



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

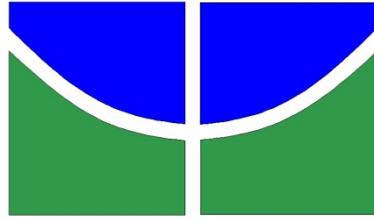
**ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE CINCO GRAMÍNEAS  
NATIVAS DO CERRADO ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES**

**Yasmin Paim de Melo Costa da Silva**

**Brasília, 13 de abril de 2022**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

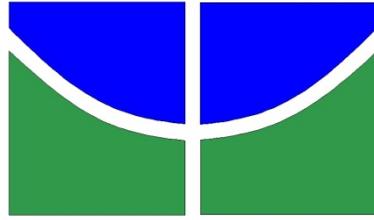
**ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE CINCO GRAMÍNEAS  
NATIVAS DO CERRADO ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES**

**Yasmin Paim de Melo Costa da Silva**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Prof. Dr. Júlio Barêa Pastore

Brasília-DF, 13 de abril de 2022



**Universidade de Brasília - UnB**  
**Faculdade de Tecnologia - FT**  
**Departamento de Engenharia Florestal – EFL**

**ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE CINCO GRAMÍNEAS NATIVAS  
DO CERRADO ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES**

Estudante: Yasmin Paim de Melo Costa da Silva, matrícula 16/0020417

Menção: \_\_\_\_\_

Aprovada por:

\_\_\_\_\_

Prof. Alessandra Monteiro de Paula

Membro da banca

\_\_\_\_\_

Prof. Rosana de Carvalho Cristo Martins

Membro da banca

\_\_\_\_\_

Prof. Júlio Barêa Pastore

Orientador

Brasília, 13 de abril de 2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

SS586a	Silva, Yasmin Paim de Melo Costa Análise do crescimento de cinco gramíneas nativas do Cerrado associadas a fungos micorrízicos arbusculares / Yasmin Paim de Melo Costa Silva; orientador Júlio Barêa Pastore. -- Brasília, 2022. 56 p.
	Monografia (Graduação - Engenharia Florestal) -- Universidade de Brasília, 2022.
	1. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA). 2. germinação de sementes. 3. restauração. 4. paisagismo. I. Pastore, Júlio Barêa, orient. II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Yasmin Paim de Melo Costa (2022). **ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE CINCO GRAMÍNEAS NATIVAS DO CERRADO ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 56 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR(A): Yasmin Paim de Melo Costa da Silva

TÍTULO: *Análise do crescimento de cinco gramíneas nativas do Cerrado associadas a fungos micorrízicos arbusculares*

GRAU: Engenheiro(a) Florestal

ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Nome do(a) Autor(a)

[yasminpaimcs@gmail.com](mailto:yasminpaimcs@gmail.com)

## AGRADECIMENTOS

Ao meu querido Cerrado, pela sua força, biodiversidade encantadora e por ser “donde” pertence. Que nunca se limite ao horizonte!

Agradeço aos meus pais e à minha irmã, pelo apoio e ensinamentos. Em especial, à minha mãe que sempre esteve ao meu lado.

Aos meus avós que me ensinaram a ter prazer em estar em contato com a natureza e conhecer as plantas.

Aos colegas do curso de Engenharia Florestal por compartilharem suas jornadas acadêmicas comigo e tantos momentos de descobertas da vida. Em especial, às minhas queridas amigas, Ellen Dourado, Flavia Katarine e Lílian de Queiroz, pela parceria e vivências que vão além da universidade.

À Aline Arrorellas, parceira de pesquisa que compartilhou momentos de aprendizados valiosos comigo e, especialmente, pelo esforço em seguir com este trabalho em tempos de pandemia.

Ao meu orientador Júlio Barêa Pastore pela oportunidade de pesquisa, motivação e por todos os conhecimentos, expedições ao Cerrado e experiências compartilhadas que me proporcionou ao longo deste caminho. Me ensinou a desbravar a poética do Cerrado.

À professora Alessandra Monteiro, pela orientação e apoio nos laboratórios e análises estatísticas.

Ao projeto de extensão Beija-FAL e aos estágios no Departamento de Botânica-UnB, pelas experiências de grande construção social e acadêmica.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal-FAPDF pela bolsa concedida.

Agradeço a Universidade de Brasília por ser um espaço único e transformador.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho!

Por fim, agradeço a mim mesma por toda dedicação. Eu nunca desisti.

*“Sertão. Sabe o senhor: sertão é onde o pensamento da gente  
se forma mais forte do que o poder do lugar.”*

(Guimarães Rosa)

## RESUMO

SILVA, Yasmin Paim de Melo Costa (SILVA, Y.P.M.C.) **ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE CINCO GRAMÍNEAS NATIVAS DO CERRADO ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

As gramíneas nativas do Cerrado são de alta relevância ecológica e econômica para a restauração do Cerrado e uso no paisagismo. Da mesma forma, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) apresentam grande potencial para o manejo sustentável do solo. A associação entre essas espécies é valiosa para práticas sustentáveis; porém, pesquisas sobre essa interação são incipientes. O presente estudo buscou analisar a taxa de germinação, o crescimento em altura e a taxa de colonização micorrízica arbuscular de cinco gramíneas nativas do Cerrado com potencial ornamental. O experimento foi conduzido no viveiro da prefeitura da Universidade de Brasília – UnB (PRC), localizado no Campus Universitário Darcy Ribeiro, Distrito Federal – DF. Foram montados 50 vasos de PVC preenchidos igualmente com 10 litros (L) de substrato, Latossolo Vermelho de subsolo e foram separados em dois blocos de tratamento. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas constituídas da inoculação ou não com solo contendo esporos de fungos micorrízicos arbusculares coletado em área de Cerrado natural e, as subparcelas compostas de 5 espécies de gramíneas nativas do Cerrado: *Aristida longifolia* Trin., *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert, *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé, *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé e *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze. A partir da sementeira direta das gramíneas, o monitoramento da germinação e crescimento foi realizado mensalmente por medição simples totalizando 8 medições. Por último, foi realizada a estimativa de colonização por micorrizas pelo método Brundrett *et al.* (1996). As espécies *Loudetiopsis chrysothrix*, *Paspalum stellatum* e *Trachypogon spicatus* foram consideradas promissoras para projetos de paisagismo e de restauração do Cerrado com base no seu notável crescimento e desenvolvimento. Somente a espécie *Aristida longifolia* apresentou melhora significativa na taxa de germinação com a adição de esporos micorrízicos. Houve efeito micorrízico sobre o crescimento em altura das espécies *Paspalum stellatum* e *Trachypogon spicatus* no período da seca. Espera-se que as informações obtidas subsidiem atividades de projeto, implantação e manejo de áreas verdes e/ou degradadas com espécies nativas do Cerrado.

**Palavras-chave:** Fungos micorrízicos arbusculares (FMA); germinação de sementes; restauração; e paisagismo.

## ABSTRACT

SILVA, Yasmin Paim de Melo Costa (SILVA, Y.P.M.C.) **GROWTH ANALYSIS OF FIVE NATIVE GRASS OF THE CERRADO ASSOCIATED WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI.** Monograph (Forest Engineering Degree ) – University of Brasília, Brasília, DF.

The native Cerrado grasses (gramineous) are highly relevant to the ecological and economical restoration of the Cerrado vegetation and landscape design. Likewise, the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF - soil-borne fungi) can contribute to the sustainable use of soil. These species association is crucial for sustainable practices; however, researches on the topic are still on a first stage. The present experimental research aimed to analyse the data and statistics about the plants sprouting and germination, the height growth, and the numbers for AMF colonization of five native Cerrado grasses which can be used in landscape design. The experiment was carried out at the University of Brasilia plant nursery, located at the University Campus Darcy Ribeiro, Federal District – DF, Brazil. Fifty vinyl vases were filled equally with 10 liters of substrate - red latosol (tropical soil) from the subsoil – and were divided into two treatment groups. The experimental alignment adopted was completely randomized in a split-plot scheme consisting of whether AMF was or not inoculated in the soil collected in native Cerrado area; the subplots were composed of 5 grasses species native from Cerrado: *Aristida longifolia* Trin., *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert, *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé, *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé, and *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze. From the direct grasses sowing, it was possible to monitor the sprout, seeding, germination and growth of the plants. Data was taken monthly by simple measurement, totalling eight sets of data. At last, the AMF colonization was estimated using the method Brundrett *et al.* (1996). The species *Loudetiopsis chrysothrix*, *Paspalum stellatum* and *Trachypogon spicatus* were considered to have the best potential for landscape design and projects to restore the Cerrado based on their remarkable growth and development. Only the specie *Aristida longifolia* presented a significant improvement in the germination rate due to using AMF as compost. Nonetheless, AMF had an effect on the height growth of the species *Paspalum stellatum* and *Trachypogon spicatus* during the dry season. It is expected that data and information obtained from this research will help to subsidize projects of implementation and management of green and/or degraded areas with native species of the Cerrado.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), seed germination, restoration, landscape design and architecture.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Espécie: <i>Aristida longifolia</i> Trin.	20
<b>Figura 2.</b> Espécie: <i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert Poaceae	21
<b>Figura 3.</b> Espécie: <i>Paspalum carinatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flüggé	22
<b>Figura 4.</b> Espécie: <i>Paspalum stellatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flüggé	23
<b>Figura 5.</b> Espécie: <i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	24
<b>Figura 6.</b> Fonte de inóculo dos fungos micorrízicos arbusculares , coletados na Fazenda Água Limpa.	26
<b>Figura 7.</b> Ponto de coleta destacado na Fazenda Água Limpa.	26
<b>Figura 8.</b> 50 vasos de PVC separados em dois blocos de tratamento sobre uma grade metálica a 10 cm do piso, no viveiro da Prefeitura da Universidade de Brasília.	26
<b>Figura 9.</b> Solução de solo sendo filtrada em peneiras de malhas com 250 e 45 µm. À direita estão os esporos e matéria orgânica retidos na peneira de malha de 45 µm.	27
<b>Figura 10.</b> Parcela inoculada com 50g de solo inóculo (254 esporos) e parcela controle com 50 ml solução de solo sem propágulos de FMA's, com os demais microrganismos do solo inóculo.	28
<b>Figura 11.</b> Vasos cobertos com tela sombrite após a semeadura.	29
<b>Figura 12.</b> Gramínea retirada inteira do vaso, da raiz até a parte aérea. Em seguida lavada com água para a remoção da terra e a extração de porção do trecho central da raiz.	30
<b>Figura 13.</b> (a) Raízes sendo embebidas em solução de hidróxido de potássio (KOH) 10% para o procedimento de clarificação; (b) Béqueres contendo as amostras com KOH em banho maria.	31
<b>Figura 14.</b> Esquema do método de interseção de linhas de grade (GIONVANNETTI; MOSSE, 1980), utilizado para contagem da taxa de colonização micorrízica.	31
<b>Figura 15.</b> Fragmentos de raízes os quais percebe-se a presença de colonização de fungos micorrízicos arbusculares.	32
<b>Figura 16.</b> Variação percentual das gramíneas ao longo de 10 meses, sob efeito da aplicação de solo contendo esporos de FMA nativos de área de Cerrado.	36
<b>Figura 17.</b> Médias do crescimento em altura da gramínea <i>Aristida longifolia</i> Trin. de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante.	37

**Figura 18.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante. 37

**Figura 19.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante. 38

**Figura 20.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante. 39

**Figura 21.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze. de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante. 39

**Figura 22.** Taxa de colonização micorrízica em gramíneas nativas do Cerrado cultivadas em vasos via semeadura direta, no viveiro da Prefeitura da Universidade de Brasília. 41

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Caracterização química do Latossolo Vermelho de subsolo (Horizonte B) coletado no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, e do solo de área nativa de Cerrado utilizado como inóculo para a germinação e crescimento de gramíneas. 25

**Tabela 2.** Peso médio das sementes de cada espécie equivalente a porção de 200 sementes. 28

**Tabela 3.** Teste T para o efeito dos tratamentos sobre o número de indivíduos total das cinco espécies de gramíneas. 33

**Tabela 4.** Variabilidade entre as médias de altura de janeiro a outubro de 2020, exceto nos meses de agosto e setembro, pelos Testes T e F, sob efeito de solo inoculante. 35

**Anexo 1.** Número de indivíduos, média por vaso, desvio padrão e Teste F de cada espécie nos meses de janeiro e fevereiro de 2020. 51

**Anexo 2.** Efeito micorrízico sobre as gramíneas ao longo do tempo. 53

**Anexo 3.** Valores médios do crescimento em altura e incremento com esporos nos vasos do controle e nos vasos inoculados ao longo do tempo, com o Teste F. 54

**Anexo 4.** Teste T e Teste F para o efeito dos tratamentos sobre a taxa de colonização total das cinco espécies. 56

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
3.1	Gramíneas nativas do Cerrado: uso na restauração e no paisagismo ecológicos	16
3.2	Manejo de fungos micorrízicos arbusculares	17
3.3	Caracterização das espécies de estudo	19
3.2.1	<i>Aristida longifolia</i> Trin.	19
3.2.2	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert Poaceae	20
3.2.3	<i>Paspalum carinatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flüggé	20
3.2.4	<i>Paspalum stellatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flüggé	21
3.2.5	<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	22
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>23</b>
4.1	Primeira fase do experimento	23
4.1.1	Substrato utilizado e solo inóculo	23
4.1.2	Caracterização química dos solos	24
4.1.3	Montagem do experimento e caracterização da área	25
4.1.4	Contagem de esporos do solo inóculo	26
4.1.5	Procedimento de inoculação dos vasos com propágulos de fungos micorrízicos	27
4.1.6	Semeadura	28
4.1.7	Monitoramento e coleta de dados	29
4.2	Segunda fase do experimento	30
4.2.1	Contagem de colonização micorrízica radicular	30
4.3	Análise estatística	32

<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Taxa de germinação e estabelecimento inicial</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Crescimento em altura</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Contagem de colonização micorrízica radicular</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>43</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Domínio Fitogeográfico do Cerrado cobre o Planalto Central Brasileiro e é formado por um mosaico de solos e formações vegetais diversas, caracterizado por vegetação savânica, solos profundos, argilosos e intemperizados (RIBEIRO; WALTER, 1998). Nele, habitam inúmeras espécies endêmicas fundamentais para a manutenção do ecossistema. Neste cenário, trata-se de um *hotspot* de conservação por sofrer com a degradação oriunda de atividades humanas lesivas a sua biodiversidade (MYERS, *et al.*, 2000, SILVA; BATES, 2002, KLINK; MACHADO, 2005).

Nos últimos anos, a busca por novos métodos e tecnologias para a restauração do Cerrado tem se concentrado na inclusão de espécies do estrato baixo da vegetação, na técnica de implementação via semeadura direta e no manejo ecológico, ou seja, sem uso de fertilizantes químicos. O uso de gramíneas nativas está se tornando indispensável neste objetivo, visto que seu crescimento é mais rápido que o das espécies arbóreas e cobrem o solo em menos tempo, evitando a ocupação por espécies invasoras (SAMPAIO, 2015).

Ainda, as gramíneas do Cerrado têm se destacado no paisagismo contemporâneo, que busca maximizar os benefícios ambientais e estéticos através do uso de vegetação local, valorizando seu potencial ornamental e sua capacidade de adaptação às condições climáticas locais. Segundo Mello; Pastore (2020), dois dos desafios listados para a inserção de espécies nativas do Cerrado em projetos paisagísticos são: a carência de conhecimento das condições edáficas, principalmente quando se trata dos impactos causados pelo aumento da acidez do solo, visando manejo adequado do solo; e das condições fitofisionômicas e climáticas para a seleção de espécies adaptadas e tratos culturais apropriados como a adubação e o controle de espécies invasoras.

O paisagista Sérgio Borges afirma que “a introdução da flora nativa do Cerrado em seus projetos de paisagismo ainda é algo eventual devido a limitações como a correção do solo que altera o ambiente propício para o desenvolvimento das espécies autóctones” (MELLO; PASTORE, 2020). A sustentabilidade e preservação do solo são desafios no processo da restauração do Cerrado e implementação de jardins. O uso de microrganismos simbiotes, em especial os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) é visto como alternativa ao manejo da fertilidade do solo e maior eficiência de utilização dos fertilizantes fosfatados (MIRANDA, 2008).

É comum encontrar estudos sobre a associação simbiótica entre fungos micorrízicos arbusculares e espécies de plantas arbóreas e de interesse agrícola. No entanto, estudos com

espécies de gramíneas nativas do Cerrado são escassos. Há uma grande variedade de gramíneas e fungos no Cerrado e é necessário incluí-los nas práticas de manejo e restauração futuras, de modo a manter e buscar proteger os diversos ecossistemas. Nesse contexto, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de gerar novos conhecimentos sobre cinco gramíneas nativas do Cerrado, buscando evidenciar os efeitos simbiotes dos fungos micorrízicos arbusculares sobre seu crescimento e comportamento das plantas ao longo do tempo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho buscou avaliar o crescimento de cinco gramíneas nativas do Cerrado com potencial ornamental via semeadura direta em vasos, sob os possíveis efeitos decorrentes da aplicação de solo inoculante amostrado de uma área de Cerrado, contendo esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Comparar as espécies entre parcelas controle e parcelas inoculadas nas seguintes variáveis: taxa de germinação, crescimento em altura e taxa de colonização micorrízica.
- Contribuir para o manejo de espécies de gramíneas nativas do Cerrado a partir de prospecção e experimentação de cultivo em vasos.
- Auxiliar no aprimoramento de metodologias mais direcionadas para estudos nessa área.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Gramíneas nativas do Cerrado: uso na restauração e no paisagismo ecológicos

O Cerrado apresenta alta biodiversidade, porém ainda pouco conhecida. A quantidade de plantas vasculares supera o que se encontra na maioria das regiões do mundo: plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós somam mais de 12 mil espécies (MENDONÇA, *et al.*, 2008).

A família das gramíneas (Gramineae ou Poaceae) está entre as cinco famílias botânicas mais ricas em espécies do Cerrado (FILGUEIRAS, 2021), sendo a quarta mais importante do bioma, com 648 espécies (BFG, 2015; GOUVÊA, 2018). Segundo Filgueiras (2021), Poaceae apresenta extensa distribuição ecológica e o sucesso da família deve-se, principalmente, à sua diversidade genética, que resultou em adaptações morfofisiológicas a *habitat* diversificados (KELLOGG, 2001; SOUZA; MORAES; RIBEIRO, 2005).

Estudos demonstram que as espécies de gramíneas estão entre as mais frequentes e abundantes nas fitofisionomias savânicas e campestres do Cerrado (MUNHOZ; FELFILI, 2006, 2007, 2008; SANTOS; MUNHOZ, 2012; SILVA, 2017; GOUVÊA, 2018). No entanto, a primeira listagem da flora do bioma não apresenta essas espécies (RIZZINI, 1971), estando presentes, apenas alguns anos depois, nas próximas listas. Há estudos sobre gramíneas na formação de pasto nativo (CARMONA *et al.*, 1998) e recuperação ambiental (SAMPAIO *et al.*, 2015; PELLIZZARO *et al.*, 2017). Entretanto, trabalhos de ciência básica sobre descrição botânica, dispersão, crescimento e reprodução, por exemplo, ainda são incipientes. Isso repercute nos desafios encontrados pelos setores econômicos sobre os usos dessas espécies.

O uso das gramíneas nativas na restauração do Cerrado está se destacando devido à necessidade de se desenvolver técnicas próprias para as vegetações savânicas e campestres (SAMPAIO *et al.*, 2015), e outros ecossistemas gramíneos, que apresentam faixas contínuas de gramíneas em variadas condições ambientais (VELDMAN *et al.*, 2015; PELLIZZARO, 2016). A prática da restauração ecológica é pertinente quando uma área degradada não consegue se restabelecer naturalmente e deve considerar os diversos estratos vegetais que integram a paisagem.

Nesse contexto, a restauração busca aliar o uso de gramíneas à semeadura direta. Trata-se de uma técnica que consiste em lançar sementes diretamente ao solo e vem se destacando nos últimos anos por ser de relativo baixo custo (GABRIEL, 2022) e gerar resultados promissores de cobertura vegetal e diversidade de espécies (PELLIZZARO, 2016).

A adoção da semeadura direta tem impulsionado o desenvolvimento de estratégias de coleta e beneficiamento de sementes do Cerrado por restauradores e por paisagistas contemporâneos.

Nos últimos anos, o potencial ornamental das gramíneas nativas tem sido notado e apreciado não só pela sua beleza estética, mas por já estarem adaptadas às condições climáticas locais. Tem se verificado o interesse econômico por essas espécies no paisagismo para desenvolverem primordialmente a função de cobertura do solo e base para composições naturalistas de alto desempenho ambiental (SIQUEIRA, 2016; MELLO; PASTORE, 2020).

Essa utilização também é entendida como uma estratégia para conhecer e conservar a biodiversidade nativa, além de viabilizar a geração de renda para a população local (MARCHI; BARBIERI, 2015, 2020), com a coleta das plantas e das sementes. Essa demanda vem crescendo conforme a aparição de novas técnicas de paisagismo e restauração em selecionar espécies de acordo com seus potenciais de cobertura de solo e ornamentais, decorrente da variedade de tons, formas, texturas, portes e floração (COSTA, 2010).

O uso de plantas nativas em jardins fomenta a prática de um paisagismo ecológico, bem como a produção e comercialização de mudas e sementes, tendo em vista a crescente preocupação do mercado em utilizar produtos de baixo impacto ambiental (HEIDEN *et al.*, 2006). Seguindo o princípio da sustentabilidade, o paisagismo ecológico apresenta relevância na manutenção da biodiversidade nativa por meio da ciência da restauração do Cerrado que visa a prospecção de espécies nativas aliada ao manejo ecológico, podendo reduzir custos de insumos, necessidade de água e de manutenção (SIQUEIRA, 2016; MELLO; PASTORE, 2020); além de preservar a sobrevivência de polinizadores e dispersores de sementes.

### **3.2 Manejo de fungos micorrízicos arbusculares**

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pertencem ao Filo Glomeromycota (SCHÜBLER *et al.*, 2001) e dependem de simbiose mutualística com as raízes da maior parte das espécies vegetais (GIOVANETTI *et al.*, 2010). O termo micorriza foi proposto por Albert Bernard Frank, em 1995 (FRANK, 2005; VALADARES *et al.*, 2016), para designar esta interação, que é entendida como uma adaptação evolutiva crucial que permitiu às plantas colonizarem ambientes terrestres (SIMON *et al.*, 1993; VALADARES *et al.*, 2016).

São microrganismos que estão presentes de forma abundante no solo e contribuem significativamente para a manutenção e funcionalidade da biodiversidade dos ecossistemas (HEIJDEN *et al.*, 1998; MIRANDA, 2008). Os ecossistemas tropicais apresentam a maior riqueza de micorrizas arbusculares, e os maiores índices de colonização radicular de diversas

plantas hospedeiras encontram-se nas savanas (TRESSEDER; CROSS, 2006; MIRANDA, 2008).

As conexões micorrízicas atuam como um prolongamento das raízes, o que amplia o alcance da atividade radicular, contribuindo significativamente para a obtenção de água e nutrientes pelas plantas, representando os órgãos de absorção subterrâneos da maioria das plantas na natureza e uma das estratégias de proteção biológica naturais mais bem sucedidas (GIANINAZZI-PEARSON, 1984, 1996; CAVALCANTE *et al.*, 2008). Além disso, influenciam na estruturação do solo, elevam a resistência a estresses abióticos e doenças em plantas (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Segundo Linderman (2000), em ambientes onde a relação entre plantas e fungos não sofreu perturbações, as plantas se apresentam mais resistentes às doenças, o que pode ser uma ferramenta de controle de doenças sem o uso de produtos químicos lesivos ao meio ambiente.

O principal papel do fungo é o fornecimento de fósforo (P) para a planta hospedeira (MIRANDA, 2008), elemento de origem mineral essencial para o crescimento vegetal (RAGHOTHAMA, 1999), pois atua nos processos de produção de energia (ATP), fotossíntese e respiração (HINSINGER, 2001). Martins *et al.* (1999) constataram que os FMA's promovem uma maior produção de matéria seca em plantas nativas e variações no potencial de insumos absorvidos, levando a um acréscimo considerável em seu desenvolvimento.

As vantagens de crescimento vegetal proporcionado pelos FMA's têm fomentado a busca por estratégias que acrescentem processos biológicos naturais no solo, a fim de otimizar o manejo do solo, das culturas e insumos (MIRANDA, 2008). Estudos vêm sendo divulgados pela Embrapa Cerrados, considerando as seguintes linhas de pesquisa:

O manejo dos fungos micorrízicos arbusculares nativos e da micorriza arbuscular nos sistemas de produção, e a inoculação desses fungos, com ênfase no Bioma Cerrado, para que esses possam ser utilizados na implementação de modelos de desenvolvimento sustentável (MIRANDA, 2008).

No Cerrado, os fungos micorrízicos arbusculares são de grande importância, pois os solos são, geralmente, ácidos e de baixo nível de fertilidade (MIRANDA, 2008). Somado a relevância das gramíneas nativas nos processos de restauração do Cerrado e implementação de jardins sustentáveis, a compreensão da associação entre essas espécies é de fundamental importância para a definição de estratégias de manejo do solo que visem acelerar o estabelecimento das plantas nas áreas manejadas (BRASILEIRO, 2017).

### 3.3 Caracterização das espécies de estudo

As espécies foram selecionadas com base em sua ampla distribuição (FLORA DO BRASIL, 2020), seu potencial ornamental (MELLO; PASTORE, 2020), eficácia na cobertura de solo para recuperação de áreas degradadas (MUNHOZ; FELFILI, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2019) e disponibilidade de sementes. Nenhuma das espécies utilizadas é endêmica do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020).

#### 3.2.1 *Aristida longifolia* Trin.

Subfamília: Chloridoideae

Sinonímia botânica: *Aristida bromoides* Salzm. ex Trin. & Rupr.

Nome comum: Capim carrapato

A espécie é conhecida como Capim-carrapato (Figura 1). É uma planta perene, de crescimento cespitoso, formando uma touceira de colmos eretos com nós glabros e não ramificados (FILGUEIRAS, 2021). Está distribuída nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do país, ocorrendo em áreas naturais de Caatinga, Campo Rupestre e Cerrado (*lato sensu*) (FLORA DO BRASIL, 2020).

Seu potencial ornamental está nas folhagem muito fina e altas panículas de sementes, ornadas por longas aristas, apresentando coloração clara na estação seca.



Lucas Vitorio

**Figura 1.** Espécie: *Aristida longifolia* Trin.

### 3.2.2 *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert Poaceae

Subfamília: Panicoideae

Sinonímia botânica: *Tristachya chrysothrix* Nees

Nome comum: Capim brinco-de-princesa

A espécie *Loudetiopsis chrysothrix*, popularmente chamada de Brinco-de-princesa (Figura 2), é uma planta perene, de crescimento cespitoso e colmos eretos com nós glabros (FILGUEIRAS, 2021). Está distribuída por todas as regiões do Brasil, com exceção de alguns estados, sendo encontrada nas fitofisionomias de Campo Limpo, Campo Rupestre e Cerrado (*lato sensu*) (FLORA DO BRASIL, 2020).

Seu potencial ornamental deve-se à sua folhagem lanceolada de textura fina e flexuosa, bem como pelas panículas de sementes com cápsulas destacadas e revestidas de pêlos dourados.



Júlio Pastore

**Figura 2.** Espécie: *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert Poaceae

### 3.2.3 *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flügge

Subfamília: Panicoideae

Sinonímia botânica: *Paspalum kappleri* Hochst. ex Steud.

Nome comum: Grama-das-pedras

A espécie é popularmente chamada de Capim-grama-das-pedras (Figura 3). Trata-se de uma espécie perene, de crescimento cespitoso e colmos eretos com nós glabros, raramente pilosos (FILGUEIRAS, 2021). Está distribuída de Norte a Sul do Brasil, ocorrendo em área

antrópica, Campo de Várzea, Campo Limpo, Campo Rupestre, Cerrado (*latu sensu*) e em vegetação sobre afloramentos rochosos (FLORA DO BRASIL, 2020).

Seu potencial ornamental é dado pela folhagem de textura fina e revestida de pilosidade aveludada, assim como panículas altas que ostentam sementes com pelugem branca.



Júlio Pastore

**Figura 3.** Espécie: *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé

#### 3.2.4 *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé

Subfamília: Panicoideae

Sinonímia botânica: *Paspalum splendens* Hack. var. *sphacelatum* Hack.

Nome comum: Capim orelha-de-coelho

É chamada popularmente de Orelha-de-coelho (Figura 4). Trata-se de uma planta perene, de crescimento cespitoso e colmos eretos com nós glabros e não ramificados (FILGUEIRAS, 2021). Está distribuída de Norte a Sul do Brasil e pode ser encontrada em áreas antrópicas e áreas naturais como Campos de Altitude, Campo Limpo, Campo Rupestre, Cerrado (*latu sensu*) e vegetação sobre afloramentos rochosos (FLORA DO BRASIL, 2020). Em 2020, entrou para a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN na categoria de menor preocupação (*Least Concern - LC*).

Seu potencial ornamental deve-se à sua folhagem lanceolada, com espiguetas de ráquis aladas com listras amareladas e purpúreas. Na face abaxial, as ráquis são revestidas por tricomas alvos e aveludados. Juntamente com a espécie *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert, está presente na lista de espécies ornamentais nativas da região Centro-Oeste do Ministério do Meio Ambiente (2018).



**Figura 4.** Espécie: *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flügge

### 3.2.5 *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze

Subfamília: Panicoideae

Sinonímia botânica: *Andropogon dactyloides* Steud.

Nome comum: Capim fiapo

A espécie é popularmente chamada de Capim-fiapo (Figura 5), é uma gramínea perene de crescimento cespitoso, colmos eretos com nós pilosos e não ramificados (FILGUEIRAS, 2021). Está distribuída de Norte a Sul do Brasil e pode ser encontrada em formações campestres e savânicas, como em vegetação de Campo Limpo, Campo Rupestre, Cerrado e Savana Amazônica (FLORA DO BRASIL, 2020).

Seu potencial ornamental deve-se à sua folhagem de textura fina e ereta, espiguetas aos pares com arista pilosa e geniculada, apresentando inflorescência amarela.



**Figura 5.** Espécie: *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada no Laboratório de Microbiologia do Solo, na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB, onde foi feita a contagem de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) do solo usado como inoculante; e no viveiro localizado na Prefeitura da Universidade de Brasília-PRC/UnB (-15.75964, -47.87359), onde foi realizado o experimento e o monitoramento da taxa de germinação e média de altura. A segunda etapa constou do desmonte do experimento e armazenamento do material para coleta de dados relacionados à produção de matéria seca e colonização micorrízica, no Laboratório de Microbiologia do Solo - FAV/UnB e no Laboratório de Química do Solo - FAV/UnB, respectivamente.

Em paralelo às variáveis analisadas aqui, um estudo complementar analisou a produção de matéria seca e cobertura vegetal das gramíneas por meio de análise manual de imagens no programa Sample Point (BOOTH; BERRYMAN, 2006), com base no experimento montado do presente estudo. Logo, recomenda-se a leitura do trabalho de título “Análise da cobertura e produção de matéria seca em gramíneas de Cerrado sob efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares” (DE MELO, 2022) para mais conhecimento sobre o crescimento e desenvolvimento das espécies aqui estudadas.

A partir da semeadura das gramíneas, em 13 de janeiro de 2020, o acompanhamento do crescimento foi realizado mensalmente por medição simples até o dia 13 de outubro de 2020, exceto nos meses de agosto e setembro, totalizando 8 medições. Em 18 de agosto de 2021 foi realizada a estimativa de colonização por micorrizas pelo método Brundrett *et al.* (1996). Os materiais e métodos citados estão descritos a seguir.

### 4.1 Primeira fase do experimento

#### 4.1.1 Substrato utilizado e solo inóculo

O substrato do experimento constitui-se de solo de subsolo (Horizonte B), coletado no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília (-15.758923, -47.874342). A área apresenta latossolo vermelho, profundo, e teve cobertura de grama batatais e ervas invasoras, em menor quantidade, nos últimos anos.

Para avaliação da influência das micorrizas arbusculares no estabelecimento e crescimento das gramíneas, utilizou-se solo de área nativa de Cerrado (Figura 6) como fonte de inóculo de FMA's. O solo foi coletado em 12 de janeiro de 2020 em amostragem aleatória (15° 57' 16.992" S 47° 55' 51.060" O), compreendendo um volume de aproximadamente 3

L, da camada de 0 e 10 cm, com cobertura de gramíneas e arbustos, na Fazenda Água Limpa (FAL) (Figura 7), pertencente a Universidade de Brasília e localizada na Vargem Bonita, DF.

O clima da área (FAL) é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, e caracteriza-se por duas estações bem definidas: uma estação quente e chuvosa, de outubro a abril, e outra fria e seca, de maio a setembro. As médias anuais de temperatura e precipitação registradas são de 20,4°C e de 1574 mm, respectivamente (KÖPPEN; GEIGER, 1928).



**Figura 6.** Fonte de inóculo dos fungos micorrízicos arbusculares , coletados na Fazenda Água Limpa (UnB), em Vargem Bonita, DF.



**Figura 7.** Ponto de coleta destacado na Fazenda Água Limpa (UnB), em Vargem Bonita, DF.

#### 4.1.2 Caracterização química dos solos

Nas análises químicas dos solos (Tabela 1), realizadas pelo Laboratório Soloquímica Análises de Solo, foi possível observar que os solos coletados são de textura argilosa e apresentam uma condição de acidez, com valor de pH de 5,9 no solo de subsolo coletado na Universidade de Brasília-UnB e de 6,0 na área nativa de Cerrado da FAL. Os teores de fósforo (P) podem ser considerados muito baixos e variaram de 0,8 mg dm<sup>-3</sup> de solo

para o substrato da UnB e 1,7 mg dm<sup>-3</sup> para o solo inóculo da FAL (SOUZA; LOBATO, 2004). Ainda, observa-se a considerável diferença de matéria orgânica entre as amostras, destacando a área de Cerrado com maior taxa de MO.

**Tabela 1.** Caracterização química do Latossolo Vermelho de subsolo (Horizonte B) coletado no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, e do solo de área nativa de Cerrado utilizado como inóculo para a germinação e crescimento de gramíneas.

Amostra	pH	MO <sup>(1)</sup>	P	K	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	t <sup>(2)</sup>	T <sup>(3)</sup>	SB <sup>(4)</sup>	V <sup>(5)</sup>	m <sup>(6)</sup>
	H <sub>2</sub> O	g/kg	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----				-----%-----				
Solo de subsolo	5,9	17,7	0,8	0,01	2,0	0,0	3,2	2,01	5,3	2,01	39	0
Cerrado Nativo	6,0	84,5	1,7	0,12	0,9	0,2	5,0	1,22	6,1	1,02	18	15

(1) Matéria orgânica; (2) Capacidade de troca catiônica efetiva; (3) Capacidade de troca catiônica total; (4) Soma de bases; (5) Saturação por Base; (6) Saturação por Alumínio.

#### 4.1.3 Montagem do experimento e caracterização da área

O experimento foi conduzido no viveiro da prefeitura da Universidade de Brasília – UnB (PRC), localizado no Campus Universitário Darcy Ribeiro, Distrito Federal – DF. (15°45'36.37"S e 47°52'25.06"O). O clima predominante da região corresponde ao tipo Aw da classificação de Köppen, definido como tropical de Savana (KÖPPEN; GEIGER, 1928). A temperatura média anual compensada é de 21,4°C, tendo os meses de junho e julho com as temperaturas médias mais baixas do ano, apresentando 19,3 °C. A precipitação acumulada anual média é de aproximadamente 1478,8 mm (INMET, 2022).

Em 12 de janeiro de 2020, foram montados 50 vasos de PVC preenchidos igualmente com 10 litros (L) de substrato, Latossolo Vermelho de subsolo, peneirado em peneira de 30 cm de largura, malha grossa de 0,4 x 0,4mm. Os vasos foram separados em dois blocos de tratamento, colocados distantes 1,5m entre si, a pleno sol, sobre uma grade metálica a 10 cm do piso, para não ter contato com o chão, evitando assim contaminação como mostra a Figura 8.



**Figura 8.** 50 vasos de PVC separados em dois blocos de tratamento sobre uma grade metálica a 10 cm do piso, no viveiro da Prefeitura da Universidade de Brasília.

O substrato utilizado no experimento não foi submetido ao processo de esterilização por autoclavagem, considerando-se que a comunidade de FMA presente no substrato coletado do horizonte subsuperficial não seria significativa, sendo relatado na literatura a tendência de redução de propágulos de FMA com o aumento da profundidade do solo (JOBIM, 2015; LIMA *et al.*, 2020).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com 5 repetições, sendo as parcelas constituídas da inoculação ou não com solo contendo esporos de fungos micorrízicos arbusculares e, as subparcelas compostas de 5 espécies de gramíneas nativas do Cerrado. As espécies testadas foram: *Aristida longifolia* Trin., *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert, *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flügge, *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flügge e *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze.

#### 4.1.4 Contagem de esporos do solo inóculo

Do solo coletado na Fazenda Água Limpa-FAL, utilizado como inoculante, foram retiradas duas amostras para a quantificação de esporos e para extração de solução com microrganismos sem a presença de estruturas fúngicas. Esta quantificação foi realizada no Laboratório de Microbiologia do Solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV da Universidade de Brasília.

Para a quantificação de esporos, foi utilizado o método do peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963). Inicialmente foram separadas 2 amostras de 50g de solo. Para a obtenção da suspensão do solo em água, as amostras foram batidas com 1,5 L de água no liquidificador por 30 segundos. Após o processamento, aguardou-se 1 minuto (min)

para a sedimentação das partículas mais densas; e, em seguida, a suspensão foi filtrada em um conjunto de peneiras de malhas 250 e 45  $\mu\text{m}$  para separar os esporos do líquido (Figura 9). Os esporos retidos na peneira de 45  $\mu\text{m}$  foram levados à centrífuga por 3 min, a 3000 rpm em tubos falcon, para retirada da matéria orgânica retida no sobrenadante. Este foi descartado e adicionou-se solução de sacarose 50%. O *pellet* formado foi ressuspendido e, em seguida, levado novamente à centrífuga por 2 min, a 2000 rpm, os esporos foram obtidos desse segundo sobrenadante no qual voltou para a peneira de 45  $\mu\text{m}$  para retirada da sacarose (Figura 9). O número médio de esporos encontrados nas duas amostras foi de 254.



**Figura 9.** Solução de solo sendo filtrada em peneiras de malhas com 250 e 45  $\mu\text{m}$ . À direita estão os esporos e matéria orgânica retidos na peneira de malha de 45  $\mu\text{m}$ .

#### 4.1.5 Procedimento de inoculação dos vasos com propágulos de fungos micorrízicos

A partir do resultado da contagem dos esporos/50g de solo, se decidiu pela incorporação de 50g do solo coletado ao substrato dos vasos que receberam a inoculação, distribuindo assim, em média, 254 esporos. O solo, usado como inoculante, foi distribuído sobre a superfície de uma parcela dos vasos, sem incorporação.

Com o objetivo de evitar diferenças causadas por microrganismos presentes no solo inoculante e isolar o possível efeito promovido pelos fungos micorrízicos, aplicou-se em cada vaso das parcelas sem inoculação, 50 mL da suspensão de solo inóculo em água, filtrada em papel de filtragem lenta.

A inoculação com 50g solo ou o tratamento das testemunhas com 50 mL de suspensão do solo inóculo filtrado foi realizada no dia 13 de janeiro de 2021, momentos antes da semeadura (Figura 10).



**Figura 10.** Parcela inoculada com 50g de solo inóculo (254 esporos) e parcela controle com 50 ml solução de solo sem propágulos de FMA's, com os demais microrganismos do solo inóculo.

#### 4.1.6 Semeadura

As sementes foram coletadas em excursões de prospecção ou adquiridas junto a coletores de sementes para recuperação ambiental. Para as espécies *Aristida longifolia*, *Loudetiopsis chrysothrix* e *Trachypogon spicatus* as sementes utilizadas foram fornecidas pela Rede de Sementes do Cerrado (REDE) em 2018, coletadas em vários pontos da Chapada dos Veadeiros/Goiás. Já para *Paspalum carinatum* as sementes foram coletadas em Pirenópolis-GO (15°50'05.9" S 48°54'38.7" O), em 2018, enquanto que as sementes do *Paspalum stellatum* foram coletadas em Alto Paraíso-GO (14°06'00.6" S 47°29'55.3" O), também em 2018.

No dia 12 de janeiro de 2020, as sementes foram preparadas para semeadura. Foram separadas manualmente 10 porções de 200 sementes para cada espécie. As porções foram, então, pesadas em balança de precisão, obtendo peso médio, por espécie segundo a Tabela 2:

**Tabela 2.** Peso médio das sementes de cada espécie equivalente a porção de 200 sementes.

Espécie	Pesagem (g)
<i>Aristida longifolia</i> Trin.	1,4
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert	1,05
<i>Paspalum carinatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	0,75
<i>Paspalum stellatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	0,15
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	0,16

Em 13 de janeiro de 2020 ocorreu a semeadura das 5 espécies selecionadas. Foram alocadas 5 repetições para cada espécie por tratamento, somando no total 10 porções para os

dois tratamentos efetuados. Foram depositas 200 sementes por vaso/repetição direto na superfície do substrato (Tabela 2). Inicialmente, os vasos foram cobertos com tela sombrite a fim de evitar a dispersão das sementes pelo vento e pela irrigação (Figura 11). Assim, foi procedida a rega em seguida com 2 L de água.



**Figura 11.** Vasos cobertos com tela sombrite após a sementeira.

#### **4.1.7 Monitoramento e coleta de dados**

Com o intuito de garantir a sobrevivência das gramíneas e realizar a manutenção do experimento, foi feita a irrigação e o controle das espécies espontâneas. A irrigação foi feita de segunda a sexta-feira, distribuindo por vaso 2 L de água por dia. Aos sábados e domingos não ocorria a irrigação, sendo possível observar que nos períodos de estiagem o substrato estava mais seco nas segundas-feiras. É um fator que pode ter influenciado no processo de mortalidade das gramíneas, assim como a expressão do ciclo fenológico de dormência das gramíneas no período do inverno. O controle das espécies espontâneas foi realizado mensalmente, juntamente ao processo de acompanhamento das gramíneas, com o arranquio manual de espécies diversas daquelas sementeiras.

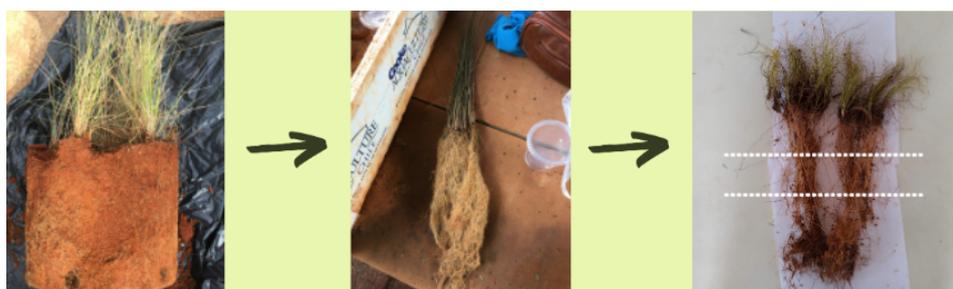
A contagem do número de indivíduos, e medição de altura das gramíneas ocorreu mensalmente, a partir da contagem de plântulas emergentes no dia 22 de janeiro de 2020, tendo sido realizada a última medição em outubro do mesmo ano, exceto nos meses de agosto e setembro, totalizando 8 medições. A contagem foi visual e a medição da altura foi efetuada de forma manual para todos os indivíduos, da altura da superfície do substrato até a ponta da folha mais alta. A altura foi aferida com uma régua de lâmina metálica e escala centimétrica e milimétrica.

A partir do segundo mês, a contagem dos indivíduos deixou de ser realizada de forma individual, pois se tornou impossível distinguir perfilhamentos de indivíduos diversos, sendo possível contabilizar apenas a taxa de germinação. Com isto, a medição da altura passou a levar em conta a folha mais alta de cada touceira. Os dados estatísticos gerados foram organizados em tabelas e gráficos para melhor visualização dos resultados e para a análise estatística.

## 4.2 Segunda fase do experimento

O experimento foi desmontado nos dias 14 e 15 de junho de 2021, tendo completado 18 meses. As gramíneas foram retiradas dos vasos inteiras, da raiz até a parte aérea (Figura 12). Logo, foram lavadas com água com o auxílio de uma mangueira, a fim de retirar a terra.

A parte aérea foi armazenada em sacos de papel devidamente identificados com o nome da espécie, repetição e tratamento. Uma porção de cerca de 10 gramas (g) do trecho central das raízes (Figura 12) foi reservada em potes de plástico com álcool 70% para a análise de colonização micorrízica e, posteriormente, compor o restante da raiz para a pesagem da matéria seca. O restante da raiz foi armazenado em sacos de papel. Todo o material foi levado ao Laboratório de Microbiologia do Solo da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Brasília.



**Figura 12.** Gramínea retirada inteira do vaso, da raiz até a parte aérea. Em seguida lavada com água para a remoção da terra e a extração de porção do trecho central da raiz.

### 4.2.1 Contagem de colonização micorrízica radicular

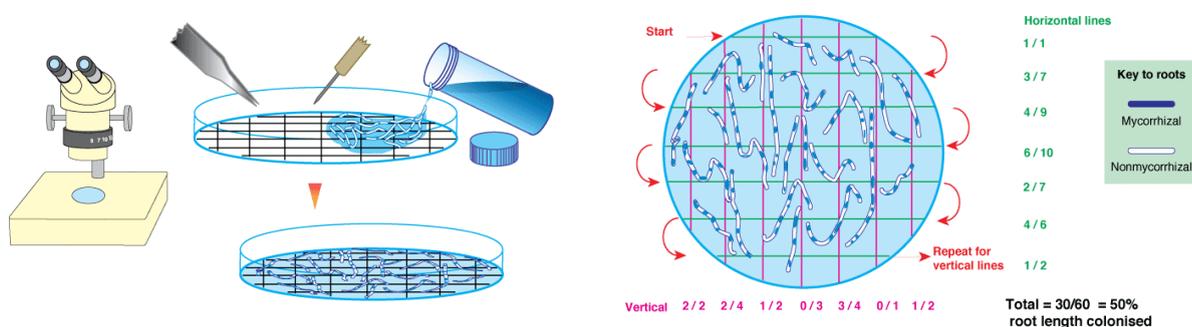
Para avaliação da colonização micorrízica, utilizou-se a metodologia de clarificação e coloração descrita por Brundrett *et al.* (1996). As raízes das 50 repetições, armazenadas em álcool 70%, foram lavadas em água corrente e cortadas em pedaços de 3 cm para o procedimento de clareamento com solução de KOH 10%. Os fragmentos radiculares foram levados ao banho maria com temperatura de 70°C (Figura 13). As raízes mais finas e menos

pigmentadas permaneceram 5 minutos no banho maria, enquanto que as mais lignificadas e grossas permaneceram por 10 minutos. Uma vez clarificadas, lavou-se as raízes e seguiu-se com a coloração em solução de azul de tripan 0,05%; e, a seguir, novamente em banho maria por 5 min. As raízes coloridas foram armazenadas em solução de glicerol 50% para retirar o excesso do corante e preservar as raízes até o momento da contagem.



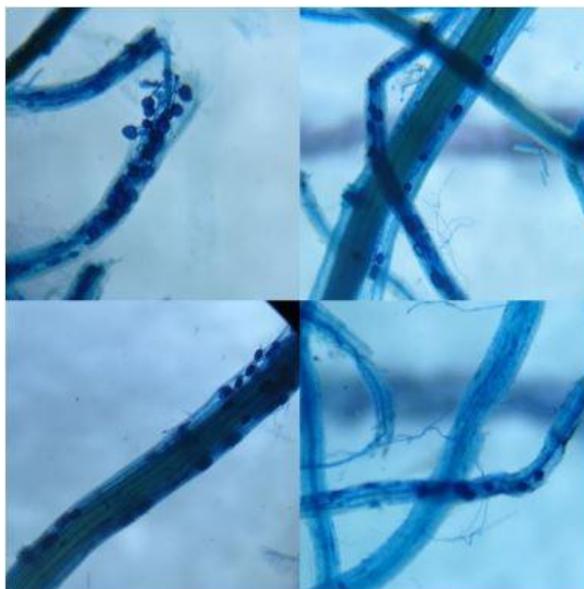
**Figura 13.** (a) Raízes sendo embebidas em solução de hidróxido de potássio (KOH) 10% para o procedimento de clarificação; (b) Béqueres contendo as amostras com KOH em banho maria.

A contagem da taxa de colonização micorrízica é feita segundo o método proposto por Gionvannetti; Mosse (1980), com o uso de um microscópio estereoscópico (40x). Previamente coloridos, os fragmentos radiculares foram colocados em placas de petri com papel de quadrados de 1x1 cm desenhados no fundo e feita a contagem conforme o esquema (Figura 14). Os pontos coincidentes com a linha em que havia colonização foram contabilizados. Ao fim da contagem, foi calculado a porcentagem (%) de colonização com os pontos em que havia a presença do fungo e os pontos em que o fungo estava ausente na raiz.



**Figura 14.** Esquema do método de interseção de linhas de grade (GIONVANNETTI; MOSSE, 1980), utilizado para contagem da taxa de colonização micorrízica.

Observa-se na Figura 15 que os fragmentos das duas imagens da direita estão coincidindo com a linha do grid do papel quadriculado, portanto eles são contabilizados na quantificação de colonização micorrízica. Os dois fragmentos das imagens da esquerda, apesar de estarem colonizados, não são considerados pois não coincidem com a linha do papel quadriculado.



**Figura 15.** Fragmentos de raízes os quais percebe-se a presença de colonização de fungos micorrízicos arbusculares.

### 4.3 Análise estatística

Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste T, a 5% de significância, utilizando o programa estatístico SISVAR® versão 5.3 (FERREIRA, 2010). Para o processamento da taxa de colonização micorrízica, foi feita a transformação do arco-seno da raiz quadrada dos dados percentuais da contagem, por se tratar de dados proporcionais (% de raízes colonizadas em relação a todas as raízes).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Taxa de germinação e estabelecimento inicial

Os resultados, quanto ao número de indivíduos de plantas que cresceram nas parcelas, abrangem apenas duas medições. Estas correspondem aos meses de janeiro e fevereiro de 2020, enquanto as plântulas ainda podiam ser observadas separadamente nas parcelas, conforme relatado na metodologia.

A Tabela 3 mostra que em ambos os meses a taxa média de indivíduos quantificados foi semelhante entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), apesar da média de indivíduos dos vasos que receberam solo contendo esporos de FMA nativos de área de Cerrado, ter se apresentado mais alta que a média de indivíduos dos vasos controle. Em janeiro, foi registrada uma média de 20 plântulas nos 25 vasos totais do controle, enquanto nos vasos inoculados a média foi de 21 indivíduos. Já no mês seguinte, foi registrada uma média de aproximadamente 30 indivíduos nos 25 vasos totais, tanto do tratamento controle quanto do inoculado.

**Tabela 3.** Teste T para o efeito dos tratamentos sobre o número de indivíduos total das cinco espécies de gramíneas.

	Janeiro/2020	Fevereiro/2020
Média do número de indivíduos dos vasos controle	20,08 a	30,88 a
Média do número de indivíduos dos vasos inoculados	21,32 a	31,16 a
Pr>Fc	0.4307	0.8643

-Médias que apresentam a mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si (Teste t  $p<0,05$ ).

Do total aproximado de 2000 sementes usadas para cada espécie (200 sementes x 10 vasos), a gramínea *Aristida longifolia* se destaca pela alta taxa de germinação e estabelecimento (Anexo 1). O mês de janeiro soma 268 plântulas nas 5 repetições do controle e 329 nas repetições inoculadas. Já no mês de fevereiro, foram quantificados 408 indivíduos no controle e 364 na inoculação.

No primeiro mês, quantificou-se 44 plântulas nos vasos de controle e 55 nos vasos inoculados da gramínea *Loudetiopsis chrysothrix*. No caso do *Paspalum carinatum*, a espécie contou com 50 plântulas germinando nos vasos de controle e 52 nos vasos que receberam solo

inoculante. Já o *Trachypogon spicatus* apresentou 91 plântulas nos vasos controle e 54 nos vasos inoculados.

No segundo mês, houve o crescimento da população de indivíduos para ambas estas gramíneas. Em fevereiro, o número de indivíduos de *L. chrysothrix* cresceu para 102 e 121 nos vasos de controle e inoculados, respectivamente. O *P. carinatum* contou com 99 indivíduos nos vasos de controle e 117 nos vasos inoculados, crescimento semelhante ao da espécie *T. spicatus*.

A espécie que apresentou menor taxa de germinação foi o *Paspalum stellatum*. Em janeiro, a gramínea contava com o total de 49 plântulas nas 5 repetições do controle e 43 nas repetições dos vasos inoculados. No mês seguinte, registrou-se 63 plântulas no total dos vasos do controle e, nas repetições que levaram solo inoculante do cerrado, quantificou-se 60 indivíduos (Anexo 1).

Observa-se, ainda no Anexo 1, acréscimo significativo no crescimento da gramínea *A. longifolia* no mês de janeiro ( $p < 0,05$ ) com a inoculação. A média de indivíduos por repetição variou de 53,6 nos vasos de controle para 65,8 nos vasos inoculados, uma variação que se destaca em relação às demais espécies. No mês seguinte, o efeito não é significativo, porém observa-se uma tendência de a média de indivíduos ser maior nos vasos que recebem solo inoculado com FMA nativos de área de Cerrado. Esta tendência se mostra contrária para o *T. spicatus* no surgimento das plântulas em janeiro nos vasos não inoculados.

Os resultados não foram significativos para as espécies *L. chrysothrix*, *P. carinatum*, *P. stellatum* e *T. spicatus* ( $p > 0,05$ ). Mário Costa *et al.* (2020) também não observou diferença estatística entre os tratamentos controle e isolados micorrízicos arbusculares na análise de germinação do milho crioulo (*Zea mays* Linneu, Poaceae), resultado que diferiu de dados obtidos em outros estudos (DINIZ *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2014). É possível analisar o efeito do inoculante sobre a germinação e sobrevivência destas espécies ao longo dos demais meses. No entanto, o perfilhamento dos indivíduos dificulta a sua contagem.

De maneira geral, a tendência de germinação e estabelecimento inicial é positiva com a inoculação. Isso indica o potencial da comunidade microbiana, em especial, dos FMA's em absorver nutrientes determinantes, principalmente, fósforo (P) (CASSETARI *et al.*, 2016), visto que as gramíneas apresentam sementes pequenas com pouca reserva de nutrientes e emissão de raízes mais finas. Este macronutriente desempenha papel fundamental nessa fase inicial das gramíneas, favorecendo o crescimento do sistema radicular, seu desenvolvimento e perfilhamento (SANTOS *et al.*, 2006).

## 5.2 Crescimento em altura

De acordo com o resultado da análise estatística para altura de cinco espécies de gramíneas nativas do Cerrado, cultivadas em vasos ao longo de 10 meses e submetidas à inoculação com solo contendo fungos micorrízicos arbusculares (FMA), constatou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos durante o intervalo de tempo avaliado (Tabela 4).

Observa-se que o  $f$  é significativo ( $p < 0,05$ ) nos meses de janeiro, abril, maio e junho, indicando que há efeito da inoculação no crescimento das gramíneas. Os meses em destaque apresentam características interessantes que podem estar associadas ao efeito observado, o que pode ser observado na Figura 16 com a variação percentual da altura, que foi positiva na maior parte do tempo para todas as espécies.

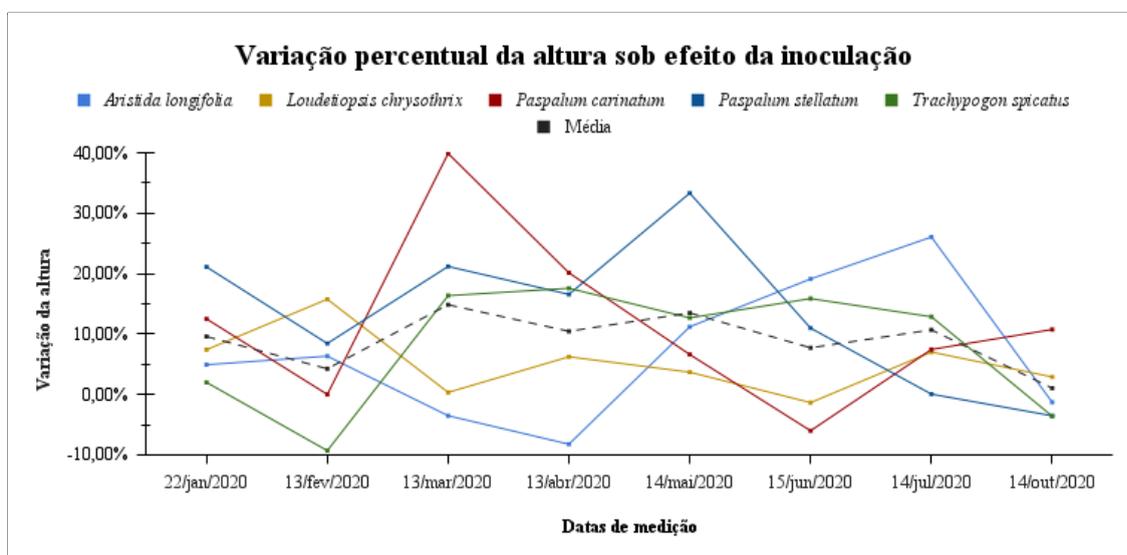
**Tabela 4.** Variabilidade entre as médias de altura de janeiro a outubro de 2020, exceto nos meses de agosto e setembro, pelos Testes T e F, sob efeito de solo inoculante.

<b>Média da altura total de cinco gramíneas nativas do Cerrado (2020)</b>			
	<b>Vasos de controle</b>	<b>Vasos inoculados</b>	<b>Teste F (Pr&lt;Fc)</b>
<b>Janeiro</b>	1,5176 b	1,6380 a	<b>0.0006</b>
<b>Fevereiro</b>	3,8528 a	3,9500 a	0.3762
<b>Março</b>	6,4456 a	7,2684 a	0.1038
<b>Abril</b>	11,0860 b	12,4696 a	<b>0.0122</b>
<b>Maio</b>	12,4636 b	14,4352 a	<b>0.0194</b>
<b>Junho</b>	13,3656 b	14,5376 a	<b>0.0230</b>
<b>Julho</b>	13,0332 a	14,0360 a	0.2965
<b>Outubro</b>	15,5500 a	15,6740 a	0.8921

-Médias que apresentam a mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si (Teste t  $p < 0,05$ ).

Janeiro é o mês da fase inicial do desenvolvimento das sementes germinadas, quando a necessidade por absorção de macronutrientes estimula a associação simbiótica com os FMA's. Abril, maio e junho são os meses de transição da sazonalidade climática no Planalto Central, ou seja, quando o período de chuva se encerra para a chegada da seca. Mesmo seguindo com a irrigação das gramíneas durante todo o intervalo de tempo experimental, o aumento da temperatura pode ter afetado a umidade dos vasos, visto que estavam expostos à

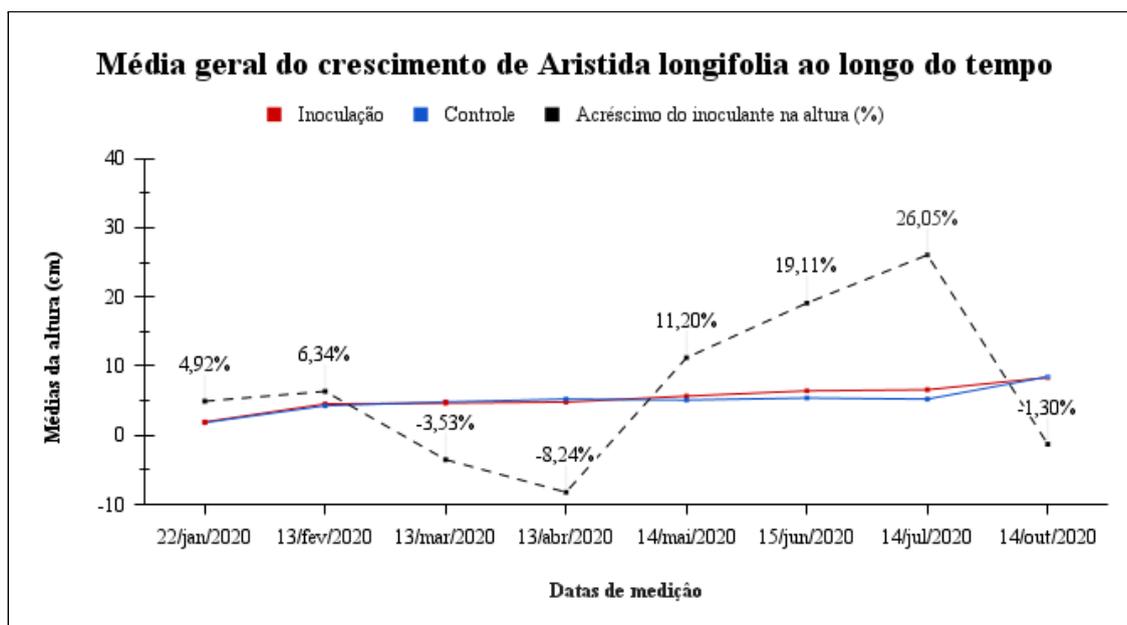
variação climática. Um compilado de resultados de pesquisas observadas por Matos (1999) apresentou evidências sobre a capacidade da associação com FMA's influenciar e favorecer seu crescimento sob condições adversas, principalmente, em períodos de estresse hídrico.



**Figura 16.** Variação percentual das gramíneas ao longo de 10 meses, sob efeito da aplicação de solo contendo esporos de FMA nativos de área de Cerrado.

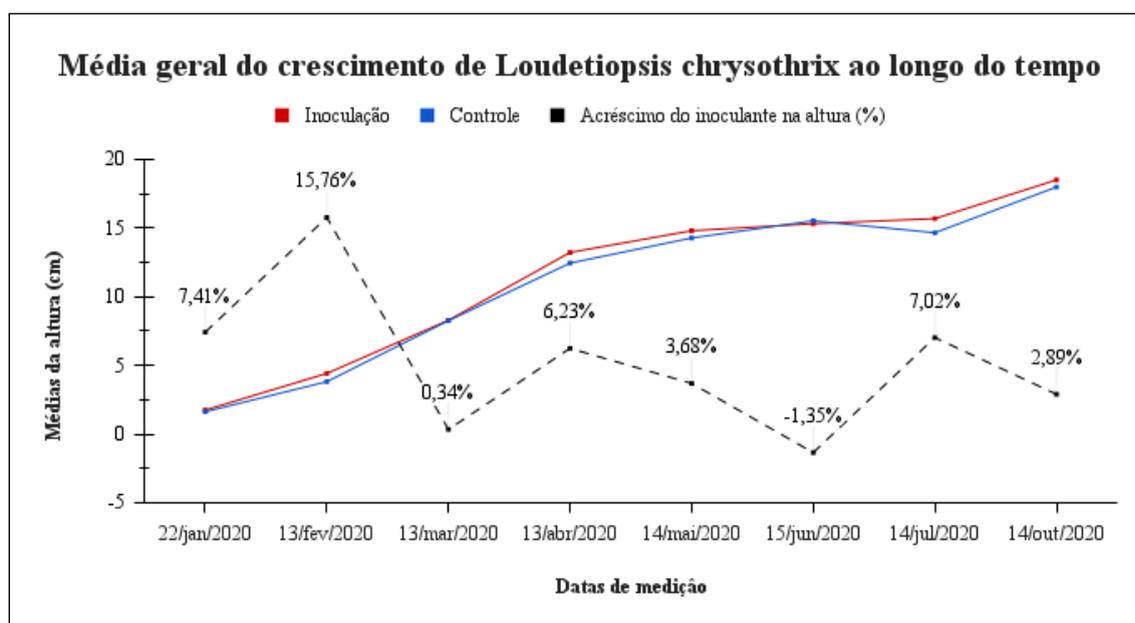
Martins *et al.* (1999) observaram que fungos microscópicos arbusculares podem ser encontrados em áreas degradadas e suas populações variam sazonalmente. Os FMA's nativos desempenham um papel importante no estabelecimento da nativa e pioneira *Aristida setifolia* em áreas naturais e degradadas do Cerrado.

Na Figura 17, observa-se que a população da gramínea *A. longifolia* apresentou a maior variação percentual da altura, positiva para a inoculação, com acréscimo de 26,05% no mês de julho. Em abril, houve o maior decréscimo de 8,24%, sendo esta variação positiva para a população controle. No entanto, os tratamentos não apresentaram diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) de janeiro a outubro (Anexo 2).



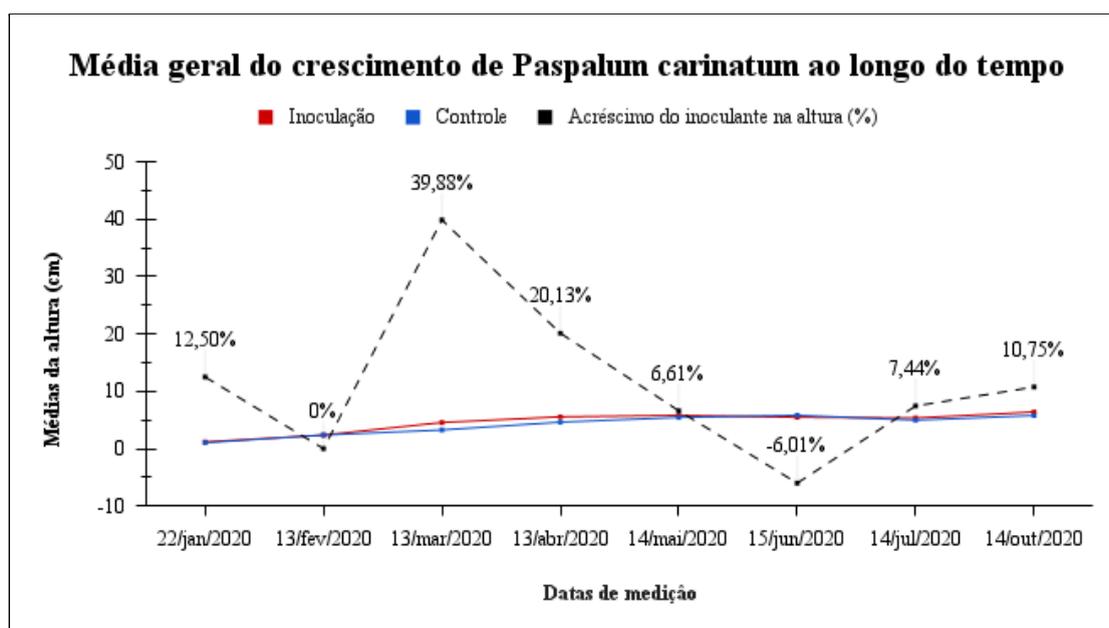
**Figura 17.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Aristida longifolia* Trin. de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante.

Para a espécie *L. chrysothrix*, a maior variação percentual foi positiva para a inoculação, com acréscimo de 15,76% no mês de fevereiro. A variação foi negativa para este tratamento no mês de junho, quando houve decréscimo de 1,35% da média na altura da população na Figura 18. A diferença estatística entre os tratamentos condiz com o acréscimo do inoculante na altura no mês de fevereiro ( $p < 0,05$ ), resultado não observado nos demais meses.



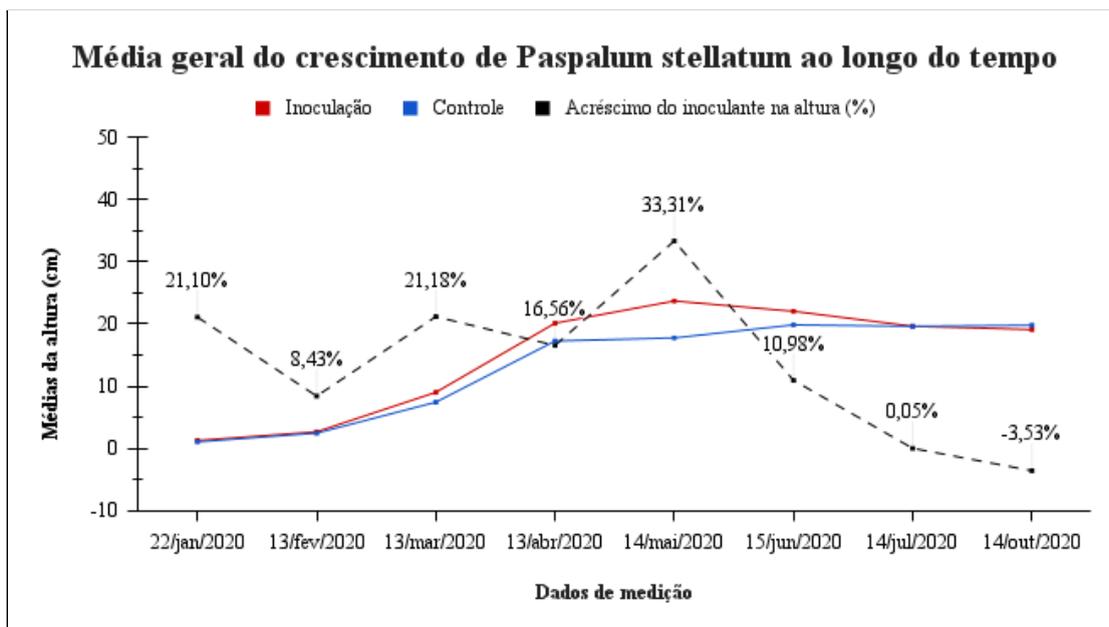
**Figura 18.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante.

Observou-se acréscimo de 39,88% na média da altura para a população inoculada da gramínea *P. stellatum* no mês de março. Já no mês de junho, houve decréscimo de 6,01% na média, variação positiva para a população controle da Figura 19. No entanto, os tratamentos não apresentaram diferença estatisticamente significativa ( $p>0,05$ ) de janeiro a outubro (Anexo 2).



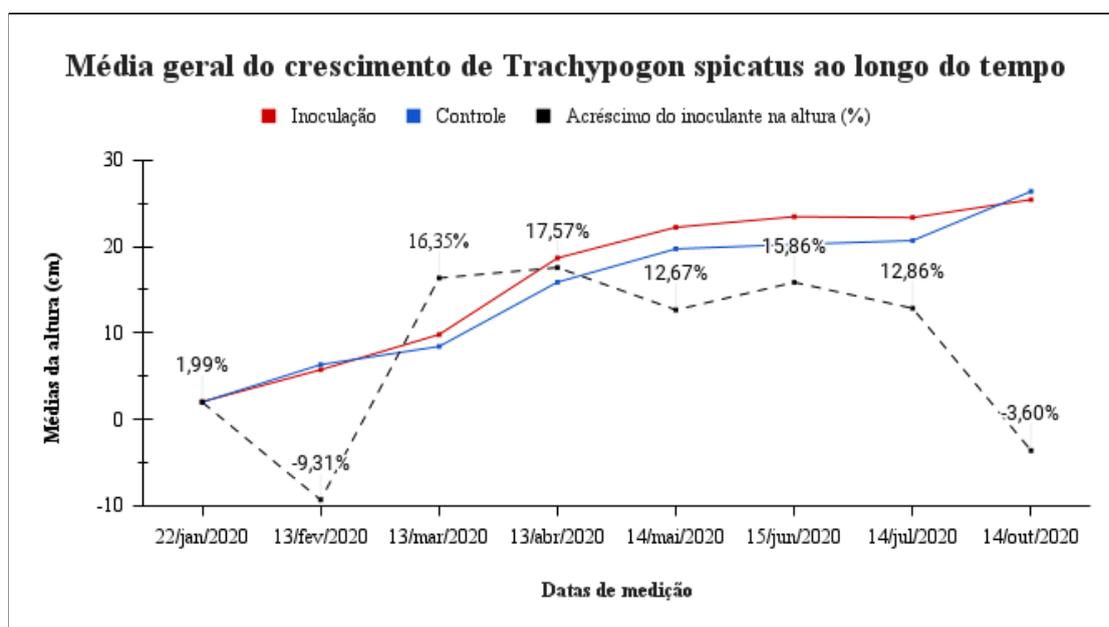
**Figura 19.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante.

A população da gramínea *P. stellatum* apresentou a maior variação percentual da altura positiva para a inoculação, com acréscimo de 33,31% no mês de maio. Em outubro, houve um único decréscimo de 3,53%, sendo esta variação positiva para a população controle da Figura 20. A diferença estatística entre os tratamentos condiz com o acréscimo do inoculante na altura no mês de maio e se estende aos meses de janeiro e abril ( $p<0,05$ ), todos positivos para a inoculação.



**Figura 20.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Paspalum stellatum* Humb. & Bonpl. ex Flügge de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante.

Para a espécie *T. spicatus*, a maior variação percentual foi positiva para a inoculação, com acréscimo de 17,57% no mês de abril. Em fevereiro, houve um decréscimo de 9,31% da média na altura, variação positiva para a população controle da Figura 21. A diferença estatística entre os tratamentos condiz com o acréscimo do inoculante na altura no mês de abril e se estende aos meses de fevereiro e junho, todos positivos para a inoculação ( $p < 0,05$ ).



**Figura 21.** Médias do crescimento em altura da gramínea *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze. de janeiro a outubro de 2020, com o acréscimo percentual representando os possíveis efeitos de solo inoculante.

A alta variabilidade da resposta das plantas possivelmente interferiu no resultado observado, o que indica a necessidade de ampliação do número de repetições em estudos posteriores, com objetivo de avaliar a resposta das plantas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

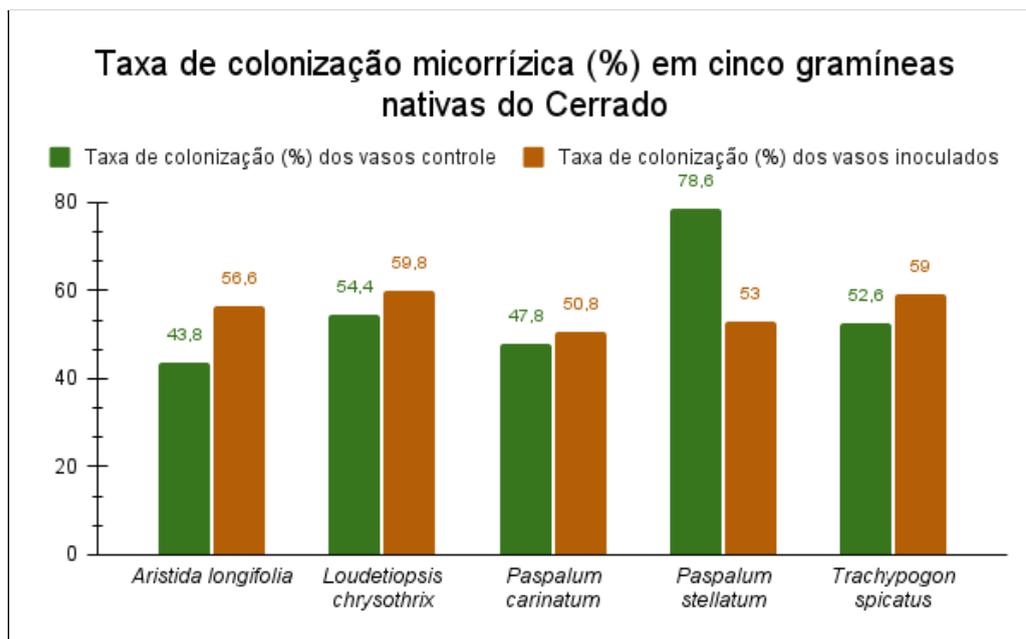
As médias das alturas das gramíneas, quando comparados os dois tratamentos, foram se estabilizando com o passar dos meses, não havendo diferença significativa entre os vasos inoculados e não inoculados nos dois últimos levantamentos. Em junho de 2020, foi o último mês em que uma das espécies apresentou o efeito de inoculação para a variável altura.

### 5.3 Contagem de colonização micorrízica radicular

Na última variável analisada, as taxas de colonização micorrízica das gramíneas variaram de 40 a 70% (Figura 22). Quando comparadas as médias da porcentagem de colonização dos dois tratamentos, verifica-se que quatro das cinco espécies estudadas proporcionaram maiores médias de colonização no tratamento inoculado, que o tratamento onde os vasos não foram inoculados. No entanto, foi registrado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da inoculação apenas para *A. longifolia* (Anexo 4), com maior taxa de colonização nas raízes inoculadas.

Para *L. chrysothrix*, *P. carinatum* e *T. spicatus*, a taxa de colonização foi semelhante entre os tratamentos, mesmo que maior nos vasos inoculados, não houve efeito da inoculação ( $p > 0,05$ ). Este resultado está alinhado com um acréscimo significativo no crescimento em altura do *L. chrysothrix*, no início do seu estabelecimento (fevereiro) nos vasos inoculados (Anexo 3). O mesmo observa-se para *T. spicatus* ao acréscimo considerável no crescimento em altura do na época da seca (maio e junho) nos vasos inoculados. O contrário acontece com o *P. carinatum* que não apresentou nenhum efeito estatístico dos FMA's.

O efeito da inoculação foi negativo para *P. stellatum* (Anexo 4), visto que a taxa de colonização foi estatisticamente maior nos vasos do controle em relação aos vasos inoculados ( $p > 0,05$ ). Foi também a maior taxa de colonização entre todas as gramíneas, o que condiz com os resultados do crescimento em altura semelhantes entre os tratamentos. Talvez, a necessidade de suportar a época da seca, tenha desencadeado a colonização em massa nas raízes do *P. stellatum*. Ainda, não é válido atribuir os efeitos observados no crescimento das gramíneas exclusivamente ao componente simbiótico do solo inóculo, visto que a população de FMA do substrato foi competente em estabelecer simbiose com as plantas.



**Figura 22.** Taxa de colonização micorrízica em gramíneas nativas do Cerrado cultivadas em vasos via semeadura direta, no viveiro da Prefeitura da Universidade de Brasília.

Essas observações indicam a necessidade de se avaliar a taxa de colonização de acordo com a variação climática, em próximos estudos, de modo a identificar o comportamento dos FMA's associado às demais variáveis ao longo do tempo. Ainda, em estudos futuros, as espécies podem ser analisadas como potencial para multiplicação de fungos micorrízicos arbusculares e produção de inoculante, dadas as respostas positivas à colonização radicular.

As taxas de colonização mais elevadas apresentaram-se semelhantes às taxas que se observam em outros trabalhos. Em substrato de Cerrado natural, Martins e colaboradores (1999) observaram uma taxa de colonização de 62% na gramínea nativa *Aristida setifolia* Kunth. Neste caso, a associação com fungos micorrízicos arbusculares nativos contribuiu para o estabelecimento da gramínea em áreas degradadas do Cerrado. Brasileiro (2017), encontrou uma alta taxa de colonização micorrízica em espécies de gramíneas do gênero *Axonopus*, com valores de até 95% de raízes colonizadas, em áreas caracterizadas como fragmentos de Cerrado *sensu stricto*.

A variação da colonização em *L. chrysothrix* (54,4% e 59,8%) pode ser considerada mediana se comparada ao encontrado por Costa e colaboradores (2016). Neste estudo, verificaram uma média de 87% de colonização radicular da espécie *L. chrysothrix* em área caracterizada como campo rupestre, e representa o primeiro relato na literatura relacionando a ocorrência de micorriza nessa gramínea.

## 6 CONCLUSÕES

- Somente a espécie *Aristida longifolia* apresentou melhora significativa na taxa de germinação com a suplementação da comunidade de FMA pela aplicação de solo contendo propágulos de fungos micorrízicos;
- Houve efeito micorrízico favorecendo o crescimento em altura das espécies *Paspalum stellatum* e *Trachypogon spicatus* no período da seca;
- A espécie *Paspalum stellatum* apresentou a maior taxa de colonização micorrízica, com valor de 78,6% em tratamento não inoculado.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho, alguns desafios foram encontrados: dificuldades no tratamento e análise dos dados podem dever-se ao baixo número de repetições de vasos para cada espécie. Como alternativas, recomenda-se para os próximos trabalhos o uso de um maior número de vasos para aumentar a intensidade amostral.

Ainda que seja um estudo inicial sobre o uso potencial de gramíneas nativas do Cerrado associado ao manejo de fungos micorrízicos, o presente trabalho viabilizou a escolha das espécies *Loudetiopsis chrysothrix*, *Paspalum stellatum* e *Trachypogon spicatus* para projetos de paisagismo e de restauração do Cerrado com base no seu notável crescimento e desenvolvimento. A valorização dessas gramíneas nativas em espaços urbanos ou naturais degradados, assim como de tantas outras espécies do Cerrado, traz uma nova perspectiva ao cidadão, o sentimento de pertencimento sobre o lugar em que vivem. Possibilita a integração do homem com a natureza local ao se respeitar as características do meio ambiente, recuperando paisagens e contribuindo para a conservação dos ecossistemas naturais.

Diante da diversidade de espécies ornamentais presentes no estrato baixo do Cerrado, sugere-se estudos similares a este a fim de gerar novos conhecimentos sobre o manejo da flora nativa e do solo, prospectando novas espécies para o uso econômico sustentável.

Em se tratando do manejo de fungos micorrízicos arbusculares, é interessante que estudos busquem viabilizar micorrizas nativos para a produção de inoculantes a fim de potencializar o desenvolvimento das plantas, manter o solo vivo, reduzir custos agrícolas e o uso de insumos químicos lesivos ao meio ambiente.

## 8. REFERÊNCIAS

BFG. **Conhecimento crescente: um panorama da diversidade de sementes de plantas no Brasil.** Rodriguésia, 2015. v.66, n.4, p.1085-1113. (<https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>).

BOOTH, D. Terrance; COX, Samuel E.; BERRYMAN, Robert D. Point sampling digital imagery with ‘SamplePoint’. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 123, n. 1, p. 97-108, 2006.

BRASILEIRO, Lemerson de Oliveira. **Fungos micorrízicos arbusculares associados a gramíneas nativas do cerrado do gênero Axonopus.** 2017. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture.** ACIAR Monograph, 1996, 32. 374 + xp.

FERREIRA, D. F. SISVAR-Sistema de análise de variância. Versão 5.3. *Lavras-MG: UFLA*, 2010.

CARDOSO. E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo.** 2. e.d Piracicaba: ESALQ, 2016.

CARMONA, R.; MARTINS, C. R.; FÁVERO, A. P. Características de sementes de gramíneas nativas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1999, v. 34, n. 6, p. 1066-1074.

CASSETARI, A. D. S.; SILVA, M. C. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. **Microbiologia do solo.** 2. e.d Piracicaba: ESALQ, 2016, cap.:8 Fixação biológica de nitrogênio simbiótica, p. 111-132.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, 2008, 5: 180-208.

CORDEIRO, M. A. S. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2005, 35.3: 147-153.

COSTA, H. A. O. Species richness and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in *Syngonanthus elegans*, an endemic and threatened species from the Cerrado domain in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, 2016, 40: 326-336.

COSTA, M. **Espaços verdes e jardins sustentáveis**. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve. 2010, 27.08: 2016.

DE MELO, Aline Arrorellas Holanda. **Análise da cobertura e produção de matéria seca em gramíneas de cerrado sob efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

DINIZ, Kênia Almeida, et al. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, 2006, 28.3: 37-43.

FILGUEIRAS, T. S. **Gramíneas do Cerrado**. Ed. Póstuma, Rio de Janeiro, IBGE, 2021.

FLORA DO BRASIL 2020:  
<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do> Acesso realizado em 2022.

FRANK, B. On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of AB Frank's classic paper of 1885). **Mycorrhiza**, 2005, 15.4: 267-275.

GABRIEL, A. W. Semeadura Direta para Restaurar Savanas Neotropicais: uma Alternativa para Adequação Ambiental no Cerrado. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, 2022, 12.1: 88-103.

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 London**, 1963, v. 46, p. 234–244.

GIANINAZZI-PEARSON, V. Gene expression and molecular modifications associated with plant responses to infection by arbuscular mycorrhizal fungi. In: **Advances in molecular genetics of plant-microbe interactions**. Springer, Dordrecht, 1994. p. 179-186.

GIANINAZZI-PEARSON, V. Plant cell responses to arbuscular mycorrhizal fungi: getting to the roots of the symbiosis. **The Plant Cell**, 1996, 8.10: 1871.

GIOVANNETTI, M.; AVIO, L.; SBRANA, C. Fungal spore germination and pre-symbiotic mycelial growth—physiological and genetic aspects. In: **Arbuscular mycorrhizas: physiology and function**. Springer, Dordrecht, 2010. p. 3-32.

GIONVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infections in roots. **New Phytologist**, 1980, v. 84, p. 489–500.

GOUVÊA, A. P. M. L. **Gramíneas das formações savânicas e campestres do Parque Ecológico Bernardo Sayão - Brasília, Distrito Federal, Brasil**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Botânica da Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Considerações sobre o uso de plantas ornamentais nativas. **Ornamental Horticulture**, 2006, 12.1.

HEIJDEN, V. D.; Marcel, G. A. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, 1998, 396.6706: 69-72.

HINSINGER, Philippe. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and soil**, 2001, 237.2: 173-195.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normais Climatológicas (1991/2020). Brasília, 2022. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso realizado em 03 de janeiro de 2022

JOBIM, Khadija. **Fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) em diferentes níveis de profundidade em fragmentos florestais**, Sete Lagoas, MG. 2015. Master's Thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

KELLOGG, E.A. Evolutionary history of the grasses. **Plant Physiology**, 2001, 125: 1198-1205.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, 2005, 1.1: 147-155.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LIMA, Késsia Barreto, et al. Germinação de milho (*Zea mays* L.) e fungos micorrízicos em solos brasileiros contaminados com petróleo. **Simpósio internacional sobre manejo sostenible de los recursos forestales**, 2014, 8: 10.

LIMA, RLF de A.; SANTOS, G. C.; GIONGO, V. Distribuição vertical de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em ambientes naturais ou cultivados no Semiárido brasileiro. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 17., 2020, Poços de Caldas. Participação social, ética e sustentabilidade. Poços de Caldas: IF Sul de Minas: UNIFAL-MG, 2020., 2020.

LINDERMAN, Robert G. Effects of mycorrhizas on plant tolerance to diseases. In: **Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function**. Springer, Dordrecht, 2000. p. 345-365.

MARCHI, M. M.; BARBIERI, R. L. **Cores e formas no Bioma Pampa – Gramíneas ornamentais nativas**. 1. ed. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2015. v. 1. 200p.

MARCHI, M. M.; BARBIERI, R. L. Arte floral com gramíneas nativas do Bioma Pampa. **Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa**, Pelotas, Editora UFPel, 2020.

MÁRIO COSTA, France, et al. Crescimento de milho crioulo cultivado com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, 2020, 13.3.

MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1999, 34.4: 665-674.

MATOS, R. M. B.; DA SILVA, E. M. R.; LIMA, E. **Fungos micorrízicos e nutrição de plantas**. Embrapa Agrobiologia-Documents (INFOTECA-E), 1999. 36p.

MELLO, S. S.; PASTORE, J. B. Flora ornamental do Cerrado no paisagismo: retrato da aplicação prática. **Ornamental Horticulture**, 2020, 27: 78-87.

MENDONÇA, R., J.; FELFILI, B.; WALTER, J.C.; SILVA JR., A.; REZENDE, T.; FILGUEIRAS; NOGUEIRA, P. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (eds.). **Cerrado. Ambiente e flora**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa - Cerrados, Planaltina, Brasil., 1998, 288-556.

MENDONÇA, RC de, et al. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. **Cerrado: ecologia e flora**, 2008, 2: 422-442.

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 2006, 20: 671-685.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Florística do estrato herbáceo-subarbustivo de um campo limpo úmido em Brasília, Brasil. **Biota Neotropical**, 2007, 7(3): 205-215.

MUNHOZ, C. B. R. ;FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo em campo limpo úmido no Brasil Central. **Acta Botanica Brasilica**, 2008, 22: 905-913.

MYERS, N. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 2000, 403.6772: 853-858.

OLIVEIRA, R. C. Paspalum (Poaceae) no Rio Grande do Norte, Brasil. **Rodriguésia**, 2013, v. 64, n. 4, p. 847-862.

PELLIZZARO, K. F. **Restauração ecológica por meio de semeadura direta no Cerrado: avaliando espécies de diferentes formas de vida e densidades de plantio**. Dissertação de Mestrado; Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

PELLIZZARO, K. F. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, 2017, v. 40, n. 3, p. 681-693.

RAGHOTHAMA, K.G. **Phosphate acquisition**. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto**, 1999, v. 50, p. 665–693.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE), 1998.

RIZZINI, C.T. 1971. A flora do cerrado. In: FERRI, G.M. (ed.) **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1971, pp. 106-153.

SAMPAIO, A. B. **Guia de restauração do Cerrado: volume 1: semeadura direta**. Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E), 2015.

SAMPAIO, A. B. **Ervas e Arbustos para Restauração do Cerrado: Semeadura Direta**. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2019.

SANTOS, F.F.M.; MUNHOZ, C.B.R. Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal. **Heringeriana**, 2012, 6: 21-27.

SANTOS, Ívina Paula Almeida dos, et al. Frações de fósforo em gramíneas forrageiras tropicais sob fontes e doses de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, 2006, 30: 961-970.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Cambridge, 2001, v. 105 n. 12, p. 1413-1421.

SILVA, D. P. D. **Composição, estrutura e diversidade da vegetação herbáceo-arbustiva em Veredas no Jalapão, Tocantins**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2017, 64p.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, 2002, 52: 225-233.

SIMON, L. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. **Nature**, 1993, 363.6424: 67-69.

SIQUEIRA, M. Jardins do Cerrado: potencial paisagístico da Savana brasileira. **Revista CAU/UCB**, 2016, v. 4, p. 33-47.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Fósforo na Agricultura Brasileira, Yamada, T. and SRS Abdalla (Eds.), 2004, 157-196.

SOUZA, A.; MORAES, M. G.; RIBEIRO, R. C. L. F. Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos. **Acta bot. Bras**, 2005, 19(1): 81-90.  
<https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100009>

TRESEDER, K. K.; CROSS, A. Global distributions of arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecosystems**, 2006, 9.2: 305-316.

**UICN. A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2021-3:**  
<https://www.iucnredlist.org>. Acesso realizado em 27 de abril de 2021.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. **Microbiologia do solo**. 2. e.d Piracicaba: ESALQ, 2016, cap.:12 Micorrizas, p. 179-196.

VELDMAN, J. W. Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands.  
**Frontiers in Ecology and the Environment**, 2015, 13.3: 154-162.

## 9 ANEXOS

**Anexo 1.** Número de indivíduos, média por vaso, desvio padrão e Teste F de cada espécie nos meses de janeiro e fevereiro de 2020.

Janeiro/2020									
Espécies	Controle				Inoculado				Teste F
	Número de indivíduos	Indivíduos (%)	Média indivíduos/ vaso	Desvio padrão	Número de indivíduos	Indivíduos (%)	Média indivíduos/ vaso	Desvio padrão	
<i>Aristida longifolia</i>	268	26,8	53,6 b	6,107	329	32,9	65,8 a	12,988	0.0021 a
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	44	4,4	8,8 a	2,049	55	5,5	11 a	5,788	0.5512 b
<i>Paspalum carinatum</i>	50	5	10 a	2,121	52	5,2	10,4 a	2,510	0.9135 b
<i>Paspalum stellatum</i>	49	4,9	9,8 a	3,347	43	4,3	8,6 a	2,966	0.7446 b
<i>Trachypogon spicatus</i>	91	9,1	18,2 a	3,271	54	5,4	10,8 a	3,633	0.0512 b

Fevereiro/2020									
Espécies	Controle				Inoculado				Teste F
	Número de indivíduos	Indivíduos (%)	Média indivíduos/ vaso	Desvio padrão	Número de indivíduos	Indivíduos (%)	Média indivíduos/ vaso	Desvio padrão	
<i>Aristida longifolia</i>	408	40,8	81,6 a	6,656	364	36,4	72,8 a	12,029	0.0764 a

<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	102	10,2	20,4 <b>a</b>	6,731	121	12,1	24,2 <b>a</b>	8,136	0.4350 <b>b</b>
<i>Paspalum carinatum</i>	99	9,9	19,8 <b>a</b>	9,654	117	11,7	23,4 <b>a</b>	6,504	0.4593 <b>b</b>
<i>Paspalum stellatum</i>	63	6,3	12,6 <b>a</b>	3,209	60	6	12 <b>a</b>	3,536	0.9014 <b>c</b>
<i>Trachypogon spicatus</i>	100	10	20 <b>a</b>	3,674	117	11,7	23,4 <b>a</b>	4,669	0.4844 <b>b</b>

-Médias que apresentam a mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si (Teste t 0,05).

**Anexo 2.** Efeito micorrízico sobre as gramíneas ao longo do tempo.

<b>Variabilidade entre as médias de crescimento em altura das gramíneas pelo Teste F</b>								
<b>Espécies</b>	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Outubro
<i>Aristida flaccida</i>	0.3446	0.2358	0.8458	0.7443	0.6742	0.4815	0.4687	0.9508
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	0.2028	<b>0.0119</b>	0.9735	0.5624	0.6938	0.8876	0.5827	0.7675
<i>Paspalum carinatum</i>	0.1956	0.9929	0.1318	0.4849	0.7947	0.8103	0.8454	0.7227
<i>Paspalum stellatum</i>	<b>0.0180</b>	0.3681	0.0687	<b>0.0377</b>	<b>0.0001</b>	0.1419	0.8329	0.6905
<i>Trachypogon spicatus</i>	0.7353	<b>0.0133</b>	0.1089	<b>0.0424</b>	0.0705	<b>0.0338</b>	0.1609	0.5867

**Anexo 3.** Valores médios do crescimento em altura e incremento com esporos nos vasos do controle e nos vasos inoculados ao longo do tempo, com o Teste F.

Espécies	Tratamentos	Crescimento em altura (cm)							
		22/jan/2020	13/fev/2020	13/mar/2020	13/abr/2020	14/mai/2020	15/jun/2020	14/jul/2020	14/out/2020
<i>Aristida longifolia</i>	Controle	1,83 a	4,26 a	4,82 a	5,22 a	5,09 a	5,39 a	5,22 a	8,46 a
	Inoculação	1,92 a	4,53 a	4,65 a	4,79 a	5,66 a	6,42 a	6,58 a	8,35 a
	Incremento com esporos (%)	4,92	6,34	-3,53	-8,24	11,20	19,11	26,05	-1,30
	Teste F (Pr>Fc)	0.3446	0.2358	0.8458	0.7443	0.6742	0.4815	0.4687	0.9508
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	Controle	1,62 a	3,81 b	8,25 a	12,44 a	14,26 a	15,51 a	14,64 a	17,97 a
	Inoculação	1,74 a	4,41 a	8,28 a	13,21 a	14,79 a	15,30 a	15,67 a	18,49 a
	Incremento com esporos (%)	7,41	15,76	0,34	6,23	3,68	-1,35	7,02	2,89
	Teste F (Pr>Fc)	0.2028	0.0119	0.9735	0.5624	0.6938	0.8876	0.5827	0.7675
<i>Paspalum carinatum</i>	Controle	1,04 a	2,37 a	3,26 a	4,62 a	5,45 a	5,82 a	4,97 a	5,77 a

	Inoculação	1,17 a	2,37 a	4,56 a	5,55 a	5,81 a	5,47 a	5,34 a	6,39 a
	Incremento com esporos (%)	12,50	0	39,88	20,13	6,61	-6,01	7,44	10,75
	Teste F (Pr>Fc)	0.1956	0.9929	0.1318	0.4849	0.7947	0.8103	0.8454	0.7227
<i>Paspalum stellatum</i>	Controle	1,09 b	2,49 a	7,46 a	17,27 b	17,77 b	19,86 a	19,63 a	19,81 a
	Inoculação	1,32 a	2,70 a	9,04 a	20,13 a	23,69 a	22,04 a	19,64 a	19,11 a
	Incremento com esporos (%)	21,10	8,43	21,18	16,56	33,31	10,98	0,05	-3,53
	Teste F (Pr>Fc)	0.0180	0.3681	0.0687	0.0377	0.0001	0.1419	0.8329	0.6905
<i>Trachypogon spicatus</i>	Controle	2,01 a	6,34 a	8,44 a	15,88 b	19,73 a	20,24 a	20,69 a	26,37 a
	Inoculação	2,05 a	5,75 b	9,82 a	18,67 a	22,23 a	23,45 a	23,35 a	25,42 a
	Incremento com esporos (%)	1,99	-9,31	16,35	17,57	12,67	15,86	12,86	-3,60
	Teste F (Pr>Fc)	0.7353	0.0133	0.1089	0.0424	0.0705	0.0338	0.1609	0.5867

Erro padrão	0,07	0,16	0,59	0,93	0,94	1,02	1,31	1,23
-------------	------	------	------	------	------	------	------	------

-Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si (Teste t 0,05).

**Anexo 4.** Teste T e Teste F para o efeito dos tratamentos sobre a taxa de colonização total das cinco espécies.

	Taxa de colonização (%) dos vasos controle	Taxa de colonização (%) dos vasos inoculados	Pr>Fc
Geral	55,44 a	55,84 a	0.9444
<i>Aristida longifolia</i>	43,8 b	56,6 a	0.0293
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	54,4 a	59,8 a	0.3445
<i>Paspalum carinatum</i>	47,8 a	50,8 a	0.6022
<i>Paspalum stellatum</i>	78,6 a	53,0 b	0.0000
<i>Trachypogon spicatus</i>	52,6 a	59,0 a	0.2680

-Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si (Teste t 0,05).