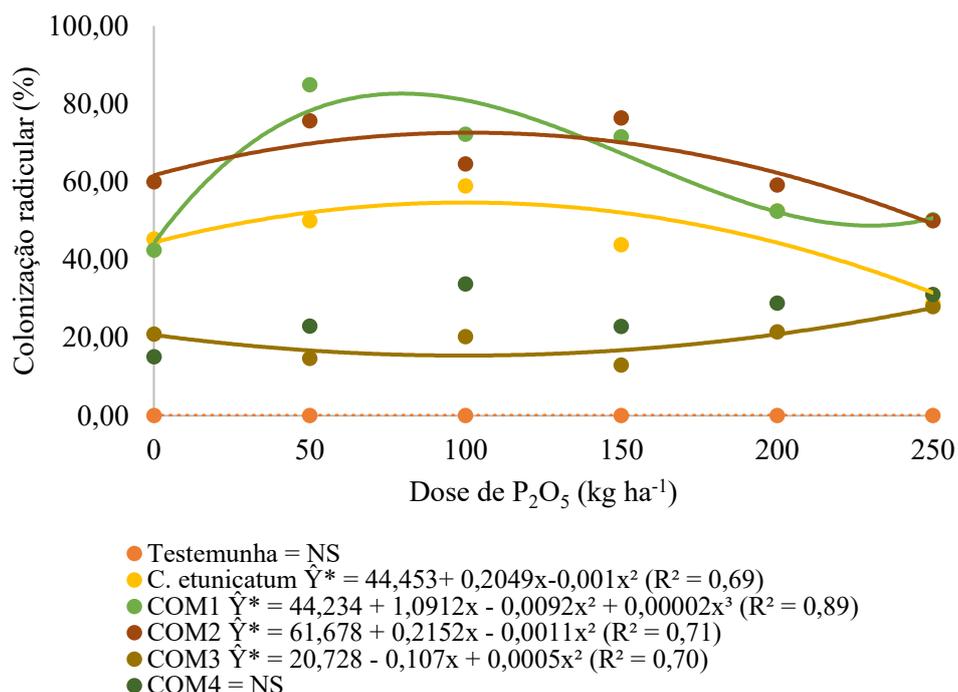
	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c
<i>C. etunicatum</i>	45,28 b	50,02 b	58,91 a	43,84 b	52,54 a	28,69 b
COM1	42,45 b	84,84 a	72,17 a	71,53 a	52,42 a	50,21 a
COM2	59,97 a	75,61 a	64,56 a	76,37 a	59,12 a	50,02 a
COM3	20,91 c	14,66 c	20,23 b	12,95 cd	21,49 b	27,95 b
COM4	15,08 c	22,95 c	33,79 b	22,88 c	28,87 b	31,03 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Mesmo as comunidades 1 e 2 se destacando entre as demais, em comparação a todas as doses, as maiores médias de colonização foram observadas entre as doses de 50 a 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e o menor efeito simbióticos das comunidades foi observado nas maiores doses de fósforo. O mesmo foi constatado por Omorusi e Ayanru (2011), onde encontraram menores simbioses micorrízicas em plantas de mandioca tratadas com a maior dosagem de fertilizante. Mesmo assim, em altas doses de fósforo ainda foi observado colonização micorrízicas das raízes. O que também foi constatado por Heberle et al. (2015), que ao avaliar a comunidade de FMA na cultura da mandioca, concluiu que mesmo com a alta disponibilidade de P no solo, a colonização micorrízica nas plantas de mandioca foi elevada.

Segundo Herrmann et al. (2016), o fato das plantas de mandioca apresentarem forte dependência da associação com os fungos micorrízicos, possivelmente em decorrência do sistema radicular pouco desenvolvimento, contribui para que esta espécie de planta sempre tente estabelecer uma associação com esses fungos, independentemente das condições edáficas ou ambientais de cultivo.

Analisando o efeito das doses de fósforo dentro das comunidades fúngicas para a característica colonização radicular, observa-se que a testemunha e a comunidade 4, não foram influenciados pelas doses de fósforo (Figura 23).



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo.

Figura 23. Colonização micorrízica radicular (%) de plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

O fungo de referência, *C. etunicatum*, apresentou efeito quadrático, com maiores valores de colonização na dose de 102,45 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Assim como a comunidade 2 que obteve maiores valores de colonização na dose 97,82 kg ha⁻¹ de P₂O₅, apresentando um decréscimo a partir dessa dosagem. A comunidade 1 apresentou efeito cúbico, com um valor máximo na dosagem de 80,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅, decrescendo até a dose de 226,30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a partir daí sofreu leve tendência de aumento até a dose de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Apenas a comunidade 3 apresentou curva com decréscimo até a dose de 107,00 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sofrendo um crescimento a partir dessa dosagem. Diferente do encontrado nesse trabalho, Nascimento et al. (2016) observaram efeito decrescente na colonização radicular micorrízica de plantas de *Manihot* sp. submetidas as doses de fósforo. Entretanto, as plantas de mandioca, nas condições experimentais do presente trabalho, apresentaram maiores taxas de colonização entre as doses de 80,36 e 102,45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, podendo ser consideradas altas doses, quando comparada com a maior dose recomendada por Nogueira e Gomes (1999), que é de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Quando as plantas de mandioca foram submetidas ao tratamento sem aplicação de fósforo e na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a comunidade 1 apresentou maior número de esporos em relação às demais. A partir da dose de 100 kg ha⁻¹ P₂O₅, observa-se que as comunidades 1 e 2 apresentaram maior número de esporos quando comparado aos demais, com exceção da dose 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em que essas duas comunidades não diferem do *C. etunicatum* (Tabela 25).

Tabela 25. Número de esporos de FMA (em 50g de solo) em plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
Testemunha	3,16 c (0,00)	3,16 d (0,00)	3,16 c (0,00)	3,16 c (0,00)	3,16 c (0,00)	3,16 c (0,00)
<i>C. etunicatum</i>	8,48 b (62,00)	9,10 c (73,33)	9,45 b (80,67)	10,60 b (102,33)	13,46 ab (172,33)	9,95 b (89,33)
COM1	9,76 b (86,00)	13,31 b (168,33)	16,60 a (265,67)	16,69 a (269,00)	14,56 a (202,67)	13,78 a (180,67)
COM2	13,64 a (178,67)	18,83 a (345,00)	17,04 a (281,00)	17,04 a (281,33)	13,06 ab (162,67)	15,24 a (223,67)
COM3	9,29 b (77,00)	9,94 c (89,00)	10,47 b (99,67)	9,97 b (90,00)	11,16 b (115,33)	9,99 b (90,67)
COM4	9,67 b (84,33)	9,77 c (86,67)	10,85 b (108,33)	10,28 b (96,00)	11,26 b (117,67)	9,86 b (92,00)

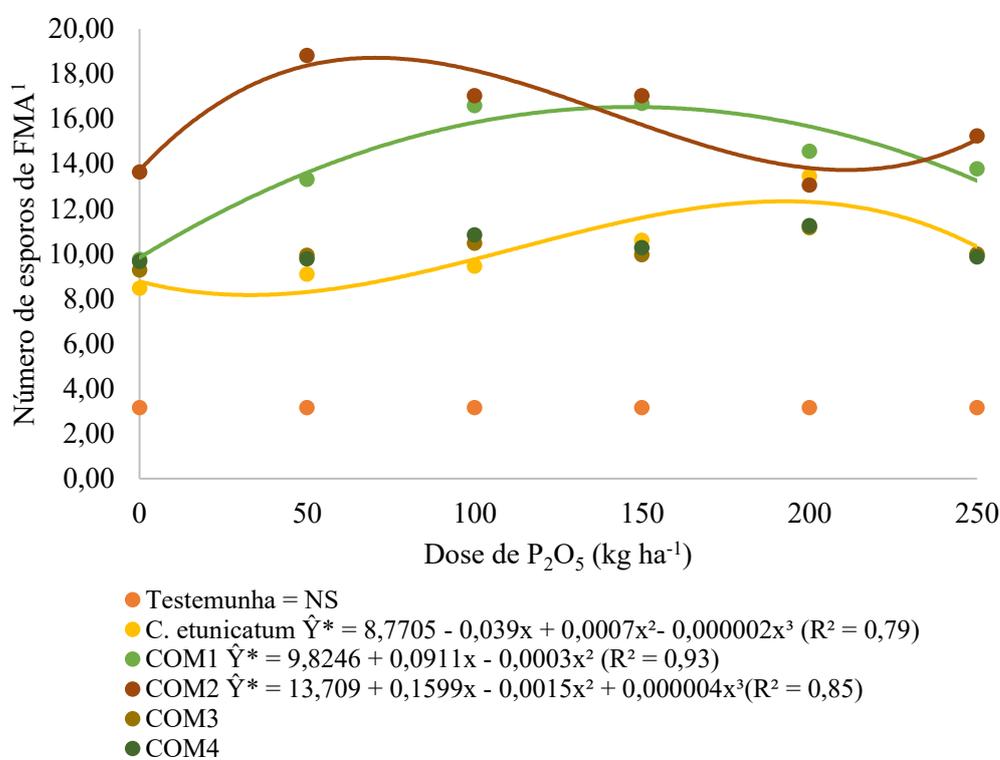
*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para $\sqrt{x + 10}$.

Mesmo em altas doses de fósforo as comunidades 1 e 2 apresentam como as comunidades que têm maior potencial de multiplicação de esporos, quando comparadas às demais, fato que pode ser atribuído à composição das espécies encontradas nessas comunidades. Como descrito anteriormente, nos resultados obtidos de crescimento da planta de mandioca, a eficiência simbiótica dessas comunidades tende a se igualar, principalmente com a testemunha, demonstrando baixa simbiose em altas dosagens de fósforo. Segundo Baltruschat et al. (2019), solos com alta fertilidade podem abrigar baixa diversidade de FMA, pois nesses solos as plantas hospedeiras são menos dependentes da simbiose micorrízica para assimilar com eficiência os nutrientes do solo.

Em relação ao número de esporos, quando comparados às doses de fósforo dentro de cada comunidade, não foi possível encontrar um modelo que se ajustasse à testemunha,

comunidade 3 e 4. Para as demais comunidades, foi verificado o efeito quadrático para a comunidade 1 e efeito cúbico para a comunidade 2 e para o *C. etunicatum* (Figura 24).



COM1 e COM2 = Comunidade de FMA das áreas com maior número de esporos; COM3 e COM4 = Comunidade de FMA das áreas com menor número de esporos. *Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão. NS = Não significativo. ¹Dados transformados para $\sqrt{x + 10}$.

Figura 24. Número de esporos de FMA (em 50 g de solo) em plantas de mandioca submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

A comunidade 1 apresentou maior número de esporos quando atingiu a dosagem de 151,83 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a partir dessa dosagem, houve um decréscimo. Entretanto, para a comunidade 2, o crescimento foi evidente até a dose de 77,04 kg ha⁻¹ de P₂O₅, decrescendo até a dose de 172,96 kg ha⁻¹ de P₂O₅, daí demonstrando uma tendência de crescimento até a dose de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O efeito cúbico também foi observado no *C. etunicatum*, que teve maior número de esporos na dose de 200,99 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Apesar de apresentar alto número de esporos em alta dosagem de fosforo, a colonização radicular foi mais eficiente na dose de 102,45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, isso mostra que mesmo nessa alta dosagem a espécie de referência, que é uma espécie não adaptada

às condições locais, tem potencial para multiplicação, mas não apresenta eficiência em altas doses de fósforo. Esses fatores podem variar entre espécies de regiões diferentes, por exemplo, Baltruschat et al. (2019), em estudo realizado em solos férteis da Europa Central, mesmo com a hipótese de que poderiam encontrar uma baixa quantidade de esporos, pelo fato de os solos serem férteis, tiveram resultados contrário, obtendo altos números de esporos (até 41 esporos g⁻¹ solo), quando comparado à solos pouco férteis.

Segundo Schreiner (2007), o isolamento de FMA nativos para inoculação de plantas pode promover diversos benefícios para a planta hospedeira, quando comparado a uma espécie exótica de FMA, que não são adaptados às condições edafoclimáticas do local de origem, como o aumento na absorção nutrientes do solo, promovendo assim um melhor desenvolvimento das plantas.

Na Tabela 26, pode ser observada correlação positiva entre todas as características avaliadas. Sendo que a maioria apresentou correlações consideradas como forte. As características de crescimento de planta, como altura, correlacionaram-se entre si, ou seja, quanto maior a altura, maior o diâmetro de caule, o mesmo acontece para as demais características de crescimento.

Tabela 26. Coeficientes de correlação de Spearman entre altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIA), índice de clorofila Falker (ICF), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), volume de raízes (VR), colonização micorrízica (CM) e número de esporos (NE) de plantas submetidas à diferentes comunidades de FMA e doses de fósforo, Vitória da Conquista, Bahia, 2021.

	ALT	DIA	ICF	AFT	MSR	MSPA	VR	CM
DIA	0,895**							
ICF	0,500*	0,543*						
AFT	0,807**	0,756**	0,542*					
MSR	0,851**	0,814**	0,504*	0,815**				
MSPA	0,891**	0,851**	0,568*	0,921**	0,895**			
VR	0,842**	0,845**	0,566*	0,812**	0,934**	0,900**		
CM	0,616**	0,587*	0,349*	0,533*	0,626*	0,581*	0,578*	
NE	0,630**	0,569*	0,408*	0,548*	0,704**	0,609**	0,648**	0,819**

* Coeficiente de correlação significativo a 5% e ** Coeficiente de correlação significativo a 1%.

O número de esporos se correlacionou positivamente com a colonização micorrízica. Dessa forma, um maior número de esporos esteve associado a uma maior colonização micorrízica, e, nos tratamentos com elevada micorrização, podem ser observadas melhorias nas características de crescimento da planta de mandioca, como a

altura, diâmetro de caule, índice de clorofila, área foliar, volume de raízes, massa seca de raiz e de parte aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por Nacoon et al. (2021), que estudando a ação dos fungos micorrízicos arbusculares em plantas de *Helianthus tuberosus*, cujo seu principal produto são as raízes, também observaram correlação positiva do número de esporos e colonização micorrízica com as características das raízes e partes aérea da planta hospedeira.

5. CONCLUSÕES

O maior número de esporos de FMA foi encontrado quando utilizado o preparo mecanizado do solo, juntamente com o uso da adubação, entretanto foi o tratamento que teve a menor riqueza de espécies.

A maior diversidade de espécies foi obtida em áreas não adubadas e maior dominância em áreas adubadas, independente do preparo de solo.

O uso da adubação NPK proporcionou maior número de esporos da espécie *Acaulospora mellea*, maior número total de esporos de FMA e maior colonização radicular.

As áreas de coletas, apesar de possuírem semelhanças nas características químicas do solo e de manejo da cultura, apresentam variações na riqueza e diversidade de espécies de FMA. O Estudos dessas comunidades separadamente pode indicar o grupo de espécies de FMA mais eficazes para associação com a cultura da mandioca.

As comunidades com maior número de esporos e maior colonização em campo, apresentam maiores taxas de multiplicação em cultura armadilha.

As plantas de mandioca submetidas às comunidades com maiores taxas de multiplicação em diferentes doses de fósforo apresentam maior desenvolvimento nas baixas doses de fósforo. Essa descoberta pode proporcionar indícios de que existem comunidades de FMA que favorecem um maior desenvolvimento da planta de mandioca do que outras, e essas comunidades são eficientes na absorção do fósforo, muitas vezes podendo dispensar a adubação fosfatada, deixando o produtor menos dependente do uso desse fertilizante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajeesh, R.; Vikas, K.; Santoshkumar, A. V.; Surendra, G. K. Harnessing Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for quality seedling production. **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**, v. 3, n. 6, p.22-40, 2015.

Aliyu, I. A.; Yusuf, A. A. Interaction between phosphorus fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungal inoculants on yield components of cassava in Northern Guinea savanna alfisols of Nigeria. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v. 10, n. 1, p. 243 – 246, 2017.

<https://doi.org/10.4314/bajopas.v10i1.49S>

Aliyu, I. A.; Yusuf, A. A.; Uyovbisere, E. O.; Massoid, C.; Sandersid, I. 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.1-19, 2019.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218969>

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Alves, R. N. B.; Modesto Júnior, M. de S.; Ferreira, E. R. Doses of NPK fertilization on cassava (*Manihot esculenta*) variety in Paulozinho Moju- Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 8, n. 2, p. 65-70, 2012.

Arismendi, L. G. Investigación sobre el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en El oriente de Venezuela. **Revista UDO Agrícola**, v. 1, p. 1-10, 2001.

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, 1997.

Baltruschat, H.; Santos, V. M.; Silva, D. K. A. da; Schellenberg, I.; Deubel, A.; Sieverding, E.; Oehl, F. Unexpectedly high diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in fertile Chernozem croplands in Central Europe. **CATENA**, v. 182, p. 1-11, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104135>

Barraclough, A. D.; Olsson, P. A. Slash-and-burn practices decrease arbuscular mycorrhizal fungi abundance in soil and the roots of *Didierea madagascariensis* in the dry Tropical Forest of Madagascar. **Fire**, v.1, p.1-16, 2018.

<https://doi.org/10.3390/fire1030037>

Basso, S. M. S. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de Adesmia DC. E Lotus L.** 1999. 268 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

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.
<https://doi.org/10.4314/jab.v98i1.4>.

Berbara, R. L. L.; Souza, F. A.; Fonseca, H. M. A. C. **Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da Nutrição.** SBCS, Viçosa, Nutrição Mineral de Plantas, 2006. 432p.

Beneddington, J. Food Security: Contributions from Science to a new and greener revolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 34, n. 365, p. 61-71, 2010.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0201>

Biratu, G.K.; Elias, E.; Ntawuruhunga, P.; Sileshi, G.W. Cassava response to the integrated use of manure and NPK fertilizer in Zambia. **Heliyon**, v. 4, n. 8, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00759>

Bonfim, J. A.; Vasconcellos, R. L. F.; Gumiere, T.; Mescolotti, D. de L. C.; Oehl, F.; Cardoso, E. J. B. N. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a Brazilian Atlantic Forest Toposequence. **Microbial Ecology**, v. 71, n. 1, p. 164-77, 2016.
<https://doi.org/10.1007/s00248-015-0661-0>.

Błaszowski, J. **Glomeromycota.** Polish Academy of Sciences, Krakow, 2012. 303p.

Błaszowski, J.; Chwat, G.; Góralaska, A.; Ryska, P.; Kovács, G.M. Two new genera, *Dominikia* and *Kamienskia*, and *D. disticha* sp. nov. in *Glomeromycota*. **Nova Hedwigia**, v. 100, n. 1-4, p. 225-238, 2015.
https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2014/0216

Błaszowski, J.; Kozłowska, A.; Crossay, T.; Symanczik, S.; Al-Yahya'ei, M. N. 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**, v. 105, n. 3-4, p. 397-410, 2017.
https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2017/0419

Błaszowski, J.; Kozłowska, A.; Niezgoda, P.; Goto, B. T.; Dalpe, Y. A new genus, *Oehlia* with *Oehlia diaphana* comb. nov. and an emended description of *Rhizoglosum vesiculiferum* comb. nov. in the *Glomeromycotina*. **Nova Hedwigia**, v. 107, n. 3-4, p. 501-518, 2018.
https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2018/0488

Carretero, C.L.; Cantos, M.; Garcia, J.L.; Azcon, R.; Troncoso, A. Growth response of micropropagated cassava clones as affected by *Glomus intraradices* colonization. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 261-273, 2009.
<https://doi.org/10.1080/01904160802608601>

Carvalho, F. M. de; Viana, A. E. S.; Matsumoto, S. N.; Rebouças, T. N. H.; Cardoso, C. E. L.; Gomes, I. L. Manejo de solo em cultivo com mandioca em treze municípios da região sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 378-384, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200017>

Carvalho, F. M.; Viana, A. E. S.; Cardoso, C. E. L.; Matsumoto, S. N.; Gomes, I. R. Sistemas de produção de mandioca em treze municípios da Região Sudoeste da Bahia. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 699-702, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000300017>

Ceballos, I.; Ruiz, M.; Fernández, C.; Peña, R.; Rodriguez, A.; Sanders, I. R. The in vitro mass-produced model mycorrhizal fungus, *Rhizophagus irregularis*, significantly increases yields of the globally important food security crop cassava. **Plos One**, v.8, p.1-10, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070633>

Cely, M. V. T.; Oliveira, A. G. de; Freitas, V. F. de; Luca, M. B. de; Barazetti, A. R.; Santos, I. M. O. dos; Gionco, B.; Garcia, G. V.; Prete, C. E. C.; Andrade G. Inoculant of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Rhizophagus clarus*) increase yield of soybean and cotton under field conditions. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 720, 2016. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00720>

Colozzi, A.; Nogueira, M. A. Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais: Café, Mandioca e Cana-de-açúcar- In: Silveira, A.P.D.; Freitas, S.S. (ed.) **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto Agrônômico, Campinas, p.38-56, 2007.

Costa, P. M. O.; Souza-Motta, C. M.; Malosso, E. Diversity of filamentous fungi in different systems of land use. **Agroforest Syst**, v. 85, p. 195–203, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9446-8>

Coutinho, E. S.; Fernandes, G. W.; Berbara, R. L. L.; Maia, H. M.; Goto, B. T. Variation of arbuscular mycorrhizal fungal communities along an altitudinal gradient in rupestrian grasslands in Brazil. **Mycorrhiza**, v. 25, p. 627-638, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0636-5>

Cumming, J. R.; Ning, J. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance aluminium resistance of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 386, p. 1447–1459, 2003. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg149>

El-Sharkawy, M. A.; Cock, J. H.; Lynam, J. K.; Hernandez, A. D. P.; Cadavid, L. F. Relationships between biomass, root- yield and single-leaf photosynthesis in field-grown cassava. **Field Crops Research**, v. 25, p. 183-201, 1990. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90002-S](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90002-S)

Enck, B. F.; Silva, C. A. da; Rigotti, D.; Keffer, G. F.; Souza, F. R. de. Cultivares de mandioca submetidas à adubação fosfatada na Amazônia Sul Ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, n.25, p. 365-371, 2017. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017A34

Feng-Xiu, S. U.; Luo X. Y.; Zhuang, X. Y. Investigation on AMF spore diversity in Main cassava producing area of Guangxi Autonomous Region. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, v. 36, p. 15083-15086, 2008.

Ferreira Filho, J. R.; Mattos, P. L. P.; Silva, J. Produção de biomassa de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.3, 2007.

Ferreira, D. A.; Carneiro, M. A. C.; Saggin Junior, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no cerrado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 36, n. 1, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100006>.

Ferreira, J. R. F., Silveira, H. F., Macêdo, J. J. G., Lima, M. B., Cardoso, C. E. L. **Cultivo, processamento e uso da mandioca**. Editora: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1 ed., Brasília, 2013. 32p.

Fialho, J. De F.; Vieira, E.A. (Eds.). **Mandioca no cerrado**: orientações técnicas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 208p

Fidalski, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 8, p. 1353-1359, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000800005>

Food and Agriculture Organization Of The United Nations - FAO. Statistics Division (FAOSTAT). 2020. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acesso em outubro de 2021.

Gerdemann, J. W.; Nicolson, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.46, n.2, p.235-244, 1963. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)

Giovannetti, M.; Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p.489-500, 1980. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>

Gomes, J. C.; Silva, J. Correção da acidez e adubação. In: Souza, L. S.; Farias, A. R. N.; Mattos, P. L. P.; Fukuda, W. M. G. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 215-247.

Goto, B.T.; Silva, G. A.; Assis, D. M. A.; Silva, D. K. A.; Souza, R. G.; Ferreira, A. C. A.; Jobim, K.; Mello, C. M. A.; Vieira, H. E. E.; Maia, L. C.; Oehl, F. Intraornatosporaceae: (Gigasporales), a new family with two new genera and two new species. **Mycotaxon**, v. 119, p. 117–132, 2012. <https://doi.org/10.5248/119.117>

Gottshall, C. B.; Cooperb, M.; Emerya, S. M. Activity, diversity and function of arbuscular mycorrhizae vary with changes in agricultural management intensity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.241, p.142–149, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.011>

Halder, M.; Dhar, P. P.; Mujib, A. S. M.; Khan, M. S.; Joandar, J. C.; Akhter, S. Effect of Arbuscular Mycorrhiza Fungi inoculation on Growth and Uptake of mineral nutrition in *Ipomoea aquatica*. **Current World Environment**, v. 10, p. 67-75, 2015. <https://doi.org/10.12944/CWE.10.1.08>

Harrison, M. J. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual Review of Microbiology**, v. 59, p. 9-42, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.58.030603.123749>

Hernández, Y. C.; Rubido, M. G.; González, Y. L.; Aguiar, Y. A. Influencia de la aplicación de micorrizas arbusculares y la reducción del fertilizante mineral en plántulas de tabaco. **Cultivos Tropicales**, v. 35, p. 21-24, 2014.

Herrmann, L.; Lesueur, D.; Bräu, L.; Davison, J.; Jairus, T.; Robain, H.; Robin, A.; Vasar, M.; Wiriyaakitnateekul, W.; Öpik, M. Diversity of root-associated arbuscular mycorrhizal fungal communities in a rubber tree plantation chronosequence in Northeast Thailand. **Mycorrhiza**, v. 26, p. 863–877, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00572-016-0720-5>

Heberle, E. dos S. **Ocorrência e estrutura de comunidades de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* crantz) após cultivo de plantas de cobertura**. 2014. 75p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.

Heberle, E. dos S.; Armas, R. D. de; Heberle, D. A.; Stürmer, S. L.; Peruch, L. A. M.; Lovato, P. E.; Soares, C. R. F. S. Occurrence and structure of arbuscular mycorrhizal fungal communities in cassava after cultivation of cover crops as observed by the “PCR-DGGE” technique. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 5, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140216>

Heinrichs, R., Soares Filho, C. V. **Adução e manejo de pastagens**. Editora Boreal. 1 ed., Birigui-SP, 2014. 180p.

Henry, A.; Chopra, S.; Clark, D. G.; Lynch, J. P. Responses to low phosphorus in high and low foliar anthocyanin coleus (*Solenostemon scutellarioides*) and maize (*Zea mays*). **Functional Plant Biology**, v.39, n.3, p.255-265, 2012. <https://doi.org/10.1071/FP11256>

Howeler, R. H.; Cadavid, L. F. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12 month growth cycle of cassava. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 7, p.123-139, 1983. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(83\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0378-4290(83)90017-5)

Howeler, R. H.; Sieverding, E. Potential and limitations of mycorrhizal inoculation illustrated by experiments with field-grown cassava. **Plant Soil**. The Hague, NL, p. 245-261, 1983. <https://doi.org/10.1007/BF02375570>

Indriani, N. P.; Yuwariah, Y.; Rochana, A.; Susilawati, I.; Khairani, L. The role of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) and rock phosphate application on production and nutritional value of centro legumes (*Centrosema pubescens*). **Legume Research**, v. 39, n. 6, p. 987-990, 2016. <https://doi.org/10.18805/lr.v39i6.6645>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema de recuperação automática – SIDRA. 2019. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em outubro de 2021.

Isherwood, K. F. **Fertilizer use in Western Europe: types and amounts.** Encyclopedia of Life Support Systems, Agricultural Sciences, v. 2, 2011. 315p

Jala, I.; Silva, C. da; Filho, J.; Oliveira, E.; Nóbrega, R. Seedlings of cassava varieties are responsive to organic fertilization. **Semina**, vol. 40, n. 5, p. 2151-2164, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5Sup1p2151>

Ji, B.; Bever, J. D. Plant preferential allocation and fungal reward decline with soil phosphorus: implications for mycorrhizal mutualism. **Ecosphere**, v.7, p.1-11, 2016. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1256>.

Kato, O. R.; Oliveira, E. De; Santiago, A. D.; Corrêa, H. Efeito de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e nutrição da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 25, n. 8, p. 1175-1181, 1990.

Kim, K.; Yim, W.; Trivedi, P.; Madhaiyan, M.; Boruah, H. P. D.; Islam, M. R.; Lee, G.; Sa, T. Synergistic effects of inoculating arbuscular mycorrhizal fungi and *Methylobacterium oryzae* strains on growth and nutrient uptake of red pepper (*Capsicum annuum* L.). **Plant Soil**, v. 327, p. 429–440, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0072-4>.

Kintché, K.; Hauser, S.; Mahungu, N. M.; Ndonga, A.; Lukombo, S.; Nhamo, N.; Uzokwe, V. N. E.; Yomeni, M.; Ngamitshara, J.; Ekoko, B.; Mbala, M.; Akem, C.; Pypers, P.; Matungulu, K.P.; Kehbila, A.; Vanlauwe, B. Cassava yield loss in farmer fields was mainly caused by low soil fertility and suboptimal management practices in two provinces of the Democratic Republic of Congo. **European Journal of Agronomy**, v. 89, p. 107–123, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.06.011>

Kiriachek, S. G.; Azevedo, L. C. B. de; Peres, L. E. P.; Lambais, M. R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, pp. 1-16, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100001>

Leff, J. W.; Jones, S. E.; Prober, S. M.; Barberan, A.; Borer, E. T.; Firn, J. L.; Harpole, W. S.; Hobbie, S. E.; Hofmockel, K. S.; Knops, J. M. H.; McCulley, R. L.; La Pierre, K.; Risch, A. C.; Seabloom, E. W.; Schütz, M.; Steenbock, C.; Stevens, C. J.; Fierer, N. Consistent responses of soil microbial communities to elevated nutrient inputs in grasslands 15 across the globe. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 35, p. 10967-10972, 2015. <https://doi.org/10.1073/pnas.1508382112>.

Lisboa, B. B.; Vargas, L. K.; Silveira, A. O. da; Martins, A. F.; Selbach, P. A. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.1, p.45-55, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100004>.

Liu, W.; Zhang, Y.; Jiang, S.; Deng, Y.; Christie, P.; Murray, P. J.; Zhang, J. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil. **Scientific Report**, v.6, p.1-11, 2016. <https://doi.org/10.1038/srep24902>.

Liu, C.; Ravnskov, S.; Liu, F.; Rubæk, G. H.; Andersen, M. N. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate abiotic stresses in potato plants caused by low phosphorus and deficit irrigation/partial rootzone drying. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 1, p. 46-58, 2018. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000023>

Lopes, E. A. P.; Silva, A. D. A. da; Mergulhão, A. C. do E. S.; Silva, E. V. N. da; Santiago, A. D.; Figueiredo, M. do V. B. Co-inoculation of growth promoting bacteria and *Glomus clarum* in micropropagated cassava plants. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 152 – 166, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n116rc>

Lorenzi, J. O. **Mandioca**. (Boletim técnico, n. 245). Campinas: CATI, 2003. 110 p.

Maluf, J. R. T.; Matzenauer, R.; Maluf, D. E. **Zoneamento Agroclimático da Mandioca no Estado do Rio Grande do Sul**: Uma alternativa para a produção de etanol. Porto Alegre: FEPAGRO, Boletim Fepagro, n. 22, 2011. 60 p.

Marinho, F.; Silva, G.A.; Ferreira, A.C.A.; Veras, J.S.N.; Goto, B.T.; Maia, L.C. *Bulbospora minima*, a new species in the Gigasporales from semi-arid Northeast Brazil. **Sydowia**, v. 66, n. 2, p. 313–323, 2014. [https://doi.org/10.12905/0380.sydowia66\(2\)2014-0313](https://doi.org/10.12905/0380.sydowia66(2)2014-0313)

Martins, M. A.; Read, D. J. The role of the external mycelial network of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. II. Study of phosphorus transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Revista de Microbiologia**, v. 27, n. 2, p. 100-105, 1996. <https://doi.org/10.1590/S0001-37141998000400011>

Mello, A. H. de; Antonioli, Z. I.; Kaminski, J.; Souza, E. L.; Oliveira, V. L. Fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981909>

Mensah, J.A.; Koch, A.M.; Antunes, P. M.; Kiers, E. T.; Hart, M.; Bücking, H. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi is associated with differences in phosphate and nitrogen uptake and fungal phosphate metabolism. **Mycorrhiza**, v. 25, p. 533–546, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0631-x>

Miransari, M.; Bahramib, H. A.; Rejalic, F.; Malakoutib, M. J. Effects of arbuscular mycorrhiza, soil sterilization, and soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) nutrients uptake. **Soil and Tillage Research**, v. 104, p. 48-55, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.11.006>.

Morais, T. A. de L. **Aspectos da associação entre pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e fungos micorrízicos arbusculares**. 2017. 52p. Dissertação (Mestrado em Micologia

Aplicada). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

Moreira, F. M. de S.; Faria, S. M. De; Baleiro, F. De C; Florentino, L. A. Bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais: avanços e aplicações biotecnológicas.2010, In: Figueiredo, M. Do V. B.; Burity, H. A.; Oliveira, J. De P.; Santos, C. E. De R. S.; Stamford, N. P. (Eds.). **Biotecnologia aplicada a agricultura: textos de apoio e protocolos experimentais**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica; Recife, Instituto agrônômico de Pernambuco (IPA), 2010, 761p.

Muthuraja, R.; Muthukumar, T. Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophyte fungal association in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties, Southern India. **Notulae Scientia Biologicae**, v.11, p.154-166, 2019. <https://doi.org/10.15835/nsb11110397>.

Nacoon, S.; Jogloy, S.; Riddech, N.; Mongkolthananuk, W.; Ekprasert, J.; Cooper, J.; Boonlue, S. Combinação de fungos micorrízicos arbusculares e bactérias solubilizadoras de fosfato no crescimento e produção de *Helianthus tuberosus* em condições de campo. **Scientific Reports**, v. 11, n. 6501, p. 1-10, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86042-3>

Nair, M.G.; Safir, G. R.; Siqueira, J.O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza-stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. **Applied and Environmental Microbiology Journal**, v. 57, p. 434-439, 1991.

Nascimento, F. R. D. **Doses de fósforo nas características agrônômicas e teor de ácido cianídrico em cultivares de mandioca**. 2016. 41p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, RR.

Nascimento, J. M. L. do; Menezes, K. M. S.; Queiroz, M. A. Á.; Melo, A. M. Y. de. Crescimento inicial e composição bromatológica de plantas de pornuncia adubadas com fósforo e inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, p. 561-571, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000400001>

Ndeko, A. B.; Basimine, G. C.; Bagula, E. M.; Mugumaarhahama, Y.; Ndusha, B. N.; Rehema, P.; Nachigera, G. M. Comparative effect of *Rhizophagus irregularis* strain on cassava root development and Phosphorus uptake under acidic soils conditions of Walungu territory, Eastern DR Congo. **Journal of Applied Biosciences**, v. 148, p. 15167-15175, 2020. <https://doi.org/10.35759/JABs.148.1>

Nicolás, E.; Maestre-Valero, J.; Alarcón, J.; Pedrero, F.; Vicente-Sánchez, J.; Bernabé, A.; Fernández, F. Effectiveness and persistence of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiology, nutrient uptake and yield of Crimson seedless grapevine. **The Journal of Agricultural Science**, v.153, p.1084-1096, 2015. <https://doi.org/10.1017/S002185961400080X>.

Nogueira, F. D.; Gomes, J. De C. Mandioca. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas**

Gerais. 5ª. Aproximação. Comissão de Fertilizante do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 312-313, 1999.

Nunes, C. A. B. de; Saggin Júnior, O. J.; Silva, E. M. R. da; Pinto, F. A.; Santos, J. V. dos; Carneiro, M. A. C. Steel slag and phosphate nutrition of corn inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00096>.

Oehl, F.; Laczko, E.; Bogenrieder, A.; Stahr, K.; Bösch, R.; Heijden, M. van der; Sieverding, E. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Soil Biology & Biochemistry**, v.42, p.724-738, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.01.006>.

Oehl, F.; Sieverding, E.; Palenzuela, Ineichen, J.K.; Silva, G.A. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, n. 2, p. 191–199, 2011. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>

Oehl, F.; Sánchez-Castro, I.; Palenzuela, J.; Silva, G.A. Palaeospora spainii, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Swiss agricultural soils. **Nova Hedwigia**, v. 101, n. 1-2, p.89-102, 2014. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2014/0229

Oehl, F., Laczko, E., Oberholzer, H.-R., Jansa, J., Egli, S. Diversity and biogeography of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. **Biology and Fertility of Soils**, v.53, p.777-797, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00374-017-1217-x>.

Oliveira, L. B. de; Oliveira Junior, A. do R.; Machado, É. B. N.; Silva, B. M. A.; Carvalho, G. P. de; Silva, B. C. R.; Oliveira, L. B. de. Avaliação da produtividade de mandioca em função de diferentes doses de fósforo. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.9, p.72441-72452, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-624>

Omorusi, V. I.; Ayanru, D. K. G. Effect of NPK Fertilizer on Diseases, Pests and Mycorrhizal Symbiosis in Cassava. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 13, n. 3, 2011.

Peña, R.; Robbins, C.; Corella, J. C.; Thuita, M.; Masso, C.; Vanlauwe, B.; Signarbieux, C.; Rodriguez, A.; Sanders, I. R. Genetically different isolates of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* induce differential responses to stress in cassava. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.596929>

Peña-Venegas, C. P.; Kuyper, T. W.; Davison, J.; Jairus, T.; Vasar, M.; Stomph, T. J.; Struik, P. C.; Öpik, M. Distinct arbuscular mycorrhizal fungal communities associate with different manioc landraces and Amazonian soils. **Mycorrhiza**, v. 29, p. 263–275, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00572-019-00891-5>.

Pereira, G. A. M.; Lemos, V. T.; Santos, J. B. dos; Ferreira, E. A.; Silva, D. V.; Oliveira, M. C. de; Menezes, C. W. G. de. Crescimento da mandioca e plantas daninhas em resposta à adubação fosfatada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p.716-722. 2012. <https://doi.org/10.1590/s0034-737x2012000500019>.

Pezarico, C. R.; Vitorino, A. C. T.; Mercante, F. M.; Daniel, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013. <https://doi.org/10.4322/rca.2013.004>

Pontes, J. S. de; Oehl, F.; Pereira, C. D.; Machado, C. T. de T.; Coyne, D.; Silva, D. K. A. da; Maia, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian's Cerrado and in soybean under conservation and conventional tillage. **Applied Soil Ecology**, v. 117-118, p. 178-189, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.04.023>.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2019.

Raij, B., van.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio J. A.; Furlani A. M. C. **Boletim técnico 100**: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 3-6.

Riely, B. K.; Ane, J. M.; Penmetsa, R. V.; Cook, D. R. Genetic and genomic analysis in model legumes bring Nod-factor signaling to center stage. **Current Opinion in Plant Biology**, v.7, p. 408-413, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.04.005>

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. <https://doi.org/10.5400/jts.2017.v22i3.183-189>

Ryan, M. H.; Tibbett, M. The role of arbuscular mycorrhizas in organic farming. In: Kirchmann, H.; Bergström, L. (Ed.). **Organic Crop Production: Ambitions and Limitations**. Crawley, AU: Springer Science, Cap. 10, 2008. p. 189-229.

Rodriguez, A.; Sanders, I. R. The role of community and population ecology in applying mycorrhizal fungi for improved food security. **The ISME Journal**, v. 9, p. 1053–1061, 2015. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.207>

Rós, A. B.; Hirata, A. C. S.; Narita, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.3, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000300001>

SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: **Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa**, 2007.

Saggin Júnior, O. J.; Silva, E. M. R. Micorriza arbuscular – Papel, Funcionamento e Aplicação da Simbiose. In: A. M. de Aquino; R. L. de Assis. (Org.). **Processos Biológicos do Sistema Solo**: Planta Ferramentas para uma Agricultura Sustentável. 1ª ed. Brasília: Embrapa Agobiologia, Embrapa Informação Tecnológica, 2006, v. 1, p. 101-149.

Sagrilo, E.; Vidigal Filho, P. S.; Otsubo, A. A.; Silva, A. de S.; Rohden, V. da S. Performance de cultivares de mandioca e incidência de mosca branca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 57, n. 1, p. 087-094, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000100015>

Santos Neto, A. P.; Barreto, P. A. B.; Gama-Rodrigues, E. F. da; Novaes, A. B. de.; De Paula, A. Produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual e em plantios de *Pterogyne nitens* Tul. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 633-643, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509819614>.

Sarr, P. S.; Sugiyama, A.; Begoude, A. D. B.; Yazaki, K.; Araki, S.; Nawata, E. Diversity and distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) croplands in Cameroon as revealed by Illumina MiSeq. **Rhizosphere**, v. 10, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100147>

Sausen, D.; Cassanego, B. D.; Mambrin, B. R.; Sasso, M. V.; Possebom, G.; Frari, D. K. B. Biomassa de clones de batata submetidos a doses contrastantes de fósforo no solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7479-7487, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-158>

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. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0606-6>

Saxena, B.; Shukla, K.; Giri, B. Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of salt stress in plants. In: Wu, Q. S. (Eds). **Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants**. Singapore: Springer, 2017, p.69-97.

Schreiner, R. P. Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of ‘Pinot noir’ (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. **Applied Soil Ecology**, v. 36, n. 02, p. 205-215, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.03.002>

SEI. SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Estatística dos municípios Baianos**. v. 4, n. 1, p. 127-144, 2013. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2021.

Séry, D. J.; Tuinen, D. Van; Drain, A.; Mounier, A.; Zézé, A. The genus *Rhizophagus* dominates arbuscular mycorrhizal fungi communities in contrasted cassava field soils in Côte d’Ivoire. **Rhizosphere**, v. 7, p. 8–17, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.06.007>

Sieverding, E. Should VAM inocula contain single or several fungal species? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 29, pp. 391-396, 1989. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(90\)90304-V](https://doi.org/10.1016/0167-8809(90)90304-V)

Sieverding, E.; Toro, S. T. Effect of mixing VAM inoculum with fertilizers on cassava nutrition and VAM fungal association. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 29, pp. 397-401, 1989.

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

Sieverding, E.; Silva, G. A.; Berndt, R.; Oehl, F. Rhizoglomus, a new genus of the Glomeraceae. **Mycotaxon**, v. 129, n. 2, p. 373-386, 2014. <https://doi.org/10.5248/129.373>

Silva, C. F. da; Pereira, M. G.; Silva, E. M. R. da; Correia, M. E. F.; Saggin Júnior O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista Caatinga**, v.19, n.1, p.01-10, 2006.

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 Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 477-488, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300001>.

Silva, L. da; Marchiori, P. E. R.; Maciel, C. P.; Machado, E. C.; Ribeiro, R. V. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900005>

Silva, C. F. da; Simões-Araújo, J. L.; Silva, E. M. R. da; Pereira, M. G.; Freitas, M. S. M.; Saggin Júnior, O. J.; Martins, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área degradada por extração de argila e revegetada com eucalipto e acácia. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 749-761, 2012. <https://doi.org/10.5902/198050987556>

Silva, C. F. da; Araújo, J. L. S. de; Silva, E. M. R. da; Pereira, M. G.; Schiavo, J. A.; Freitas, M. S. M. de; Saggin Junior, O. J.; Martins, M. A. Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares: diversidade, composição e glomalina em área revegetada com sesbânia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, n. 2, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200007>

Silva, L. E. B.; Santos, J. K. B. dos; Souza, W. C. L. de; Lima, L. L. C.; Silva, J. C. de S.; Lopes, E. A. P. Bioprospecting of arbuscular mycorrhizal fungi in manioc (*Manihot esculenta* Crantz) soils in Girau do Ponciano, Alagoas. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 1, p. 5-14, 2019. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v4i1.721>

Smith, S. E.; Read, D. J. Arbuscular mycorrhizas. In: Smith, S. E.; Read, D. J. (Third Edition). **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 2008.

Souza, L. D.; Mota, P. P.; Souza, L. da S.; Santos, C. V. dos; Pereira, B. L. Da S.; Figueiredo, G. H. S. Potencial da água no solo sob diferentes sistemas de preparo na cultura da mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, 2007.

Souza, L. de P. N. de; Pereira, B. F. F.; Oliveira, I. J. de; Tucci, C. A. F.; Nascimento, J. P. do. Adubação fosfatada e potássica: efeito na altura da planta e no diâmetro do caule de mandioca. **Terceira Margem Amazônia**, v. 3, n. 11, p. 275-285, 2018.

Symanczik, S.; Al-Yahya'ei, M.N.; Kozłowska, A.; Ryska, P.; Błaszowski, J. A new genus, *Desertispora*, and a new species, *Diversispora sabulosa*, in the family Diversisporaceae (order Diversisporales, subphylum Glomeromycotina). **Mycological Progress**, v. 17, p.437–449, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11557-017-1369-y>

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

Ternes, M. Fisiologia da planta. In: Cereda, M.P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. v.2. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.448-504.

Trindade, A. V.; Siqueira, J. O.; Almeida, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 24, p. 505-513, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000300004>

Uchôa, S. C. P.; Nascimento, F. R. do; Alves, J. M. A.; Melo, V. F.; Silva, D. C. O. da; Silva, A. J. da; Batista, K. D.; Matos, K. da S.; Albuquerque, J. de A. A. de. Adubação fosfatada na produtividade e qualidade de raízes tuberosas de cultivares de mandioca na savana amazônica, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 4, p. 381-389, 2020. <https://doi.org/10.19084/rca.20746>

Valle, T. L.; Lorenzi, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 31, n. 1, p. 15-34, 2014. <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2014.v31.19441>

Venzke Filho, S. P.; Feigl, B. J.; Piccolo, M. C.; Siqueira Neto, M.; Cerri, C. C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais – Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 599-610, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200015>

Veresoglou, S. D.; Shaw, L. J.; Sem, R. *Glomus intraradices* and *Gigaspora margarita* arbuscular mycorrhizal associations differentially affect nitrogen and potassium nutrition of *Plantago lanceolata* in a low fertility dune soil. **Plant and Soil**, v. 340, p. 481-490, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0619-4>

Viana, A. E. S.; Sedyama, T.; Lopes, S. C.; Cecon, P. R.; Silva, A. A. da. Estudos sobre tamanho de parcela em experimentos com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 281-289, 2003. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.1776>

Vilpoux, O.; Guilherme, D. de O.; Cereda, M. P. Cassava cultivation in Latin America. In: Hershey, C. H. (Ed.) **Achieving sustainable cultivation of cassava**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing Limited, v.1, p.149-174, 2017.

Voko, D. R. R. B.; Nandjui, J.; Sery, J. M. D.; Fotso, B.; Amoa, J. A.; Kouadio, M. S. A.; Coulibaly, S.; Niamke, S.; Zeze, A. Abundance and diversity of Arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) rhizosphere in Abengourou, East Côte d'Ivoire. **Journal of Ecology and the Natural Environment**, v. 5, n. 11, p. 360-370, 2013. <https://doi.org/10.5897/JENE2013.0407>.

Xavier, A. R.; Lima, L. A. Saberes tradicionais do cultivo da mandioca (*Manihot esculenta*) e a produção de farinha: estudo em Beberibe, Ceará. **Revista Cocar**, v. 14, n. 28, p.781-801, 2020.

7. APÊNDICE



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - DOUTORADO
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

QUESTIONÁRIO

1. Localidade:
2. Qual o tamanho da propriedade?
3. Qual a área cultivada com mandioca?
4. Quando foi o plantio desta lavoura de mandioca?
5. Como foi o preparo de solo?
6. Fez análise de solo?
7. Qual a forma de plantio (cova, sulco, espaçamento)?
8. Quais as práticas de conservação do solo utilizadas?
9. Essa área foi cultivada mais de uma vez sem intervalo?
10. Se sim, quantas vezes?
11. Já usou ou usa adubação nesta lavoura, qual?
12. Se sim, qual a forma de aplicação do adubo e quando?
13. Qual o adubo utilizado?
14. Já usou o usa calcário?
15. Se sim, com quantos meses antes do plantio?
16. Cultiva mandioca junto com outras culturas?
17. Se sim, com quais as culturas?
18. Principais variedades cultivadas?
19. Rendimento médio obtido (toneladas)?
20. Como é feito o controle do mato (plantas daninhas)?
21. Usa ou já usou herbicida alguma vez, qual?