

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS  
GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**VIVIANE APARECIDA DOS SANTOS BERNARDO**

**QUANTIFICAÇÃO DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM  
GENÓTIPOS DE MANDIOCA COM E SEM INOCULAÇÃO DE PATÓGENOS  
FOLIARES**

**DOURADOS**

**MATO GROSSO DO SUL**

**2019**

VIVIANE APARECIDA DOS SANTOS BERNARDO

**QUANTIFICAÇÃO DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM  
GENÓTIPOS DE MANDIOCA COM E SEM INOCULAÇÃO DE PATÓGENOS  
FOLIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Curso de Graduação em Biotecnologia, para obtenção do título de Biotecnologista.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Livia Maria Chamma Davide

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elaine Reis Pinheiro Lourente

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL

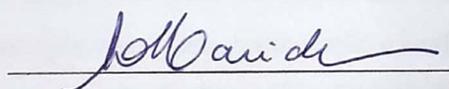
2019

**QUANTIFICAÇÃO DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM  
GENÓTIPOS DE MANDIOCA COM E SEM INOCULAÇÃO DE PATÓGENOS  
FOLIARES**

por:

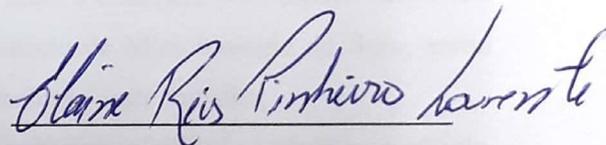
Viviane Aparecida dos Santos Bernardo

Aprovado em:02/12/2019



Profa. Dra. Livia Maria Chamma Davide

Orientadora – UFGD/FCA



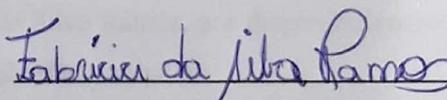
Profa. Dra. Elaine Pinheiro Lourente

Co-orientadora UFGD/FCA



Prof. Dr. Elias Silva de Medeiros

UFGD/FACET



Ms. Fabricia da Silva Ramos

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente por sempre estar presente comigo, me fortalecendo na rotina acadêmica, me proporcionando saúde e acalmando meu coração nas dificuldades.

De um modo especial, aos meus pais, Maria e Manoel e aos meus irmãos, Geone e Gislaine, que sempre me apoiaram e encorajaram, fazendo que, de alguma forma a minha vida acadêmica fosse mais leve.

Aos meus amigos, aqueles que eu fiz na faculdade, de modo especial Rafaela, Roberta, Luiz Guilherme, Karoline e Pedro, e aos amigos de longa data que me foram apresentados pela vida em especial Gabrieli, Jaqueline e Mateus pela amizade, parceria e principalmente paciência, por sempre me apoiarem e por todo incentivo.

Aos colegas do GMBV (Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal), principalmente, aqueles que conheci em 2017, que hoje considero amigos, aos quais eu agradeço imensamente por todo ensinamento, companheirismo e paciência, dentro do laboratório e em campo.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Livia Maria Chamma Davide, por todo conhecimento compartilhado, apoio, confiança em mim depositada e ajuda para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

A minha co-orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Reis Pinheiro Lourente, pelo espaço cedido em seu laboratório para realização das análises, Laboratório de Microbiologia do Solo, assim como por toda ajuda, colaboração e auxílio para a conclusão deste trabalho,

Ao Dr Prof<sup>o</sup> Elias Silva de Medeiros por toda disponibilidade e ajuda na avaliação dos dados deste trabalho.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo material vegetal cedido para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Dr<sup>a</sup> Prof<sup>a</sup> Elaine Reis Pinheiro Lourente, ao Dr Prof<sup>o</sup> Elias Silva de Medeiros e a Ms. Fabricia da Silva Ramos, por disponibilizarem um tempo em suas rotinas e colaborarem com a elaboração deste trabalho.

E por fim, mas não menos importante a mim, pela persistência e dedicação durante estes quatro anos de graduação. E a todos aqueles que de alguma forma vivenciaram este período como, que me incentivaram, apoiaram, demonstraram empatia e amizade, presencialmente ou virtualmente.

*“O mais corajoso dos atos ainda é pensar com a própria cabeça.”*

Coco Chanel

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B523q Bernardo, Viviane Aparecida Dos Santos  
QUANTIFICAÇÃO DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM GENÓTIPOS DE  
MANDIOCA COM E SEM INOCULAÇÃO DE PATÓGENOS FOLIARES [recurso eletrônico] /  
Viviane Aparecida Dos Santos Bernardo. -- 2019.  
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Livia Maria Chamma Davide .  
Coorientadora: Elaine Reis Pinheiro Lourente.  
TCC (Graduação em Biotecnologia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Esporos de fungos micorrízicos. 2. Manihot esculenta. 3. simbiose. I. Davide, Livia Maria Chamma. II. Lourente, Elaine Reis Pinheiro. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

## RESUMO

A mandioca é uma importante fonte alimentar, devido seu valor nutricional, sendo consumida principalmente nos países do trópico. A espécie possui alta dependência micorrizica, o que influencia diretamente no desenvolvimento, produtividade e sanidade da cultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar se diferentes genótipos de mandioca sob inoculação de patógenos foliares influenciam na quantidade de esporos de fungos micorrizicos. Foram coletadas amostras de solo (0-10 cm) próximo das raízes de dez genótipos, na área experimental do programa de melhoramento de mandioca para de seleção de genótipos resistentes a antracnose, bacteriose. Considerou-se como blocos os experimentos inoculados com antracnose, bacteriose, controle 1 e controle 2. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, em delineamento de blocos aumentados, com material vegetal proveniente do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Os esporos de fungos micorrizicos (FM) foram extraídos pelo método de peneiramento úmido e posteriormente quantificados. A análise estatística para quantidade de esporos foi realizada por meio do modelo linear generalizado misto, com família Poisson com função de ligação  $\log$  ( $P \leq 0,05$ ) e aplicação do teste Tukey para comparação de médias com  $\alpha = 5\%$ , foi verificado diferença significativa entre os genótipos de mandioca em relação ao número de esporos encontrado, assim como foi verificado diferença significativa também para a fonte de variação blocos. Apesar de existir diferença estatística dos atributos químicos do solo nos diferentes blocos e genótipos analisados, não foi verificado a existência de correlação significativa com a quantidade de esporos. Conclui-se que os genótipos e blocos analisados exerceram influência sobre a quantidade de esporos micorrizicos, em que o BGM 0682 e BGM 0859 exerceram maior influência na quantidade de esporos de fungos micorrizicos presentes no solo.

**Palavras-chaves:** Esporos de fungos micorrizicos; *Manihot esculenta*; simbiose.

## ABSTRACT

Cassava is an important food source, due to its nutritional value, being consumed mainly in the countries of the tropics. The species has high mycorrhizal dependence, which directly influences the development, productivity and health of the crop. This work aimed to evaluate whether different cassava genotypes under inoculation of leaf pathogens influence the amount of mycorrhizal fungi spores. Soil samples (0-10 cm) were collected near the roots of ten genotypes, in the experimental area of the cassava breeding program for the selection of genotypes resistant to anthracnose, bacteriosis. Experiments inoculated with anthracnose, bacteriosis, control 1 and control 2 were considered as blocks. The experiment was implemented at the Fazenda Experimental de Ciências Agrárias of the Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, in a delineation of enlarged blocks, with plant material from germplasm bank of Embrapa Mandioca e Fruticultura. The spores of mycorrhizal fungi (FM) were extracted by the wet sifting method and subsequently quantified. The statistical analysis for the number of spores was performed using the mixed generalized linear model, with the Poisson family with log connection function ( $P \leq 0.05$ ) and application of the Tukey test to compare means with  $\alpha = 5\%$ , a difference was found significant among the cassava genotypes in relation to the number of spores found, as well as significant difference was also verified for the source of variation blocks. Although there is a statistical difference in the chemical attributes of the soil in the different blocks and genotypes analyzed, there was no significant correlation with the amount of spores. It was concluded that the analyzed genotypes and blocks had an influence on the amount of mycorrhizal spores, in which BGM 0682 and BGM 0859 had a greater influence on the amount of mycorrhizal fungi spores present in the soil.

**KeyWords:** AMF spores; *Manihot esculenta*; symbiosis.

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1.</b> Resumo da análise de <i>deviance</i> de 10 genótipos de mandioca e 4 blocos quanto ao número de esporos de micorriza. Dourados - MS, UFGD, 2018.....	26
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de <i>deviance</i> das 39 amostras de solo quanto aos atributos químicos, sendo pH extraído pelo cloreto de cálcio (pH(CaCl <sub>2</sub> ), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), hidrogênio+alumínio (H+Al). Dourados - MS, UFGD, 018.....	34

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Quadro 1.** Identificação dos genótipos de mandioca coletados na área experimental do Programa de Melhoramento da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.....23
- Figura 1.** Imagem de diferentes tipos morfológicos de esporos micorrizicos observados durante a quantificação de esporos. Foi possível observar sete diferentes tipos morfológicos de esporos. A) Esporo amarelo; B) Esporo transparente; C) Esporo amarelo; D) Esporo amarelo; E) Esporo marrom e F) Esporo preto.....26
- Figura 2.** Boxplot comparando o número de esporos micorrizicos observados nos tratamentos comuns (comercias) e tratamentos não comuns (clones BGM) da área experimental do Programa de Melhoramento de Mandioca da UFGD.....28
- Figura 3.** Gráfico de médias da quantidade de esporos coletadas em 10 genótipos divididos em tratamento comum e não-comum de mandioca. As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% e estão organizados em ordem decrescente. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triangulo (Δ): superior a média geral.....29
- Figura 4.** Boxplot do número de esporos observados em cultivares comerciais de mandioca (tratamentos comuns: Baianinha, IAC-576 e Kiriris) e os clones (tratamentos não-comum) pelo Programa de Melhoramento de Mandioca da UFGD.....30
- Figura 5.** Boxplot da quantidade de esporos de 10 genótipos de mandioca coletados na área experimental do Programa de Melhoramento de Mandioca da UFGD.....31
- Figura 6.** Gráfico de médias ajustadas referente ao número de esporos micorrizicos coletados em genótipos de mandioca. As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 % e estão organizados em ordem decrescente. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triangulo (Δ): superior a média geral.....32
- Figura 7.** Boxplot da quantidade de esporos coletadas em 10 genótipos de mandioca obtidos em quatro blocos experimentais, sendo dois com inoculação de doenças foliares, bloco controle 1 e 2.....33
- Figura 8.** Gráfico de médias da quantidade de esporos coletadas em 10 genótipos de mandioca obtidos em quatro blocos experimentais, sendo três com inoculação de doenças foliares e o bloco controle. As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de

Tukey a 5% e estão organizados em ordem decrescente. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.....34

**Figura 9.** Gráfico de médias referente ao pH extraído pelo cloreto de cálcio (pH (CaCl<sub>2</sub>) nas amostras de solo coletado nos diferentes genótipos de mandioca (A) e blocos de mandioca (B). Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.....36

**Figura 10.** Gráfico de médias referente a quantidade de matéria orgânica (M.O.) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.....36

**Figura 11.** Gráfico de médias referente a quantidade de fósforo (P) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.....37

**Figura 12.** Gráfico de médias referente a quantidade de potássio (K) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.....37

**Figura 13.** Gráfico de médias referente a quantidade de hidrogênio+alumínio (H+Al) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.....38

**Figura 14.** Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre a quantidade de esporos e os atributos químicos do solo coletados em experimento de Mandioca. O símbolo (X) indica uma correlação não significativa ( valor  $P < 0,05$ )......39

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Mandioca.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Fungos Micorrizicos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Associação e importância de fungos micorrizicos na cultura da mandioca.....</b>	<b>19</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 Objetivo geral .....	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
4.1 Área Experimental .....	22
4.2 Coleta e análise química do solo .....	22
4.3 Extração, quantificação e observação dos padrões morfológicos dos esporos micorrizicos.....	24
4.4 Análise estatística .....	24
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>
<b>9. ANEXO.....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca é difundida em todo o território nacional, com uma área de plantio de 2.074.689 hectares em 2018 (IBGE, 2019), a *Manihot esculenta* Crantz, conhecida no Brasil popularmente como aipim ou macaxeira caracteriza-se pela adaptabilidade às condições de variabilidade de solo e clima, sendo cultivado de maneira rústica, com limitação de adubação, preparo do solo e fatores de ordem fitossanitária, que afetam na expansão do cultivo de mandioca no Brasil (ALVES, 2002).

As práticas culturais adotadas no cultivo da mandioca interferem diretamente na dependência de micorrização da cultura, visto que a mandioca é altamente micotrófica. Isto se deve às características limitantes de exploração do solo de suas raízes, que reduz a área superficial específica para absorção de água e nutrientes, o que favorece a interação simbiótica fungo-planta, visto que a colonização micorrízica tem como principal efeito a ampliação do volume de solo explorado (COLOZZI e NOGUEIRA, 2007).

Os fungos micorrízicos podem ser endo e ectomicorrízicos. Dentre estes os arbusculares são biotróficos obrigatórios presentes na microbiota do solo. Eles contribuem significativamente para o desenvolvimento da maioria das plantas superiores, aumentam a absorção de água e nutrientes do solo, principalmente o fósforo, propiciando o desenvolvimento de uma planta mais sadia e com maior produtividade (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Além destes benefícios, os fungos micorrízicos arbusculares atuam na redução de doenças e condições de estresse têm evidenciado diferentes mecanismos e estratégias induzidas pelas comunidades fúngicas para proteger a planta hospedeira. A ação se dá por meio de modificações bioquímicas, fisiológicas e moleculares na planta, assim como modificações na estrutura e densidade dos fungos micorrízicos (SELOSSE et al., 2004; COSTA e LOVATO, 2011).

Um aspecto muito importante é a diversidade formada por estes organismos, no qual quanto maior a diversidade, maior os benefícios ao ecossistema. A diversidade e a estrutura das comunidades de FMs (fungos micorrízicos) presentes no solo é influenciada devido às condições de pressão de seleção das plantas simbióticas sobre os fungos, os mecanismos bioquímicos de reconhecimento fungo-planta que resulta nos graus de especificidade para essa simbiose, assim como os fatores abióticos e bióticos do solo (GOMIDE et al., 2009).

Deste modo, os esporos de fungos micorrízicos possuem uma grande importância para esta diversidade, visto que é a principal fonte de propágulo desta espécie, produzida quando a planta e/ou fungo são submetidos a algum tipo de estresse (GUADARRAMA e

ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999; MIRANDA, 2008). Logo, a quantificação dos mesmos corrobora para o conhecimento das espécies, a interação fungo-planta e o grau de especificidade, visto que, o conhecimento sobre os esporos contribui para a elucidação do beneficiamento que os esporos de fungos micorrízicos proporcionam as plantas.

Com isto, este trabalho objetiva avaliar se genótipos de mandioca conduzidos em área experimental com ausência e presença de inoculação de patógenos foliares podem influenciar para diferentes taxas de esporos de fungos micorrízicos no solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Mandioca

A *Manihot esculenta* Crantz, conhecida nas diferentes regiões do Brasil principalmente como mandioca, aipim, macaxeira, costelinha ou maniva é uma espécie perene arbustiva que possui raízes tuberosas comestíveis ricas em amido. A cultura está vinculada à segurança alimentar, devido o seu valor energético e forma de consumo variada, sendo utilizada toda a planta desde o consumo das raízes, para obtenção de produtos a partir das farinhas até a utilização das folhas, talos e resíduos, que são aproveitados para alimentação animal, adubação e controle de pragas (ALVES et al., 2009).

A mandioca pertencente à família das Euphorbiaceae e tem como provável centro de origem o Brasil, na região amazônica, cultivada primeiramente por povos indígenas. No país já foram catalogados mais de 4.132 genótipos, sendo que o gênero *Manihot* possui cerca de 98 variedades (COSTA e MORALES, 1994). A espécie possui alta taxa de polinização e heterozigose como descreve FUKUDA (1986), o que possibilita naturalmente a formação de inúmeros novos clones da espécie.

A mandioca é característica nos trópicos por ser a terceira maior fonte de carboidratos alimentares, depois do arroz e do milho, sendo um dos alimentos básicos fundamentais para países principalmente em desenvolvimento (BURNS et al., 2010). Todavia seu cultivo é amplamente difundido no mundo por ter grande relevância na área agrícola e nutricional, sendo uma cultura que apresenta adaptabilidade a solos pobres e a estresse abióticos, riqueza em carboidratos, fibras, potássio, folato e vitamina C, sendo considerada uma cultura de segurança alimentar, denominada pela ONU como o alimento do século 21 (FAO, 2013).

Segundo a FAO (2018) a produção mundial de raiz de mandioca em 2017 foi de 277,1 milhões de toneladas, sendo a mandioca cultivada em mais de 100 países ao redor do mundo. Os principais países que plantam essa cultura é a Nigéria, que no ano de 2016 computou 57,13 milhões de toneladas de raiz de mandioca, seguidos por Tailândia e Indonésia, sendo o Brasil o 4º maior produtor mundial (CONAB, 2018).

Em 2018 a produção de mandioca no Brasil foi de 19,39 milhões de toneladas possuindo uma produtividade de 14,18 t há<sup>-1</sup>, sendo cultivada a raiz em todos os estados brasileiros. A estimativa neste ano (2019) em relação à produção é de um crescimento de 2,35% e um ganho de 4,42% referente a produtividade, sendo a principal região produtora o norte, seguido do nordeste, sul, sudeste e por último centro-oeste (IBGE, 2019).

Entre os estados, o Pará é o 1º colocado no ranking de produção com 3.760.148 toneladas de raiz de mandioca produzidos em 2018, seguido do Paraná, Bahia e Maranhão com 3.480.812, 1.527.575 e 1.254.916 toneladas, respectivamente. O norte produz 33% da mandioca nacional, seguida do Nordeste 26%, sul 25%, sudeste 10% e centro-oeste 6% (IBGE, 2019).

Apesar da elevada produção da região norte e nordeste, o plantio é caracterizado por meios de produção com adoção de baixos níveis tecnológicos, utilização de mão-de-obra familiar, ausência de auxílio técnico e pouca participação no mercado, sendo que as raízes ali cultivadas são direcionadas para a comercialização local, através de farinheiras (CÔELHO, 2018).

Os estados do eixo Sul-Sudeste (Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul) apresentam maior produtividade de mandioca, sendo ao todo 67,58 t/ha por ano, enquanto que os estados do norte e nordeste (Acre, Para, Maranhão e Bahia) apresentam 60,74 t/ha por ano, no qual o Acre é o estado com a maior produtividade de mandioca, com 27,19 t/ha por ano (IBGE, 2018).

Os principais estados que exportam fécula e raiz de mandioca são Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e São Paulo, sendo estes produtos de importância econômica. O Paraná é o maior exportador de fécula, seguido do Mato Grosso do Sul, no qual o produto possui um alto valor agregado, exportando 23,6 e 9,3 mil toneladas, respectivamente, no período de 2014 a 2018. Já na exportação de raiz, com menor valor e peso, destaca-se São Paulo (IBGE, 2018).

Apesar de o Paraná ser o maior exportador, ele também é o maior importador de mandioca com 41,3 mil toneladas (67%), seguido pelo Mato Grosso do Sul e por São Paulo, com 8 mil toneladas (13% cada), isso porque quase toda produção brasileira de fécula é absorvida no mercado interno, sendo importado principalmente da Tailândia e Paraguai. Porém, a instabilidade de preços e problemas de coordenação também influencia nas exportações de raízes de mandioca, assim como as irregularidades climáticas (CÔELHO, 2018).

Apesar do alto consumo interno de fécula de mandioca, em 2018 os principais países que importaram este derivado da mandioca do Brasil foram Estados Unidos, com 58,8% do total, Bolívia (25,5%), Portugal (7,6%), Itália (2,1%), Reino Unido (2,1%), México (1,2%) e Holanda (1,1%) de um total de 562 toneladas computado em 2018 até o mês de Agosto (CEPEA, 2018).

O cultivo de mandioca no Brasil e no mundo tem expandido expressivamente nos últimos anos e sua produção deve continuar crescendo (BURNS et al., 2010). No entanto, os métodos de manejo, plantas daninhas e fitopatógenos são as principais dificuldades do cultivo, como também os fatores abióticos, principalmente a umidade, fator importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

## **2.2 Fungos Micorrizicos**

Os fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) são fungos do solo que formam uma simbiose mutualista com as raízes das plantas, sendo classificados de acordo com o aspecto morfológico e anatômico da colonização radicular, como: ecto, endo e ectoendomicorizas, conforme o desenvolvimento do fungo nas células da raiz da planta, em seus espaços intercelulares ou intracelulares (EMBRAPA, 2006). Beneficiam na nutrição e fitossanidade das plantas (CAVAGNARO et al., 2015), além de estarem envolvidos na prestação de serviços ambientais, formação do solo e estabilidade de agregados (RILLIG et al., 2015).

São organismos biotróficos obrigatórios, que se associam com raízes de plantas vasculares, formando uma relação simbiótica mutualista (NOVAIS et al., 2010) formando hifas, arbúsculos ou vesículas. A capacidade de formar micorriza arbusculare (MA) é restrita a fungos pertencentes a cinco famílias da ordem Glomerales do filo Glomeromycota, de acordo com Stürmer e Siqueira (2006), descritas cerca de 160 espécies, distribuídas em apenas sete gêneros, sendo eles: Acaullospora, Archaeospora, Entrophospora, Glomus, Gigaspora, Paraglomus e Scutellospora (INVAM, 2018).

Na associação de endomicorizas ocorre a penetração do micélio interno no córtex da raiz inter e intracelularmente, formando estruturas intracelulares típicas denominadas de arbúsculos e posteriormente desenvolve-se o micélio extrarradicular que é capaz de adquirir nutrientes do solo com eficiência (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os nutrientes são transferidos para as raízes micorrizadas através de transportadores de membrana específicos (SMITH e READ, 2008) e ocorrem mudanças morfológicas, fisiológicas e modificações na expressão de genes da planta e do fungo, para que ocorra o transporte bidirecional de nutrientes entre os simbiossomas (REQUENA et al., 2003).

Já as ectomicorizas são caracterizadas pelo crescimento intercelular, no qual o estabelecimento da simbiose acontece devido ativação dos propágulos do fungo (esporos) que germinam e formam um tufo de hifas na rizosfera, formando um manto de hifas, que se isola no solo ao redor. Isto ocorre devido às hifas reconhecerem as finas raízes que emergem da

planta hospedeira através de sinais químicos, que conduz o crescimento em direção a estas e colonizam a superfície (CANTON, 2012; BERTOLAZI et al., 2010).

Devido à diferença de tamanho significativa entre raízes e hifas, as hifas proporcionam às plantas genótipo a poros de reduzido diâmetro, inacessíveis às raízes, fornecendo-lhes água e outros nutrientes que ficam retidos quando o solo seca ou fica mais compacto (SAMPAIO, 2012). As associações ectomicorrízicas possuem um alto grau de especificidade com o hospedeiro, sendo este mecanismo governado por uma interação genética entre o fungo e a planta hospedeira (BERTOLAZI et al., 2010).

Os FMA são extremamente eficientes e promovem maior desenvolvimento das plantas e aumentam seu vigor devido suas hifas extrarradiculares. Elas funcionam como extensões do sistema radicular, possibilitando assim o aumento da área de exploração do solo, contribuindo para maior absorção de água e nutrientes. Segundo Marschner e Dell (1994) o aumento na absorção de nutrientes pode ser responsável pela absorção de 80% do fósforo nas plantas. A simbiose entre planta-fma é encontrada em mais de 90% das plantas terrestres, dentre estas, espécies frutíferas, leguminosas herbáceas e cereais, promovendo benefícios nutricionais e ecológicos para a planta e solo (FOLLI et al., 2012).

No entanto, cada espécie de planta hospedeira tem dependência variável à micorrização devido sua interação morfofisiológica (BALOTA et al., 2011) o que gera o grau de especificidade fungo-planta. Esta dependência é atribuída as diferentes espécies de fungos micorrízicos presentes no solo e as variações nas características genéticas do hospedeiro (CANTON, 2012).

Os fungos micorrizicos também induzem a tolerância e supressão das plantas frente aos patógenos através da competição direta entre FMAs e patógenos; regulação da população microbiana no solo em torno do sistema radicular; modificações no crescimento, nutrição e morfologia vegetal; e alterações de ordens bioquímicas e moleculares nos hospedeiros vegetais, como descritos por Costa e Lovato (2011).

A aplicação de fungos micorrizos e a reintrodução de propágulos selecionados/específicos tendem aumentar a tolerância aos patógenos radiculares e reduzir o nível de aplicação de fertilizantes (NOGALES et al., 2009). Eles ainda possuem grande influência como agente na recuperação de áreas degrada, devido beneficiar a planta hospedeira na adaptação dos estresses bióticos e abióticos do solo (COLODETE et al., 2014; RAMOS et al., 2011). No solo, a presença de esporos, de micélio micorrízico extrarradicular e de fragmentos de raízes colonizadas são consideradas fontes de propágulo de FMA (RUBIN e STÜRMER, 2015).

Os esporos figuram como a principal fonte de propágulo desses fungos (BRUNDRETT, 1991), sendo a produção de esporos de FMs um mecanismo de perpetuação das espécies, que é estimulado quando a planta e o fungo são submetidos a algum estresse (GUADARRAMA e ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999; MIRANDA, 2008).

### **2.3 Associação e importância de fungos micorrízicos na cultura da mandioca**

A diversidade e a estrutura das comunidades de FMA presentes no solo são influenciadas principalmente pelas plantas simbióticas (GOMIDE et al., 2009), devido a liberação e deposição de compostos orgânicos e metabolitos por suas raízes (simples ou complexos), todavia as condições ecológicas do solo e clima podem afetar significativamente na condição dos mesmos.

A cultura da mandioca possui ampla especificidade micotrófica com os fungos micorrízicos, devido a alta taxa metabólica de compostos fotoassimilados. Ocorre o benefício para os fungos na associação com esta espécie, devido o fornecimento de energia, o que favorece o crescimento, reprodução e multiplicação dos fungos no solo, evidenciando a relação simultânea, pois os mesmos contribuem significativamente para o desenvolvimento da cultura, principalmente na fase inicial (SOUZA et al., 2008).

O percentual de dependência micorrízica da cultura pode chegar até 95%, mesmo quando cultivada em uma área com grande teor de adubação em fosfato, sendo a espécie que mais se encontra presente na mandioca *Glomus manihotis*, fungo nativo que se desenvolve adequadamente em solos com maior acidez. Constituindo-se de uma cultura que depende dos FMA, a multiplicação dos mesmos no solo é promovida de forma agradável, somente com benefícios (MIRANDA et al., 2005).

Estudos demonstrados por Howeler e Sieverding (1983) apresentam que FMAs nativos do solo são suficientes para estabelecer a simbiose com plantas de mandioca e beneficiar as mesmas, sendo desnecessária a inoculação e incrementação de propágulos. No entanto, os diferentes tipos de solo também exercem influência na resposta. Logo a implantação de manejos que maximizem os benefícios já gerados ou propiciem o mesmo é uma ótima alternativa.

O aumento a associação e dependência aos fungos micorrízicos na cultura da mandioca é evidenciado mais ainda devido o sistema radicular da mandioca possuir fatores fisiológicos limitantes, como raízes com grandes diâmetros, porém com pouquíssima

ramificação e pelos absorventes, o que acarreta pouca área superficial específica, dificultando a assimilação de nutrientes e água (FILHO e NOGUEIRA,2007).

Com tudo, o grau de interação entre o fungo e a planta depende mais do genótipo da planta, pois seu potencial de resposta à colonização parece ser uma característica intrínseca de herança genética (JANOS, 1988). Algo parecido é visto no estudo de Straker (2009), em que mostra a diferença no número total de esporos entre quatro cultivares, instalado em duas localidades da África do Sul. Todavia, o autor ressalta que esta evidencia é difícil de comprovar, devido principalmente as condições edáficas, mas indica a dependência fungo-planta e a relação micotrófica da cultivar.

A relação genética também é visto em outras culturas, como citros (NUNES et al., 2006), no amendoim (AZEVEDO et al., 2014). Yang et al. (2010) analisaram raízes de aveias em diferentes profundidades no solo, diferentes altitudes geográficas e diferentes cultivares sob a mesma altitude. O resultado demonstrado foi que o genótipo das plantas influencia significativamente no indicador de micorrização. Assim como a altitude e o genótipo das plantas afetam as proporções de colonização entre arbúsculos e vesículas, influenciando possivelmente em diferentes espécies de fungos colonizadores.

Todavia, o estudo sobre a área a ser plantada se faz de grande importância, visto que geralmente a mandioca é cultivada em solos de baixa fertilidade, bastante erodidos, revolvidos para implantação do cultivo, apresentando algumas vezes uma baixa ou ineficiente população de FMAs nativos. Estudos atuais demonstraram que a inoculação acarreta benefícios e ganhos ao solo, como no estudo de Nascimento et al. (2016) com plantas de Pornuncia (*Manihot* sp. – Euphorbiaceae).

Deste modo, fica evidente a importância e os benefícios que a associação entre plantas e FMA proporcionam, sendo necessário o uso e elaboração de técnicas modernizadas capazes de avaliar a ocorrência, diversidade e benefícios diretos desses fungos (específicos) nos ambientes de cultivo da mandioca (BALOTA et al., 1999), afim de se obter maior desenvolvimento e produção da cultura, a partir de estratégias alternativas aos procedimentos sintéticos e exploratórios.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

- Verificar a influência de genótipos de mandioca na taxas de esporos micorrízicos no solo em experimentos conduzidos em área com ausência e presença de inoculação de patógenos foliares.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Quantificar o número de esporos micorrízicos presentes nos genótipos de mandioca analisados.
- Comparar a quantidade de esporos em genótipos comerciais de mandioca e clones em fase de seleção.
- Comparar a quantidade de esporos em experimentos inoculados e não inoculados.
- Observar os padrões dos diferentes tipos morfológicos de esporos micorrízicos.
- Avaliar se há correlação entre os atributos químicos do solo e a quantidade de esporos.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Área Experimental

O experimento estava localizado na área experimental do Programa de Melhoramento da Faculdade de Ciências Agrárias localizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, onde anteriormente havia sido plantado soja. O local se encontra em latitude de 22° 13' 52,4495" S, longitude de 54° 59' 10,5372" W e altitude de 411,75 m em Dourados, Mato Grosso do Sul. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O experimento estava arranjado em delineamento de blocos aumentados (DBA) desbalanceado, com 7 tratamentos não comuns e 3 testemunhas comuns. Considerou-se como blocos os experimentos inoculados, conforme OLIVEIRA et al. (2016), com *Colletrotrichum gloeosporioides* (antracnose), *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis* (bacteriose) e os blocos não inoculados, sendo identificados como bloco controle 1 e 2 (Anexo 1). As parcelas foram constituídas por 1 linha com 10 plantas, espaçadas 0,9 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas. Os genótipos de mandioca foram plantados em setembro de 2017 e, no momento da coleta, estavam com 12 meses de idade.

### 4.2 Coleta e análise química do solo

A coleta de solo foi realizada na área de melhoramento vegetal para seleção de clones de mandioca na safra de 2017/2018. Ao todo foram coletadas 39 amostras de solo na profundidade de 0 - 10 cm, próximo das raízes dos dez genótipos (na cova da mandioca), após a colheita, sendo estes selecionados por terem sido os melhores genótipos da safra anterior. As amostras foram coletadas nos genótipos indicados na Tabela 1. Posteriormente, foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e levadas para o Laboratório de Microbiologia do Solo da UFGD, onde ficaram em ambiente fresco e com sombra até o momento da manipulação. Amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório AP Agro Sciences para análise referente as 39 amostras de solo. Em seguida os dados foram analisados estatisticamente.

Os tratamentos comuns listados no Quadro 1 são referentes às testemunhas, cultivares comerciais utilizadas no experimento, enquanto que os tratamentos não-comum se tratam dos clones experimentais em período de seleção no programa de melhoramento da mandioca.

**Quadro 1.** Identificação dos genótipos de mandioca coletados na área experimental do Programa de Melhoramento da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

<b>Amostras de solo</b>	<b>Genótipos de origem</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Repetição</b>
1	IAC 576	TC	Controle 2	1
2	IAC 576	TC	Controle 2	2
3	IAC 576	TC	Controle 2	3
4	IAC 576	TC	Controle 2	4
5	IAC 576	TC	Controle 2	5
6	Baianinha	TC	Controle 2	1
7	Baianinha	TC	Controle 2	2
8	Baianinha	TC	Controle 2	3
9	Baianinha	TC	Controle 2	4
10	Baianinha	TC	Controle 2	5
11	Kiriris	TC	Controle 2	1
12	Kiriris	TC	Controle 2	2
13	Kiriris	TC	Controle 2	3
14	Kiriris	TC	Controle 2	4
15	Kiriris	TC	Controle 2	5
16	BGM 0859	TNC	Controle 2	2
17	BGM 0682	TNC	Controle 2	2
18	BGM 0682	TNC	Antracnose	2
19	BGM 0682	TNC	Controle 1	2
20	2011 - 34 – 41	TNC	Controle 1	1
21	2011 - 34 – 41	TNC	Antracnose	1
22	2011 - 34 – 41	TNC	Controle 1	1
23	2011 - 34 – 41	TNC	Bacteriose	1
24	BGM 1659	TNC	Antracnose	3
25	BGM 1659	TNC	Bacteriose	3
26	BGM 1659	TNC	Controle 1	3
27	BGM 1659	TNC	Controle 1	3
28	BGM 1726	TNC	Antracnose	3
29	BGM 1726	TNC	Bacteriose	3
30	BGM 1726	TNC	Controle 1	3
31	BGM 1726	TNC	Controle 1	3
32	BGM 1733	TNC	Antracnose	3
33	BGM 1733	TNC	Bacteriose	3
34	BGM 1733	TNC	Controle 1	3
35	BGM 1733	TNC	Controle 1	3
36	BGM 1698	TNC	Antracnose	3
37	BGM 1698	TNC	Bacteriose	3
38	BGM 1698	TNC	Controle 1	3
39	BGM 1698	TNC	Controle 1	3

TC: tratamentos comum; TNC: tratamento não comum.

### **4.3 Extração, quantificação e observação dos padrões morfológicos dos esporos micorrízicos**

Os esporos dos fungos micorrízicos foram extraídos de  $50 \text{ cm}^{-3}$  de solo pelo método de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963). As amostras passaram primeiramente por uma peneira de  $2 \mu\text{m}$  para dissipação do solo. Em seguida utilizaram-se duas peneiras ( $425$  e  $53\mu\text{m}$ , nessa ordem respectivamente), onde o solo foi lavado com fortes jatos de água por três vezes, em um béquer de dois litros. Na peneira de menor malha ficaram retidos os agregados contendo os esporos. Estes foram armazenados com água destilada em tubos falcon e levados para centrifuga (NT 810 – novatecnica) durante três minutos a 4000 rpm. O sobrenadante foi descartado e foi adicionado sacarose 50% (JENKINS, 1964), onde as amostras que voltaram para a centrifuga à 1000 rpm por um minuto. Desta vez o sobrenadante foi coletado e passado por uma peneira de  $53 \mu\text{m}$ , onde os esporos foram lavados para retirada da sacarose. Foi utilizado o banho ultrassônico para maior limpeza e purificação dos esporos

As amostras foram sonicadas por 20 segundos e lavadas em peneira de  $53 \mu\text{m}$ , sendo este processo intercalado, repetido mais duas vezes utilizando-se água destilada. Por fim, as amostras foram armazenadas em tubo de falcon com água destilada.

A contagem dos esporos foi realizada em placa de vidro canelada, utilizando a técnica de quarteamento. A amostra foi despejada na placa juntamente com a água e observada em microscópio ZeissStereo Discovery.V8 com AxioCam ICc5 acoplada, com aumento em 1,5 a 2,0X. Através da contagem de fungos micorrízicos foi possível observar diferentes padrões morfológicos de esporos. Cada tipo observado foi fotografado, com o auxílio do software de imagem Zeiss ZEN.

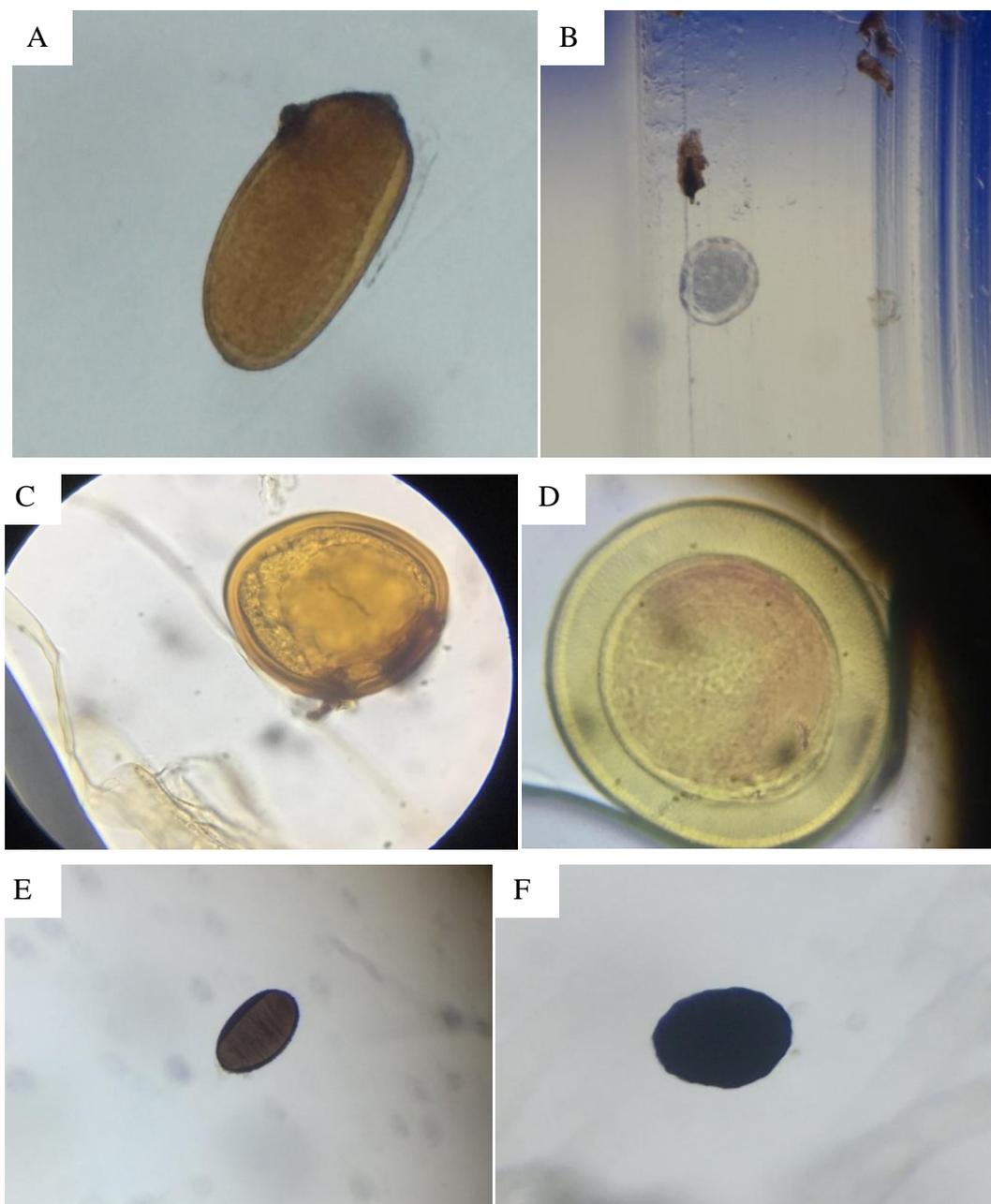
### **4.4 Análise estatística**

Os resultados da contagem de esporos de micorriza e análise química do solo foram avaliados por meio da análise de *deviance*, sendo utilizado o Modelo de Regressão Linear Generalizado Misto com família Poisson, seguida da função de ligação *log.*, foi feito ajuste do modelo de regressão. Também foram extraídas as médias marginais estimadas e utilizadas para comparar os diferentes níveis dos genótipos entre os tratamentos, sendo aplicado o teste de Tukey para comparação de médias, com  $\alpha = 5\%$ . Para correlação usou-se o coeficiente de correlação de Spearman.

Todas as análises estatísticas foram feitas no programa R (R Core Team, 2018), com auxílio das bibliotecas *ggplot2* (WICKHAM, 2016), *lme4* (BATES et al., 2015) e *emmeans* (LENTH, 2019).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de microscopia óptica foi possível observar diferenças nos tipos de esporos encontrados nas amostras, de cor e formato.



**Figura 1.** Imagem de diferentes tipos morfológicos de esporos micorrizicos observados durante a quantificação de esporos. Foi possível observar sete diferentes tipos morfológicos de esporos. A) Esporo amarelo; B) Esporo transparente; C) Esporo amarelo; D) Esporo amarelo; E) Esporo marrom e F) Esporo preto.

Embora não se tenha realizado a caracterização taxonômica é possível verificar a diversidade de cores dos esporos encontrados, sendo vistos esporos amarelos, marrons, pretos

e transparentes. É importante considerar que, esporos translúcidos visualizados podem ser de uma mesma espécie, porém em fase juvenil.

A partir da análise de *deviance* (Tabela 2) realizada, observa-se que houve diferença significativa para a fonte de variação genótipos ( $P \leq 0,001$ ), o que revela diferença entre a quantidade de esporos encontrada nos 10 genótipos de mandioca em estudo. Esse resultado corrobora com Straker (2009), que observou diferença entre a quantidade de esporos micorrizicos, quando estudou quatro cultivares em duas localidades diferentes da África do Sul.

Também foi verificada diferença significativa para a fonte de variação blocos ( $P \leq 0,001$ ), indicando assim que, quantidades diferentes de esporos micorrizicos foram observados em pelo menos um dos blocos experimentais. Vale ressaltar que os blocos se diferenciavam devido a presença ou ausência da inoculação de patógenos foliares.

**Tabela 1.** Resumo da análise de *deviance* de 10 genótipos de mandioca e 4 blocos quanto ao número de esporos de micorriza. Dourados - MS, UFGD, 2018.

F.V.	G.L.	<i>Deviance</i>	Média	Valor P
Genótipo	9	64,658	873,94	< 0,01 ***
Bloco	3	23,297		4,499e-15 ***

\*F.V: Fonte de variação; G.L: Grau de liberdade; \*\*\* a 0,001% de probabilidade.

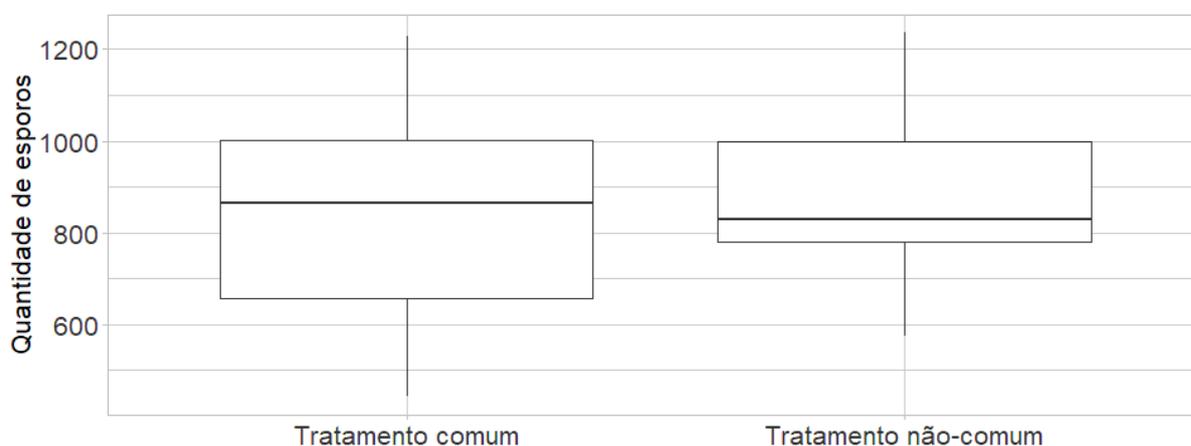
A significância nos fatores de variação em relação a quantidade de esporos de micorriza pode ser uma função de diferentes capacidades de estabelecimento da simbiose micorrízica. Isto pode ser atribuído aos eventos morfofisiológicos e bioquímicos que regulam a interação de plantas e fungos, juntamente com os fatores ambientais, como descritos por Costa e Lovato (2011). Esses eventos atuam na regulação da expressão gênica na planta hospedeira a fim de estabelecer a simbiose fungo-planta, alterações de ordens bioquímicas e moleculares nos hospedeiros vegetais na supressão de patógenos pelas micorrizas, regulação da população microbiana no solo em torno do sistema radicular.

Entretanto, outros atributos do solo não analisados neste trabalho também podem contribuir para a quantidade de esporos, dentre eles, a densidade do solo. Em solos fisicamente mais restritivos ao crescimento radicular pode-se haver maior micorrização, em função da necessidade da planta estabelecer a simbiose para a adaptação as condições edafoclimáticas, como demonstrado por Cordeiro et al. (2005) em um estudo sobre os efeitos de diferentes sistemas de manejo em duas classes de solo (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho). Constataram que, em áreas de cerrado sem interferência antrópica, nos

dois tipos de solo, houve menor colonização micorrízica e menor densidade de fungos micorrízicos arbusculares, em comparação às áreas agrícolas.

Balota et al. (1999) observaram a variação e diferença na densidade de esporos associados a cultura da mandioca encontradas no Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, sendo 159 a 384, 193 a 215 e 10 a 168, respectivamente, o valor observado nos dois primeiros estados foi considerado alto. Isto evidencia a grande variabilidade que pode ocorrer conforme as características físicas, químicas ou biológicas do solo. Neste estudo a média de esporos encontrada foi de 873,94 um aumento de 2,27% a mais que os esporos encontrados no Rio de Janeiro, o que indica que além do solo pode haver a capacidade dos genótipos em influenciar a esporulação (JANOS, 2007).

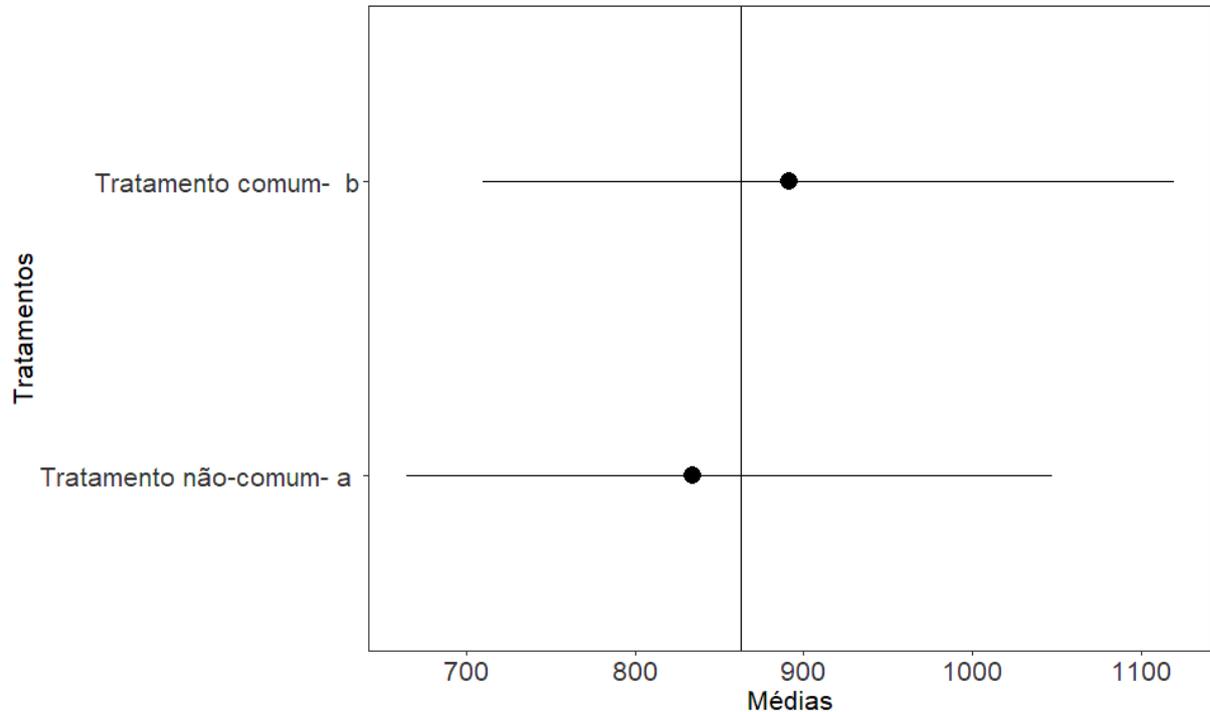
Os resultados do gráfico de boxplot (Figura 2) demonstram a variabilidade existente do número total de esporos micorrizicos entre tratamentos comuns e tratamentos não-comum. É possível notar que houve maior amplitude nos dados coletados em genótipos de tratamentos comuns em relação aos de tratamento não-comum. Isso pode ser explicado devido a influência do genótipo, pois segundo Janos (2007) a variabilidade genética existente entre genótipos de uma mesma espécie vegetal pode influenciar o grau de resposta à associação micorrízica e determinar amplitude das espécies de FMAs capazes de estabelecer simbiose.



**Figura 2.** Boxplot comparando o número de esporos micorrizicos observados nos tratamentos comuns (comercias) e tratamentos não comuns (clones BGM) da área experimental do Programa de Melhoramento de Mandioca da UFGD.

A diferença significativa constatada entre o tratamento comum, que reúne as cultivares comerciais Baianinha, IAC 576 e Kiriris, e o tratamento não-comum (clones experimentais), demonstrado na Figura 3 indica que cultivares comerciais influenciam na

obtenção de maiores quantidades de esporos de FMAs do que os clones experimentais. Vale ressaltar que o tratamento comum foi instalado no bloco controle 2, logo, não sofreram inoculação de fitopatógenos.

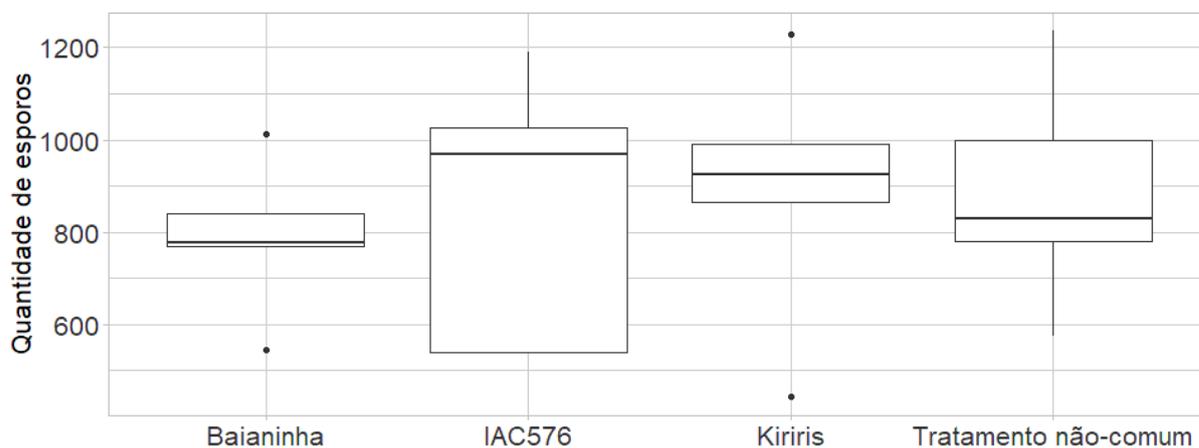


**Figura 3.** Gráfico de médias da quantidade de esporos coletadas em 10 genótipos divididos em tratamento comum e não-comum de mandioca. As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% e estão organizados em ordem decrescente. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.

Lovera e Cuenca (2007) observaram que, os efeitos provocados por distúrbios podem ocasionar na perda de diversidade de FMA. Já Bonfim (2011) observou que um elevado número de esporos pode estar associado às melhores condições do ambiente, desprovido de distúrbios e favorecendo a ciclagem mais eficiente dos nutrientes. Contudo, a interação fungo-planta também exerce uma grande influência na quantidade de esporos micorrizicos (JANOS, 1998).

É possível observar (Figura 4) que a testemunha IAC 576 apresenta uma alta variabilidade em relação a quantidade de esporos. Destaca-se o tamanho da amplitude e a dispersão da quantidade de esporos de fungo micorrizicos encontrados nas amostras. Esta

variabilidade pode ser atribuída as condições morfofisiológicas características e específicas da IAC 576, como a interação fungo-planta, alterações bioquímicas e moleculares nos simbiontes (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006).

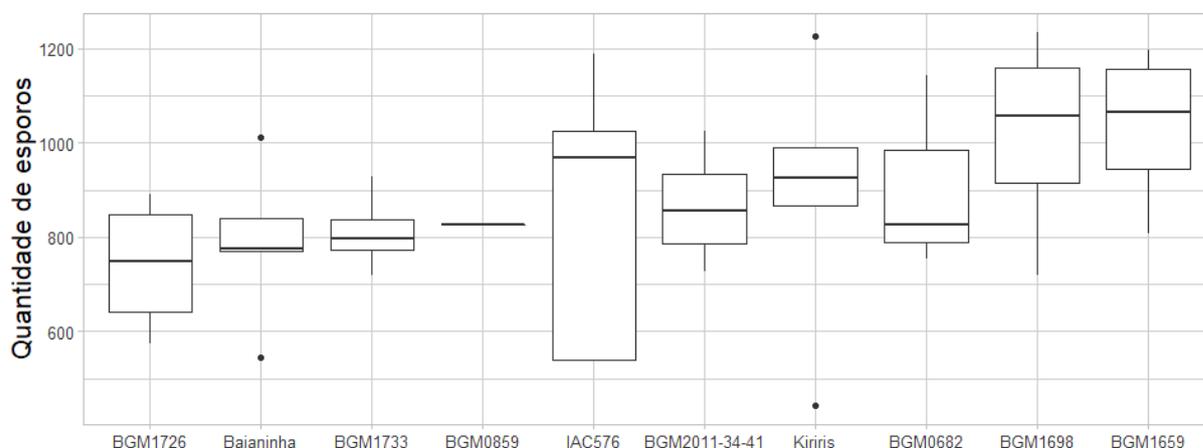


**Figura 4.** Boxplot do número de esporos observados em cultivares comerciais de mandioca (tratamentos comuns: Baianinha, IAC-576 e Kiriris) e os clones (tratamentos não-comum) pelo Programa de Melhoramento de Mandioca da UFGD.

Quando analisado individualmente, a quantidade de esporos presentes em cada genótipo, observa-se que valores medianos contrastantes de esporos de FMA são apresentados (Figura 5) pelos genótipos BGM 1726 e BMG 1659, sendo a menor e a maior média, respectivamente. O genótipo BGM 0859 é demonstrado pelo seu valor mediano, isto se deve a fatores abióticos e bióticos que influenciaram na coleta da amostra, impedindo que as demais amostras fossem coletadas.

A diversidade e variabilidade no número total de esporos observados são conferidas a forte influência exercida de cada genótipo em relação aos fungos micorrizicos. Ou seja, a combinação fungo-planta, assim como as características morfológicas, genotípicas e ambientais, que conferem os diferentes tipos de raiz e liberação de compostos orgânicos, condições estas que corroboram para a estrutura, desenvolvimento e multiplicação da comunidade micorriza presente (STRAKER, 2009; MOREIRA, 2006).

De acordo com Brundrett (1991) os principais fatores que afetam à capacidade de seleção dos fungos e sua multiplicação, são fatores climáticos, edáficos, a compatibilidade fungo-hospedeiro, sendo estas condições que podem alterar a comunidade de FMA.



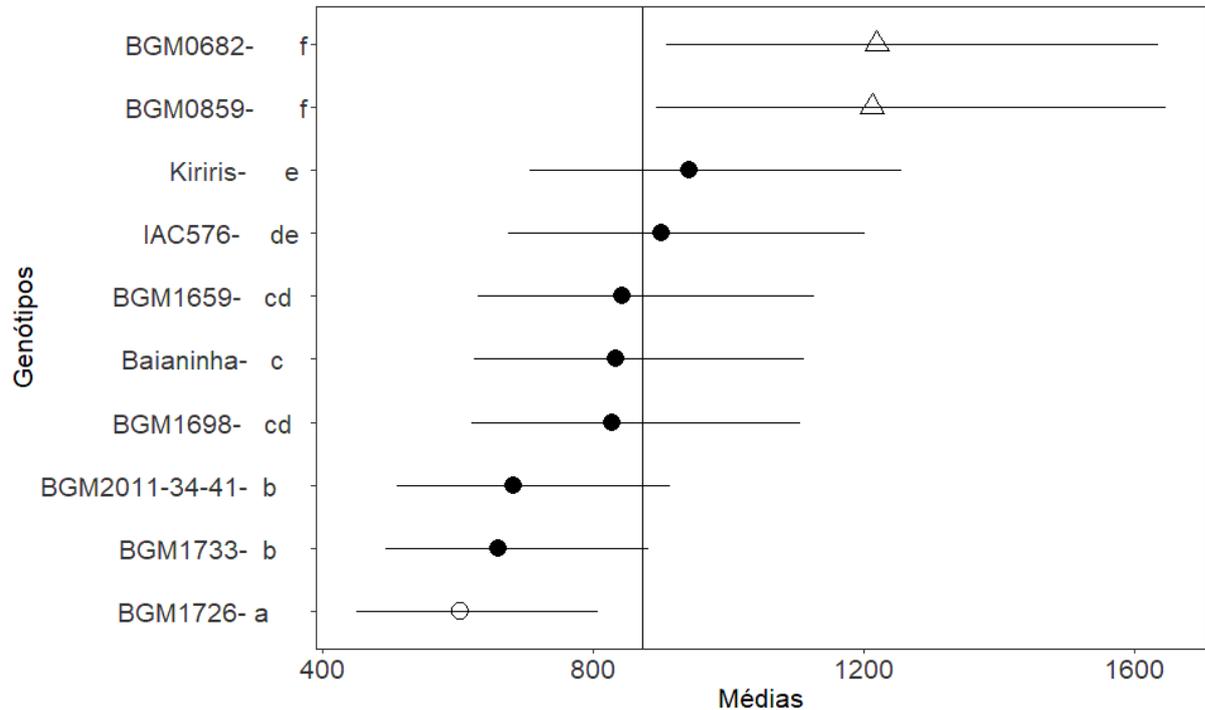
**Figura 5.** Boxplot da quantidade de esporos de 10 genótipos de mandioca coletados na área experimental do Programa de Melhoramento de Mandioca da UFGD.

A partir da análise de *deviance* e aplicação do teste de Tukey para comparação de médias com  $\alpha = 5\%$ , o gráfico de médias (Figura 6) mostra que, o genótipo BGM 0682 e BGM 0859 possuem a maior quantidade média de esporos micorrizicos, sendo estes clones experimentais. Isto revela que, possivelmente durante o avanço da seleção no programa de melhoramento genético, estes clones venham a se destacar em relação aos demais genótipos se os fatores edáficos e climáticos permanecerem os mesmos, visto a presença de mais fungos micorrizicos, o que favorece o melhor desenvolvimento dos genótipos.

Todavia, vale ressaltar que o genótipo BGM 0859 foi representado apenas por uma única amostra, possuindo uma média ajustada, logo seu desenvolvimento em campo pode ter variações e ser diferente do esperado.

A testemunha Kiriris apresenta a terceira melhor média, seguida dos genótipos BGM 1659 e BGM 1698 que ocupam a terceira maior média em relação a quantidade de esporos, sendo a testemunha IAC 576 intermediária a estes. Possuindo as menores médias de esporos estão o genótipo BGM 2011-34-41 e BGM 1733, que são estatisticamente iguais e por último o genótipo BGM 1726.

Conforme a disposição dos genótipos em uma classificação decrescente (Figura 6) de acordo com os valores médios de esporos de fungos micorrizicos, é possível fazer uma seleção dos genótipos quanto a influencia para a quantidade de esporos.



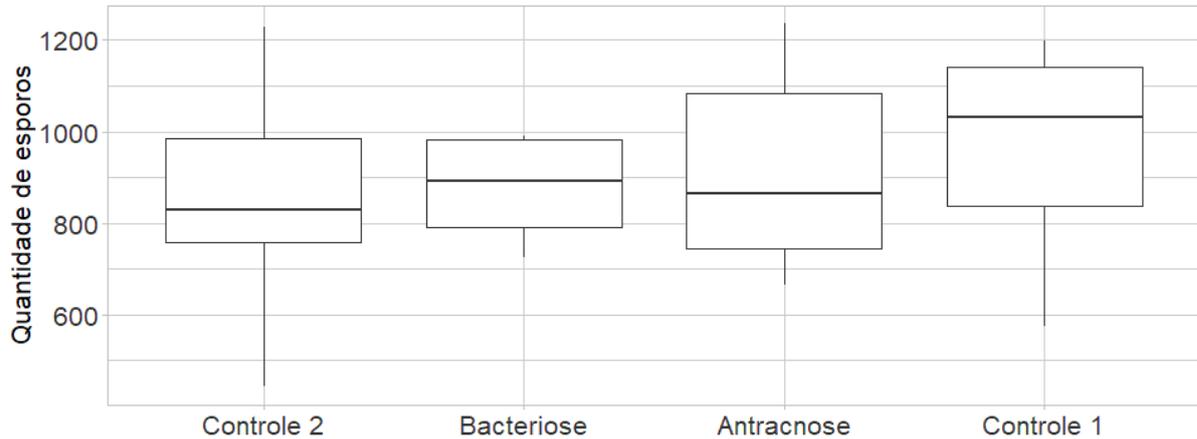
**Figura 6.** Gráfico de médias ajustadas referente ao número de esporos micorrizicos coletados em genótipos de mandioca. As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 % e estão organizados em ordem decrescente. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.

A diferença na quantidade de esporos encontrada nos diferentes genótipos pode ser atribuída a diversos fatores, dentre eles a relação das plantas hospedeiras, condições ambientais e do solo, a condição de especificidade e as espécies de fungos micorrizicos predominantes, que desempenham forte influência na colonização e no número de esporos de FMAs (SILVEIRA e FREITAS, 2007).

Como demonstrado na Tabela 2, os blocos experimentais e os genótipos se diferem significativamente, exercendo assim influência na quantidade total de esporos encontrados. Na Figura 7 podemos verificar a variação na quantidade e amplitude do número total de esporos .

As alterações bióticas e abióticas do ambiente edáfico causam significativas modificações nas comunidades fúngicas, o que pode alterar a distribuição, quantidade e a dominância das espécies, além da modificação na vegetação (raízes) e nas propriedades químicas do solo (FOLLI et al., 2012).

Na análise gráfica demonstrada na Figura 7, percebe-se a variabilidade de amplitude entre os diferentes blocos, demonstrando que os valores de esporos encontrados variam conforme a fitossanidade e disposição dos blocos.



**Figura 7.** Boxplot da quantidade de esporos coletadas em 10 genótipos de mandioca obtidos em quatro blocos experimentais, sendo dois com inoculação de doenças foliares, bloco controle 1 e 2.

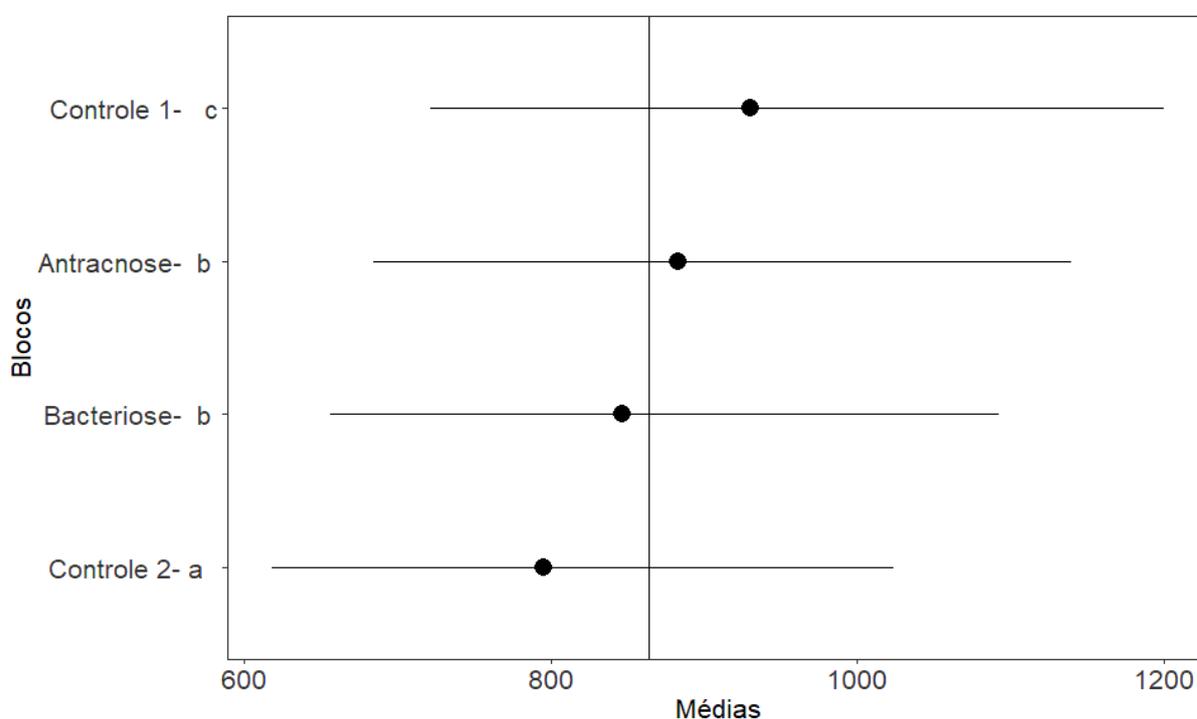
Por meio do gráfico de médias (Figura 8) observa-se a influência da posição de blocos sobre a quantidade de esporos, visto que o bloco referente ao Controle 1, obteve a maior quantidade de esporos, enquanto que o bloco controle 2 foi o que apresentou menor quantidade de esporos. Um fator importante é a localização onde se encontra o bloco controle 1, sendo este mais próximo dos blocos que sofreram inoculação. Smith e Read (2008) discorrem que sob diferentes condições de estresse, a maioria das plantas superiores são colonizadas por FMAs, para beneficiar o crescimento da planta.

A maior quantidade de esporos FMAs encontrados em blocos sob inoculação em relação bloco controle 2 pode ser possivelmente explicado através das estratégias e mecanismos dos fungos micorrizicos a fim de auxiliar a planta a resistir e/ou tolerar o fitopatógeno (MAIA et al., 2005). A competição direta entre FMAs e patógenos; regulação da população microbiana no solo em torno do sistema radicular são mecanismos descritos por Costa e Lovato (2011).

Estudos relatam a competição por área de infecção de colonização e alimento, em uma relação de mecanismo contra patógenos radiculares (LINDERMAN, 1994). No entanto, todas as partes da planta micorrizada são influenciadas e beneficiadas pela presença e

colonização, embora a presença do fungo micorrízico esteja restrita à região das raízes (DUGASSA et al., 1996). Todavia, Sampaio (2012) observou que as diferentes densidades de esporos de FMA inoculados no solo não influenciaram o índice de severidade da doença do mal-do-Panamá em mudas de banana-maçã.

Os blocos inoculados com *Colletrotrichum gloeosporioides*, fungo causador da antracnose e *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis*, bactéria causadora da bacteriose na mandioca não se diferem estatisticamente, logo, independente da inoculação de um desses fitopatógenos, a quantidade de esporos micorrizicos não foi influenciada.



**Figura 8.** Gráfico de médias da quantidade de esporos coletadas em 10 genótipos de mandioca obtidos em quatro blocos experimentais, sendo três com inoculação de doenças foliares e o bloco controle. As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% e estão organizados em ordem decrescente. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.

As amostras de solo corroboraram para a caracterização dos atributos químicos, sendo verificada significância ( $P \leq 0,05$ ), das variáveis nos blocos e genótipos, conforme é demonstrada na Tabela 3. Foi observado que para a fonte de variação blocos somente a

variável matéria orgânica não se diferiu, logo a quantidade de matéria orgânica não sofre influência dos diferentes blocos. Enquanto que para a fonte de variação genótipos, a quantidade de cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) e porcentagem de saturação de bases (Sat.Bases (V%)) não apresentaram diferença significativa.

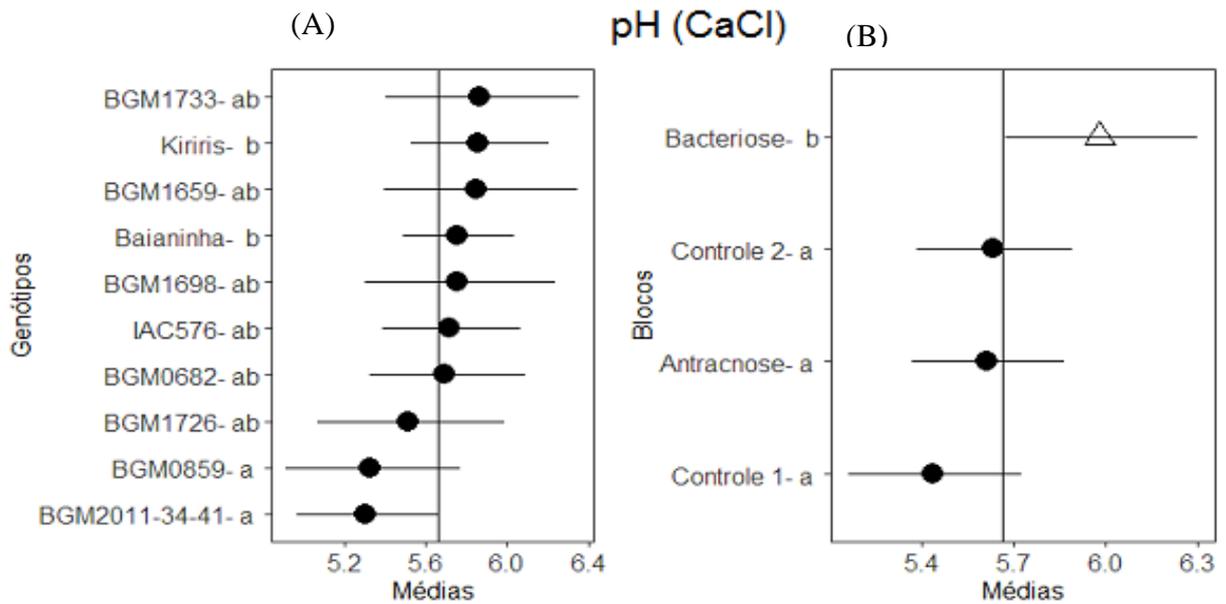
**Tabela 2.** Resumo da análise de *deviance* das 39 amostras de solo quanto aos atributos químicos, sendo pH extraído pelo cloreto de cálcio (pH(CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), hidrogênio+alumínio (H+Al). Dourados - MS, UFGD, 2018.

F.V.	G.L.	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O.(g/dm <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	H+Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )
Genótipo	9	2.945e-05 ***	0.01329 *	1.115e-08 ***	5.470e-10 ***	0.0007889 ***
Bloco	3	1.448e-05 ***	0.79896	1.068e-05 ***	1.333e-11 ***	0.0001649 ***

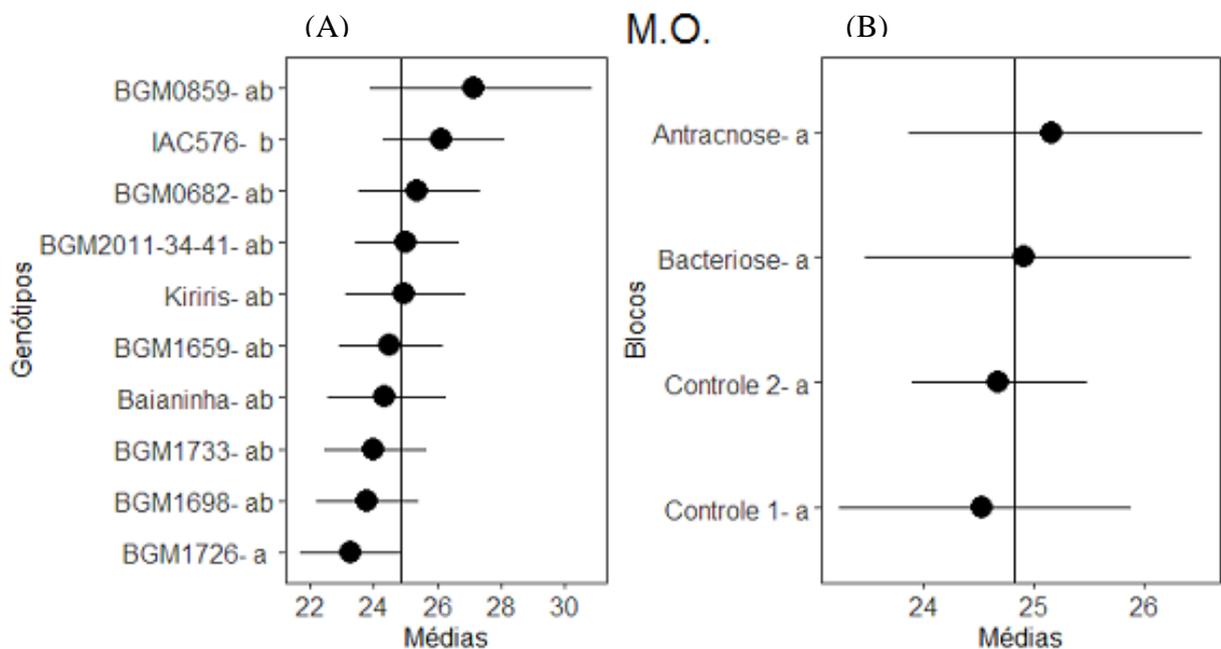
\*F.V: Fonte de variação; G.L: Grau de liberdade; \*\*\*, \*\*, \* a 0,001, 0.01 e 0.05% de probabilidade.

Esses resultados evidenciam que, de forma geral, não havia homogeneidade nos atributos químicos do solo sob os genótipos e blocos. Vale destacar que entre os atributos químicos o pH, teor de M.O., P., K. são relatados na literatura.

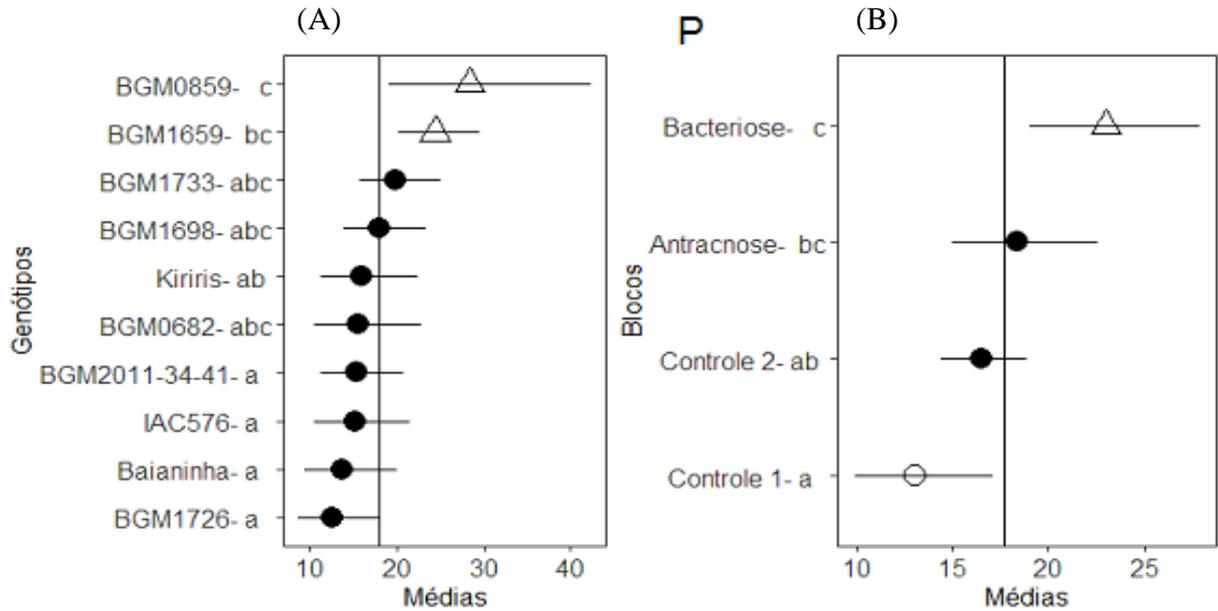
Por meio dos gráficos apresentados nas Figuras 9 - 13, é possível observar a diferença entre as médias para as variáveis, conforme blocos e genótipos nos quais houve diferença significativa. Isto indica que, alguns genótipos e blocos apresentaram quantidades diferentes quanto aos atributos químicos, sendo verificado conforme as diferentes médias, pela aplicação do teste de Tukey (5%).



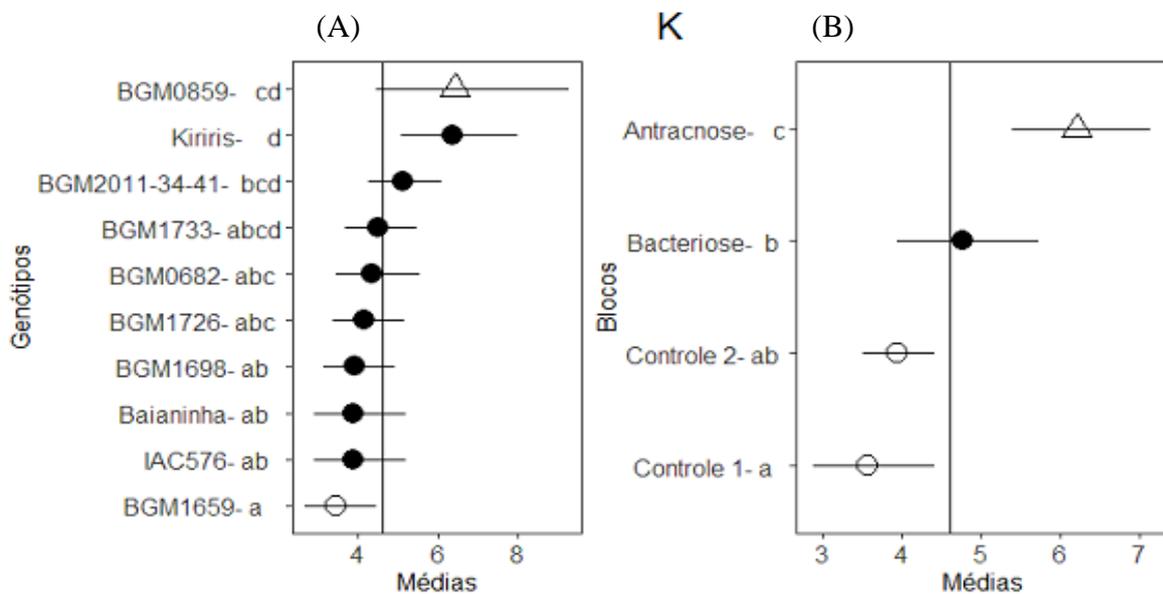
**Figura 9.** Gráfico de médias referente ao pH extraído pelo cloreto de cálcio (pH (CaCl<sub>2</sub>)) nas amostras de solo coletado nos diferentes genótipos de mandioca (A) e blocos de mandioca (B). Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.



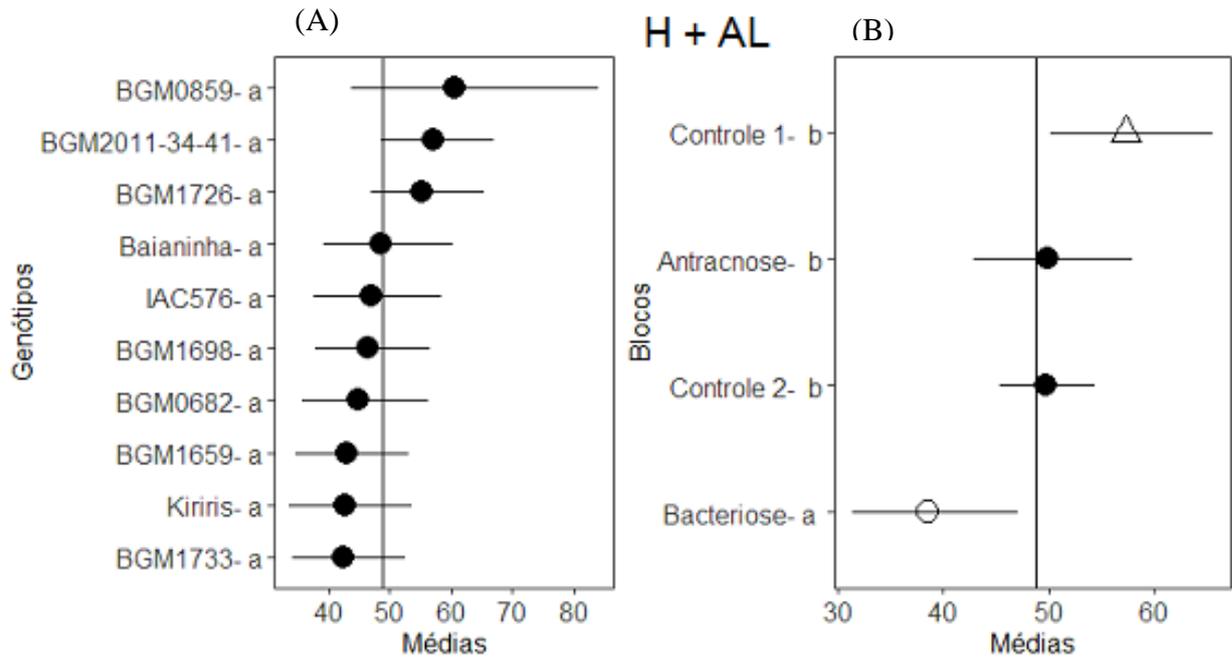
**Figura 10.** Gráfico de médias referente a quantidade de matéria orgânica (M.O.) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.



**Figura 11.** Gráfico de médias referente a quantidade de fósforo (P) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (•): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.

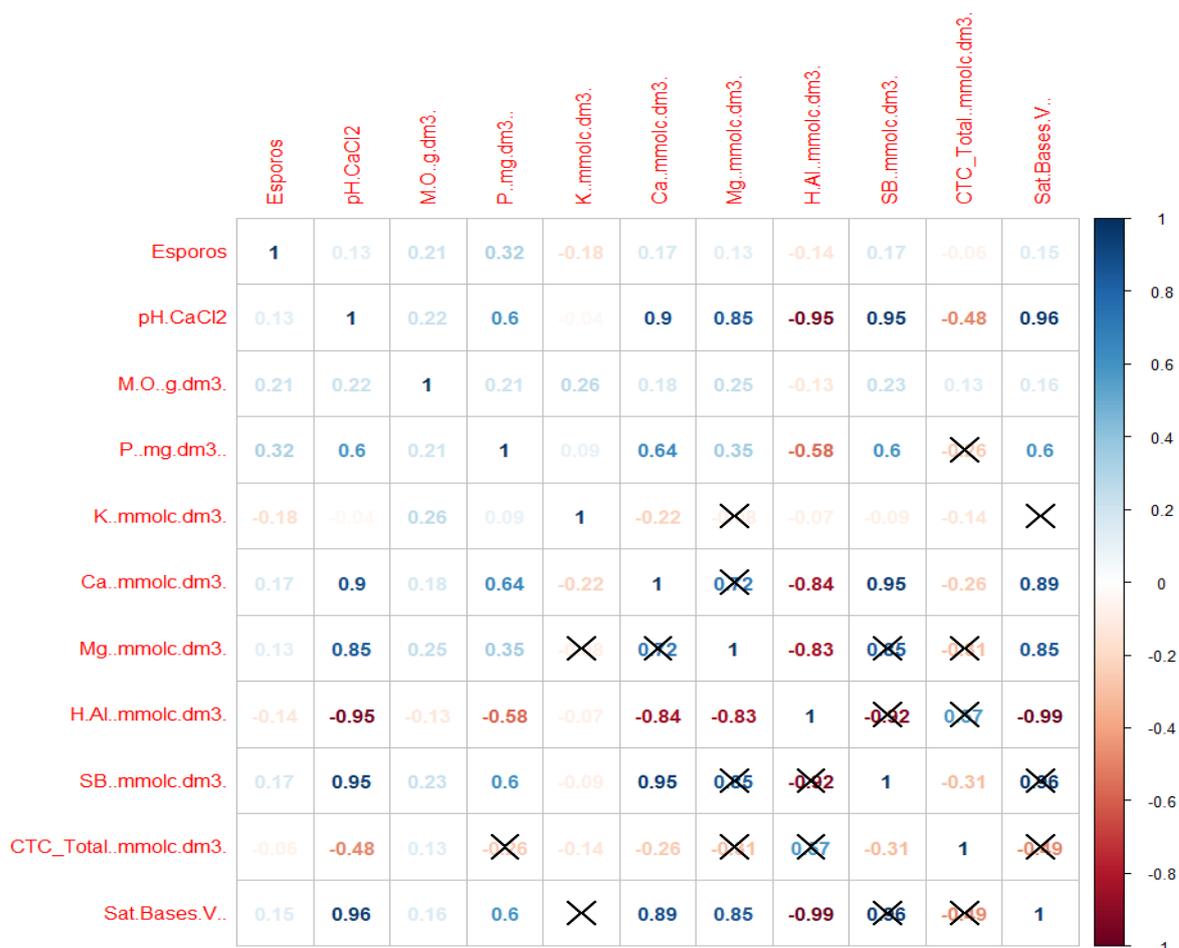


**Figura 12.** Gráfico de médias referente a quantidade de potássio (K) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (•): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.



**Figura 13.** Gráfico de médias referente a quantidade de hidrogênio+alumínio (H+Al) nas diferentes amostras de solo coletadas. (A) Genótipos de mandioca e (B) Blocos de mandioca. Círculo fechado (●): iguais a média geral; Círculo aberto (○): inferiores a média geral; Triângulo (Δ): superior a média geral.

No entanto, os atributos químicos do solo diferirem estatisticamente nos genótipos e blocos, foram constatadas correlações de fraca magnitude (HULLEY et. al., 2003) entre as características químicas do solo e a quantidade de esporos (Figura 14), sendo encontradas correlações positivas e negativas. As correlações positivas variaram de 0.13 a 0.32, para pH extraído pelo cloreto de cálcio (pH(CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) e porcentagem de saturação de bases (Sat.Bases(V%)). As correlações negativas foram verificadas para potássio (K), hidrogênio+alumínio (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC), sendo ambos não significativos



**Figura 14.** Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre a quantidade de esporos e os atributos químicos do solo coletados em experimento de Mandioca. O símbolo (X) indica uma correlação não significativa (valor  $P < 0,05$ ).

Apesar das diferenças significativas de alguns nutrientes no solo sob genótipos e blocos, não houve efeito dos atributos químicos sobre a quantidade de esporos. Logo, os atributos químicos do solo não exerceram influência na quantidade de esporos dos genótipos analisados. Todavia, Silva et al. (2006) observaram que a fertilidade do solo exercem significativa influência na ocorrência de espécies e quantidade de esporos de fungos micorrízicos.

## 6. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos neste estudo, é possível concluir que os genótipos analisados influenciaram na quantidade de esporos micorrizicos, assim como a disposição no ambiente, visto que não houve correlação entre os atributos químicos.

Embora não tenha sido realizada identificação taxonômica dos esporos, os diferentes tipos morfológicos observados demonstram a existência de uma diversidade de esporos micorrizicos que podem ser encontrados em uma área de cultivo de mandioca.

Dos dez genótipos analisados, os genótipos BMG 0682 e BGM 0859 apresentaram a maior média, inferindo assim que eles possuíram maiores influencia para a quantidade de esporos. Todavia, os genótipos em fase de seleção apresentaram menor quantidade de esporos de FMAs quando comparado com os genótipos comerciais.

No entanto, os blocos analisados também exercem influencia sobre a quantidade de esporos. O bloco Controle 1 obteve a maior quantidade de esporos micorrizicos, enquanto que o bloco controle 2 obteve a menor média de esporos micorrizicos, indicando que, possivelmente a localização e a física do solo possam ter influenciado sobre a esporulação dos fungos micorrízicos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos mais específicos sobre a influência dos genótipos e dos fitopatógenos em relação a quantidade de esporos são necessários, assim como a identificação taxonômica da diversidade de esporos micorrizicos, visto que as diferentes espécies de fungos contribuem e possuem especificidades diferentes conforme o genótipo, sendo necessário um estudo a longo tempo. A realização de avaliações referente a sanidade das plantas é de extrema importância, afim de se constatar a influencia dos esporos micorrizicos no desenvolvimento da planta sob inoculação de fitopatógenos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. In R. J. Hillocks, J. M. Thresh, & A. C. Bellotti. **Cassava: biology, production and utilization** (p. 67-89). Oxon, UK: CABI Publishing, 2002.
- ALVES, M.C. et al. Recomendações técnicas para o cultivo da mandioca. In: Lira MA, Chagas MCM, Lima JMP, Holanda JS, editores. **Culturas alimentares na agricultura familiar**. Natal: Emparn; 2009.
- AZEVEDO, J. M. A. de et al. Riqueza e frequência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em genótipos de amendoim forrageiro no Acre, Norte do Brasil. **Acta Amazonica, Manaus**, v. 44, n. 2, p. 157-168, 2014.
- BALOTA, E. L. et al . Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília , v. 34, n. 7, p. 1265-1276, 1999.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**. Campinas, v. 70, n. 1, p. 166-175, 20, 2011.
- BATES, D.; Martin Maechler, Ben Bolker, Steve Walker (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, 67(1), 1-48.
- BERTOLAZI, A. A. et al. O papel das ectomicorrizas na biorremediação de metais pesados no solo. **Natureza on line**. v. 8, p. 24-31, 2010.
- BONFIM, J. A. Diversidade de fungos micorrizicos arbusculares em áreas restauradas de Mata Atlântica, São Paulo, Brasil. 2011. 92 p. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- BURNS, A. et al. Cassava: The Drought, War and Famine Crop in a Changing World. **Sustainability** 2010, 2, 3572-3607.
- BRUNDRETT, M.C. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. **Advances in Ecological Research**, 21, 171-313. 1991.
- CANTON, G. C. Efeito do manganês sobre a ecofisiologia e bioquímica de ectomicorrizas. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) - Universidade de Vila Velha, Vila Velha, ES, 2012.
- CAVAGNARO, T. R.; Bender, S. F.; Asghari, H. R.; Heijden, M. G. A. van der. The role of arbuscular mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. **Trends in Plant Science**. 2015
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – **BOLETIM DA MANDIOCA**, AGOSTO de 2018. Piracicaba. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0067577001538487395.pdf>. Acesso em: 6 de Set. 2019.

CÔELHO, J. D. **PRODUÇÃO DE MANDIOCA – RAIZ, FARINHA E FÉCULA**. Ano 3, Nº 44, Setembro de 2018. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4049480/44\\_Mandioca.pdf/08b8f0c3-b88b-4d40-d5ec-4e2620bdcddde](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4049480/44_Mandioca.pdf/08b8f0c3-b88b-4d40-d5ec-4e2620bdcddde). Acesso em: 6 de Set. 2019.

COLODETE C. M.; DOBBS L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza online**, v. 12, n. 1, p. 31-37, 2014.

COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 39-56.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **HISTORICO MENSAL DE MANDIOCA**: Análise mensal, Fevereiro de 2018. : Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca>. Acesso em: 8 de Set. de 2019.

CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. & SAGGIN JÚNIOR, O.J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2005.

COSTA, I. R. S.; Morales, E. A V. Cassava genetics in South America. In: **Report of the first meeting of the International Network for Cassava Genetic Resources**, held at CIAT, Cali, Colombia, 18-23 August, 1992. IPGRI, Rome, 1994, p. 16-20.

COSTA, M.D.; LOVATO, P.E. Micorrizas arbusculares e a supressão de patógenos. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A.L. & GATIBONI, L.C., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6 , 2011. p.119-139.

DUGASSA, G.D.; VON ALTEN, H; SCHÖNBECK, F. Effects of arbuscular mycorrhiza (AM) on health of *Linum usitatissimum* L. infected by fungal pathogens. **Plant and Soil** 185: 173-182. 1996.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.

EMBRAPA ALGODÃO. **Para Entender Micorrizas Arbusculares**, por Lúcia Vieira Hoffmann e Valeska Silva Lucena . Campina Grande, 2006. 22p. (Embrapa Algodão. Documentos, 156)

FAO. Produzir mais com menos: mandioca – um guia para a intensificação sustentável da produção. [Rome], 2013. (**Informe de Política**).

FAO. 2018 **Food Outlook** - Biannual Report on Global Food Markets – November 2018. Rome. 104 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FOLLI-PEREIRA, M. S. et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, 2012.

FUKUDA, W.M.G. **Melhoramento genético de mandioca para adaptação em diferentes ecossistemas**. Cruz das Almas, Embrapa/Cnpmf, 1986.

FUKUDA, C.: Principais doenças de mandioca. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (Ed). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; UNIDERP, 2002 p. 191-204.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 6, p. 235-246, 1963.

GOMIDE, P. H. O.; Santos, J. G. D.; Siqueira, J. O.; Soares, C. R. F. S. Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2009.

GUADARRAMA, P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F.J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest. **Mycorrhiza**, 8:267-270,1999.

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.

HULLEY, S.B.; Cummings, S.R.; Browner, W.S.; Grady, D.; Hearst, N.; Newman, T.B. Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica. 2ª Ed. Porto Alegre: **Editora Artmed**; 2003.

IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2018 - SIDRA**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acesso em: 9 de Set. de 2019.

IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2019 - SIDRA**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acesso em: 15 de Set. de 2019.

INVAM - **International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi**. Disponível em: < <https://invam.wvu.edu/> >. Acesso em: 17 de Nov. de 2019.

JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry are temperate-zone approaches appropriate? In: Ng, F.S.P. (Ed.). Trees and mycorrhiza. **Forest Research Institute**, Kuala Lumpur, 133-188p. 1988.

JANOS, D.P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. **Mycorrhiza**, 2007.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, p.692, 1964.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN, A.F. Manual de Fitopatologia - Doenças das plantas cultivadas. 4º ed. São Paulo: **Agronômicas Ceres**, 2005. p 542.

LENTH, R. Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.3.4.2019. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

LINDERMAN, R.G. Role of VAM fungi in biocontrol. In: Pflieger, F.L.; Linderman, R.G. (Eds.) **Mycorrhizae and Plant Health**. St. Paul: APS Press. 1994. pp.1-25.

LOVERA, M.; CUENCA, G. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (hma) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, venezuela. **INTERCIENCIA**, Caracas , v. 32, n. 2, p. 108-114, 2007 .

MAIA, L. C et al. Interação entre Fungos Micorrizicos Arbusculares e Patógenos Radiculares. In: MICHEREFF, S.J. et al. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, 2005. p.183 - 205.

MARSCHNER, H.; Dell, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v.159, p.89-102, 1994.

MDIC - **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)**. Agrostat. Disponível em:[http:// sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html](http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html). Acesso em: 8 de Set. de 2019.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de cerrado. Planaltina, DF: EMBRAPA, 2005. 3p.(EMBRAPA-CPAC. **Comunicado Técnico**, 114 )

MIRANDA, J. C. C.; FIALHO, J. F.; MIRANDA, L. N. Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da mandioca na região do Cerrado.Planaltina, DF: EMBRAPA, 2005. 4p.(EMBRAPA-CPAC. **Comunicado Técnico**, 119).

MIRANDA, J.C.C. Cerrado: Micorriza arbuscular, ocorrência e manejo. Planaltina, **Embrapa Cerrados**, 2008. p.169.

MOREIRA, F. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. da UFLA, 2006.

NASCIMENTO, J. M. L. do et al . 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.

NOGALES, A.; AGUIRREOLEA, J.; MARIA, E. S.; CAMPRUBI, A.; CALVET, C. Response of mycorrhizal grapevine to *Armillaria mellea* inoculation: disease development and polyamines. **Plant and Soil**, v. 317, p.177-187, 2009.

NOVAIS, C. B.; SOUZA, F. A.; SIQUEIRA, J. O. Caracterização fenotípica e molecular de esporos de fungos micorrizicos arbusculares mantidos em banco de germoplasma. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 806-896, 2010.

NUNES, M. S. et al. Colonização micorrízica natural de porta-enxertos de citros em campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília , v. 41, n. 3, p. 525-528, Mar. 2006 .

OLIVEIRA,S. A. S. et al. Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento. Cruz das Almas, BA : **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2016.

PINWEHA, N. et al. Involvement of miR160/miR393 and their targets in cassava responses to anthracnose disease. **Journal of Plant Physiology**, v. 174, p. 26–35, 2015.

RAMOS, A. C. et al .An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. **Braz. J. Plant Physiol.**, Londrina , v. 23, n. 1, p. 79-89, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. URL <https://www.R-project.org/>.

REQUENA, N.; BREUNINGER, M.; FRANKEN, P.; OCÓN, A. Symbiotic status, phosphate, and sucrose regulate the expression of two plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase genes from the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Plant Physiology**, v.132, p.1540-1549, 2003.

RILLIG MC, Aguilar-Trigueros CA, Bergmann J, Verbruggen E, Veresoglou SD, Lehmann A. Plant root and mycorrhizal fungal traits for understanding soil aggregation. **New Phytol**. 2015.

RUBIN, J. G. K. R.; STURMER, S. L. POTENCIAL DE INÓCULO MICORRÍZICO E IMPORTÂNCIA DO COMPRIMENTO DO MICÉLIO PARA A AGREGAÇÃO DE SOLOS DE AMBIENTE FLUVIAL. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa , v. 39, n. 1, p. 59-68, fev. 2015 .

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

SAMPAIO, D. B. et al . Colonização micorrízica arbuscular e tolerância ao mal-do-Panamá em mudas de banana-maçã. **Revista de Ciência Agronômica**, Fortaleza , v. 43, n. 3, p. 453-469, Sept. 2012 .

SANTOS, H. G. dos et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Revista e Ampliada – Brasília, DF : **Embrapa**, 2013. 353 p.

SELOSSE, M. A.; BAUDOIN, E.; VANDENKOORNHUYSE, P. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *CR Biol.*, 327:639-648, 2004.

SILVA, C.F. da; Pereira, M.G.; Silva, E.M.R. da; Correia, M.E.F.; Saggin-Junior, O.J. 2006. 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, janeiro/março 2006.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 312 p.

SMITH, S. E.; READ, D. J. Mycorrhizal symbiosis. 3. ed. Boston: **Academic Press**, 2008. 787 p.

SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. Fungos Micorrízicos Arbusculares: muito mais Diversos do que se Imagina. IN: MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Lijbert). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Ed.UFLA, 768 p, 2008.

STRAKER, C. J.; HILDITCH, A. J; REY, M. E. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in South Africa. **South African Journal of Botany**. Volume 76, Issue 1, January 2010, Pages 102-111.

STÜRMER, S.L.; SIQUEIRA, J.O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L., eds. **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford, CABI-Pub., 2006. p.206-236.

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.

WOKOCHA, R. C.; NNEKE, N. E. Cassava anthracnose disease and varietal screening for resistance in Akwa Ibom State of Nigeria. **Journal of Agricultural Science and Technology**, 2011.

YANG, F.Y. et al. Geographical and plant genotype effects on the formation of arbuscular mycorrhiza in *Avena sativa* and *Avena nuda* at different soil depths. **Biology and Fertility of Soils**, 2010.

## 9. ANEXO

**ANEXO 1.** Mapa de campo do cultivo de mandioca safra 2017/2018 na área experimental do Programa de Melhoramento da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>
<b>B</b>	Antracnose	<b>B</b>	Bacteriose	<b>B</b>	C1	<b>B</b>	C2	<b>B</b>

B: Bordadura; C1: Controle 1; C2: Controle.