

A Esporulação e Colonização Radicular por Fungos Micorrízicos Arbusculares em *Paepalanthus* sp. Sob Diferentes Níveis de Umidade em Campo Rupestre

Sporulation and Root Colonization by Arbuscular Mycorrhizal Fungi in *Paepalanthus* sp. Under Different Humidity Levels in Campo Rupestre

Silvane Maria da Silva Pereira^a; Orivaldo Jose Saggin Junior^b; Maria Lucrécia Gerosa Ramos^c; Maria Luiza de Freitas Konrad^{*a}

^aUniversidade Federal do Tocantins. TO, Brasil.

^bEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agrobiologia. RJ, Brasil.

^cUniversidade de Brasília. DF, Brasil.

*E-mail: lkonrad@mail.uft.edu.br

Resumo

O bioma Cerrado abrange boa parte do território brasileiro, com ampla diversidade biológica e paisagens variadas, formando um verdadeiro mosaico ecológico. As Eriocaulaceae são exemplares presentes no Cerrado, crescendo em solos arenosos dos campos rupestres, sendo o *Paepalanthus* o maior gênero da família. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) fazem simbiose com as raízes de *Paepalanthus*, bem como com a maioria das plantas vasculares e essas associações, chamadas de micorrizas, são importantes para a adaptação e permanência dessas plantas em diversos ambientes por aumentar a capacidade de absorção de nutrientes e água. A esporulação e colonização micorrízica são influenciadas tanto por fatores intrínsecos das plantas hospedeiras bem como por fatores ambientais. Considerando-se que o *Paepalanthus* ocorre em diversos ambientes de solos do cerrado, desde os mais úmidos até os mais secos, decidiu-se por avaliar como se comporta a liberação de glomalina, a esporulação e a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares FMA's em *Paepalanthus* sp. sob três níveis de umidade do solo em um campo rupestre na Chapada dos Veadeiros (GO). Os resultados mostraram que os diversos teores de umidade dos solos avaliados promoveram resultados diversos na esporulação micorrízica, colonização radicular e glomalina. A esporulação não foi afetada pela mudança na umidade do solo, no entanto a maior umidade afetou os valores para glomalina e colonização micorrízica.

Palavras-chave: Campo Rupestre. Umidade. Esporulação. Colonização Micorrízica. Glomalina.

Abstract

The Cerrado biome covers much of the Brazilian territory, with wide biological diversity and varied landscapes forming a true ecological mosaic. The Eriocaulaceae are examples present in the Cerrado, growing in sandy soils of the rupestrian fields, with *Paepalanthus* being the largest genus of the family. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) form symbiosis with the roots of *Paepalanthus*, as well as with most vascular plants, and these associations, called mycorrhizae, are important for the adaptation and permanence of these plants in different environments by increasing the absorption capacity of nutrients and water. The sporulation and mycorrhizal colonization are influenced both by intrinsic factors of the host plants as well as by environmental factors. Considering that *Paepalanthus* occurs in different soil environments of the Cerrado, from the most humid to the driest, it was decided to evaluate the glomalin present in the rhizosphere of these plants and the sporulation and root colonization by AMF's in *Paepalanthus* sp. under three soil moisture levels in a rupestrian field in Chapada dos Veadeiros (GO). The results showed that the different soil moisture contents promoted different results in mycorrhizal sporulation, root and glomalin colonization. The sporulation was not affected by the change in soil moisture, however the higher moisture affected the values for glomalin and mycorrhizal colonization.

Keywords: Rupestrian Field. Moisture. Sporulation. Mycorrhizal colonization. Glomalin.

1 Introdução

A ação antrópica é um dos fatores mais expressivos no processo e aquecimento global, sendo necessárias ações e estratégias como medidas mitigadoras que impeçam as emissões dos gases causadores do efeito estufa (MARTELLI, 2022). Neste sentido, o bioma cerrado, situado na região central do país, presente em 12 estados e correspondendo a 24% da área total do país, carece de ser preservado por ser importante reserva e estoque de carbono que estando preservado mantém este carbono fora da atmosfera, fixado em suas plantas. Sabemos que não se preserva o que não se conhece, daí a importância deste estudo no sentido de se conhecer mais sobre o cerrado e sua vegetação.

Sendo o Cerrado o segundo maior bioma em extensão, só perdendo para a Amazônia, abastecendo 8 das 12 regiões hidrográficas do país e devido à sua localização estratégica, mantém importantes relações ecológicas com os biomas vizinhos tendo como resultado dessa interação, a existência de uma ampla diversidade biológica. O cerrado é tido como um mosaico pela variada vegetação compreendendo formações campestres e savânicas, misturando vegetação rasteira com arbustos, possuindo também áreas florestais de matas mais densas com diversos aspectos florístico, morfológico e de estatura das plantas, resultado das condições ambientais de solo, clima e hidrografia, além da ação do fogo. A reserva hídrica do cerrado localiza-se nas camadas mais profundas do solo, no lençol freático de onde as plantas retiram a água necessária

nos períodos de escassez (seca) e brotam rapidamente com a chegada das primeiras chuvas (NASCIMENTO, 2013).

Alves *et al.* (2014) apresenta campo rupestre *sensu lato* o mosaico de vegetação montana, gramíneo-arbustiva, com afloramentos rochosos de quartzo, arenito ou ferro, associado a campos arenosos, pedregosas e encharcados e entremeado por manchas de outros tipos de vegetação, como cerrado, matas de galeria, relictos ou áreas de transição. Os campos rupestres *stricto sensu* são um complexo de vegetação endêmico ao Brasil, presente no Cerrado das regiões Sudeste, Nordeste e Centro Oeste, entre 900 a mais de 2000 m de altitude e precipitação anual entre 800 e 1500 mm, uma flora com numerosas adaptações à uma estação árida de dois a cinco meses, como as Veloziáceas e as Eriocauláceas.

Eriocaulaceae é uma família de plantas floríferas pertencente à ordem Poales cujos gêneros e espécies estão amplamente distribuídos nas regiões tropicais da América do Sul e ao qual pertence o gênero *Paepalanthus*. O *Paepalanthus spp.*, presente no cerrado de campos rupestres, é um gênero botânico pertencente à família Eriocaulaceae, popularmente conhecida como “chuveirinho”. Possui como características morfológicas as raízes com aspecto esponjoso e esbranquiçado, acúmulo de ar no córtex, epiderme de paredes finas e caules aéreos ou rizomatosos podendo atingir 1 metro de altura com floração ocorrendo entre os meses de Maio a Julho podendo ter a idade aproximada de 30 anos. Sendo uma espécie nativa do Cerrado de campos rupestres como, por exemplo, a Chapada dos Veadeiros, este tipo de vegetação ocorre, geralmente, em altitudes superiores a 900m em áreas onde há ventos constantes e variações extremas de temperatura, com dias quentes e noites frias, além de solos ácidos e pobres em nutrientes (MEDEIROS, 2011).

Paepalanthus polyanthus (Bong.) Kunth (Eriocaulaceae) é uma espécie herbácea e monocárpica, que morre após um único evento reprodutivo no período total de sua vida. O acentuado dinamismo destas comunidades varia em função das variações de umidade que atuam na germinação e na sobrevivência das espécies e a ocorrência posterior de alagamentos ou déficits de umidade irão definir os locais favoráveis à sobrevivência (CASTELLANI *et al.*, 2001; SCHERER; CASTELLANI, 2004).

Segundo Trovo e Sano (2010), *Paepalanthus* é o maior gênero de Eriocaulaceae, compreendendo cerca de 400 espécies distribuídas principalmente por toda região Neotropical, ou seja, do sul da Flórida ao sul da América do Sul. Foi demonstrado, através de estudos filogenéticos que, o gênero é polifilético, ou seja, formado por espécies que apresentam dois ou mais ancestrais diferentes, ou ainda, não apresentam um ancestral comum. Este grupo é composto por 10 espécies restritas a América do Sul e os autores Trovo e Sano (2010) propõem 19 novos sinônimos, um novo status e uma neotipificação.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ocorrem

associados às raízes da maioria das plantas e em todos os tipos de solo, incluindo os dos cerrados, e os campos rupestres onde se encontram os *Paepalanthus*. Os FMAs possuem a capacidade de manter uma relação simbiótico-mutualística com as plantas, aumentando a área de absorção de nutrientes e água das raízes dessas plantas, podendo atuar também no controle biológico além de produzirem substâncias importantes para o solo, como as glicoproteínas denominadas de glomalina que agem como cimentantes das partículas de solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A glomalina é uma glicoproteína hidrofóbica, termoestável e recalcitrante produzida pelos fungos micorrízicos arbusculares com propriedade de “cola” que auxilia a fixação das partículas do solo, favorecendo a formação de agregados estáveis. Mecanismos que regulam a produção de glomalina pelos FMA ou sua função para esses fungos ainda não estão bem compreendidos. Contudo, fatores que afetam a simbiose micorrízica possivelmente devem também influenciar a produção desta proteína pelos FMA. Essa produção também pode ser influenciada pelas características do solo, clima, sistemas de uso da terra, práticas agrícolas, presença e tipos de vegetação, sombra e maior quantidade de matéria orgânica dentre outros fatores. As glomalinas são notadas em menores quantidades em áreas com revolvimento do solo e maiores teores, em plantios diretos e em ecossistemas naturais. A ausência de intervenções antrópicas promove condições favoráveis ao crescimento fúngico, preserva a integridade das hifas que são as estruturas produtoras de glomalina, bem como, favorece a formação de agregados estáveis que protegem a molécula da degradação por microrganismos (DA SILVA SOUSA *et al.*, 2012).

Os fungos micorrízicos pertencem ao filo Glomeromycota e ocorrem em mais de 80% das plantas vasculares, cultivadas ou nativas, beneficiando o desenvolvimento das mesmas, através da maior absorção de nutrientes pelas hifas do fungo, principalmente aqueles com baixa mobilidade como o fósforo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e aumentam a estabilidade de macroagregados (NÓBREGA *et al.*, 2001).

A associação, do tipo simbiótica, onde os dois organismos obtêm vantagens adaptativas e neste caso é denominada micorriza. O fungo produz uma variedade de estruturas dentro da raiz da planta hospedeira, como os arbúsculos e as vesículas, por onde ocorrem as trocas de nutrientes. Os fotossintatos provenientes da planta são enviados ao fungo e minerais e água absorvida do solo pelo fungo é enviada as plantas (KOIDE; MOSSE, 2004). As hifas funcionam como um prolongamento do sistema radicular da planta hospedeira. As micorrizas conferem também proteção contra patógenos e tolerância à seca e salinidade, potencializando e garantindo maior resistência à seca as plantas hospedeiras (TRISTÃO; ANDRADE; SILVEIRA *et al.*, 2006). Estudos com fósseis de plantas da era devoniana evidenciaram que a associação micorrízica arbuscular existe há pelo menos 400 milhões de

anos (REMY *et al.* 1994; RAMOS *et al.*, 2011).

Os fungos micorrízicos arbusculares sofrem influências de fatores ambientais como inundação, compactação e umidade do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Segundo Rodrigues *et al.* (2014), as micorrizas são sistemas biológicos influenciados, direta ou indiretamente, por inúmeros fatores do ambiente que interferem na formação, funcionamento e ocorrência das mesmas, sendo poucos os trabalhos que examinaram com detalhes tais fatores em seus ambientes naturais.

A maioria das plantas vasculares utilizam as associações micorrízicas como estratégias para aumentar a área de absorção de água e nutrientes, no entanto fatores ambientais como a precipitação pluviométrica, modela o estabelecimento dessa associação (HARA *et al.*, 2021).

Em solos de cerrado natural foi observado variação da frequência de esporos em função dos períodos sazonais de seca e de chuva, sendo menor o número de esporos no solo no período seco, observando no período chuvoso um aumento na quantidade de esporos de até 1,5 vezes com relação ao período seco (MARTINS; MIRANDA; MIRANDA, 1999).

Com essas considerações, este trabalho teve por objetivo avaliar como se comporta a esporulação e a colonização

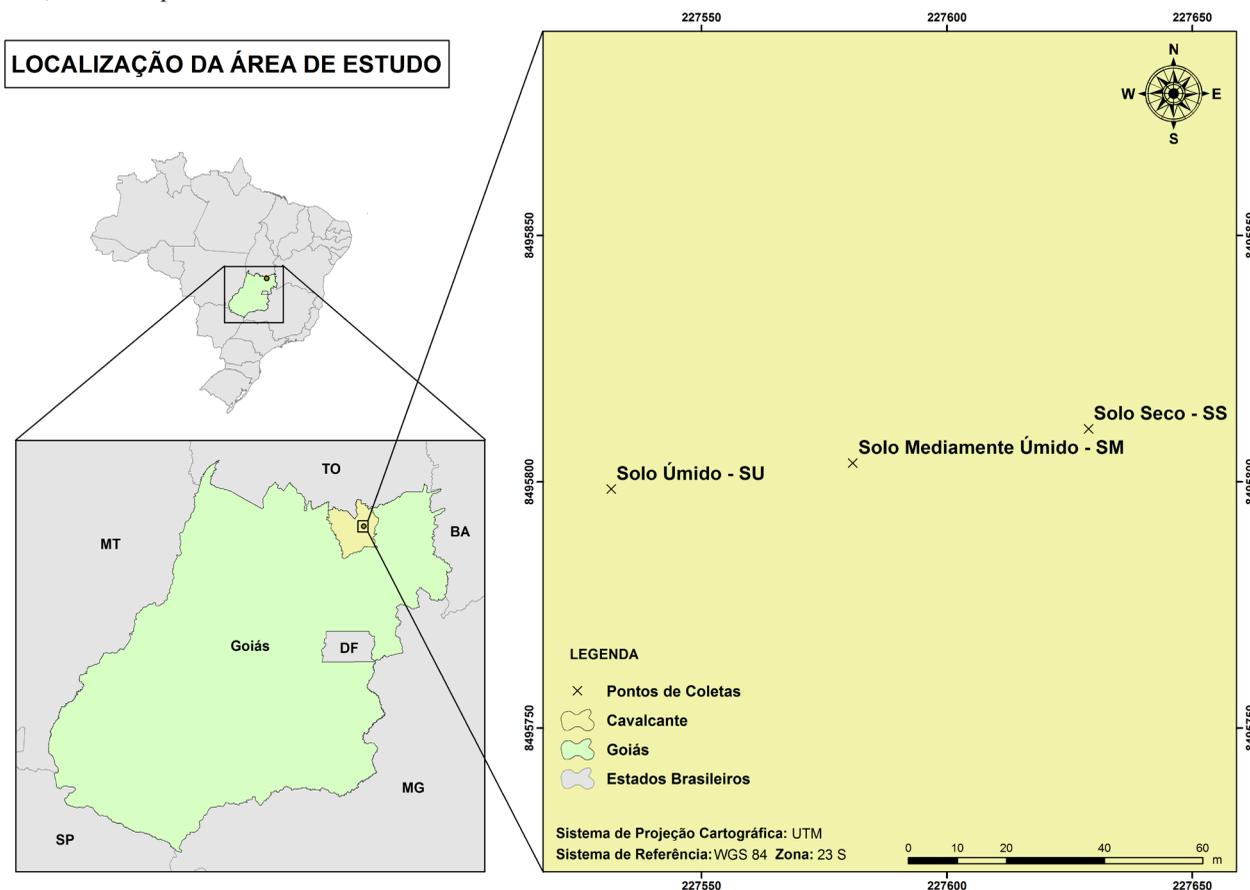
radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) em *Paepalanthus sp.* sob três níveis de umidade do solo de campo rupestre da Chapada dos Veadeiros (GO), além da quantificação da glomalina nestes solos.

2 Desenvolvimento

2.1 Material e Métodos

O experimento teve início em 24 de julho de 2014 com a coleta de raízes e solo rizosférico de *Paepalanthus sp* no Sítio Kalunga município de Cavalcante-GO, Brasil, (Figura 1) no período seco com baixo nível de umidade no solo. As amostras foram retiradas em um terreno em aclive, entre as altitudes 1.185 com terreno visivelmente úmido até 1.205 metros onde o terreno era visivelmente seco, com as seguintes caracterizações de umidades: solo seco, solo com mediana umidade e solo úmido. As amostras de solo após análise de umidade foram nomeadas como solo seco (ss 15,14% umidade) nas coordenadas a 13° 35'37''S , 47° 31'1.5'' W; solo medianamente úmido (sm 21,95% umidade) à 13° 35' 37.21'' S , 47° 31' 3.09'' W; e solo úmido na vereda (su 28,37% umidade) à 13° 35'37.21''S , 47° 30'42.35'' W, numa diferença de 20 metros entre elas.

Figura 1 - Localização geográfica da área de coleta das raízes das plantas analisadas e respectivos solos rizosféricos, no Município de Cavalcante, Estado de Goiás, Brasil, em terreno aclivoso, entre as altitudes 1.185 metros, onde coletaram-se os solos úmidos, seguindo para os solos medianamente úmidos até 1.205 metros sendo coletado os solos secos, numa distância de 20 metros entre cada grupo de coleta, nomeados pontos de coetas



Fonte: dados da pesquisa.

A classificação do clima é AW de acordo com a Köppen e Geiger. Com temperatura média de 23.8 °C e com pluviosidade média anual de 1726 mm.

Para as análises de colonização radicular, foram coletadas quatro plantas no estágio de floração com suas respectivas raízes e também o solo da rizosfera nos três níveis de umidade acima citados. O solo foi separado da raiz, retirada amostra para medição da umidade do mesmo e armazenado sob refrigeração para posterior quantificação dos esporos. As raízes mais finas foram lavadas e conservadas em álcool 50% para posterior avaliação. A coloração micorrízica foi feita segundo Phillips e Hayman (1970) e avaliadas quanto à porcentagem (%) de colonização micorrízica de acordo com Giovannetti e Mosse (1980).

As análises foram feitas no Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Campus Arraias onde avaliou-se o número de esporos em 50 gramas de solo extraíndo-os segundo o método de peneiramento úmido proposto por Gerdemann e Nicolson (1963). Após esse processo, a amostra foi colocada em placa de Petri com círculos concêntricos e submetida ao microscópio estereoscópio para a contagem de esporos.

Para avaliar a interferência de umidade do solo na

quantidade de glomalina facilmente extraível (GFE), as amostras foram submetidas à extração nos três tratamentos e respectivas repetições. A extração de GFE foi obtida através da pesagem de 1g de solo e misturado em 8mL de citrato de sódio a 20mM (pH 7,0), logo após foi autoclavada durante 30 min a 121 °C. Ao término, realizou-se a centrifugação durante 20 min a 5000 rpm (WRIGHT *et al.* 1996, WRIGHT; UPADHYAYA 1996, NICHOLS, 2003). Para a quantificação de glomalina extraível do solo, foram utilizados os métodos de Bradford (1976) modificado por Wright *et al.* (1996) tendo como curva padrão soro-albumina bovina, e utilizando espectrofotômetro em 595 nm.

A análise estatística foi realizada pelo programa Sisvar (FERREIRA, 2003). Os dados de número de esporos do solo foram transformados em log (x+1) e a porcentagem de colonização micorrízica foi transformada em arc sem (x / 100)¹².

2.2 Resultados e Discussão

A porcentagem de colonização micorrízica nas raízes de *Paepalanthus*, o número de esporos e glomalina no solo estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Número de esporos por 50g de solo, porcentagem (%) de colonização micorrízica nas raízes de *Paepalanthus sp.* e quantidade de glomalina

Tratamentos - Umidade (%)	Umidade (%)	Esporos/50grs de solo	% de colonização micorrízica	Glomalina (mg/g de solo)
Ss - 15,14	15,14	162,25a	48,50ab	0.674b
Sm -21,95	21,95	217,50a	30,00b	0.804b
Su-28,37	28,37	231,00a	72,25a	3.252a
		Dms=117,97 ns	Dms= 0,34*	DMS = 0,682**

*Médias com a mesma letra minúscula nas colunas não apresentam diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Glomalina facilmente extraível (GFE) em mg/g de solo nas seguintes condições de umidade ss: solo seco; sm: solos com mediana umidade e su: solo úmido.

Fonte: Dados da pesquisa.

Não houve diferença entre os tratamentos para esporulação, mas, a maior umidade do solo favoreceu a colonização micorrízica nas raízes de *Paepalanthus* e a quantidade de glomalina no solo.

Apesar de vários trabalhos como os de Moreira e Siqueira (2006), Vieira (2001), Martins *et al.* (1999), Balota e Lopes (1996) e Maia (2015) apresentarem diferentes respostas da esporulação relacionadas a diversas porcentagens de umidade do solo tanto em culturas como em plantas nativas, a avaliação deste experimento nestas condições de solo, clima e vegetação, mostrou que a umidade não interferiu na esporulação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Segundo Moreira e Siqueira (2006) a umidade elevada do solo favorece o desenvolvimento de hiperparasitas de esporos dos FMAs reduzindo-lhes a viabilidade e, de modo geral, micorrizas arbusculares esporularam menos em solos mais úmidos, sendo as causas de menores números nestas condições.

Martins *et al.* (1999) notaram que o número de esporos ao

avaliarem o solo de cerrado natural, aumentou em 1,5 vezes no período chuvoso em relação ao período seco. Também Vieira (2001) observou aumento do número de esporos no período chuvoso, em levantamento a campo com braquiária húmidicola com sete amostragens ao longo de 1 ano, constatou menor número de esporos no solo no período seco com média de 51 esporos por 50g de solo e 143 esporos por 50g de solo no período chuvoso.

Balota e Lopes (1996) em seus experimentos com FMAs em cafeeiros constataram maior densidade de esporos no período de menor umidade do solo, Maia (2015), em seus experimentos na Amazônia Oriental, observou uma diminuição da esporulação no período seco e Hara *et al.* (2021) notaram que a esporulação dos FMAs em plantas de pau-rosa e mogno foi influenciada pela disponibilidade hídrica, com maior quantidade de esporos no período chuvoso.

Diversos fatores ambientais podem influenciar a colonização micorrízica e o crescimento radicular em ecossistemas florestais, tais como disponibilidade de

nutrientes e água, além da cobertura do solo (Siqueira *et al.*, 2007; Zangaro *et al.*, 2009). Segundo Augé (2004) a alteração na disponibilidade de água pode afetar tanto a colonização quanto a esporulação micorrízica arbuscular.

Quanto a colonização micorrízica, foi observado diferença entre as diferentes umidades do solo. Em solo úmido as raízes apresentaram uma maior porcentagem de colonização do que em solo com umidade média e seca. No entanto, estatisticamente, não foi observado diferença significativa entre a colonização nas raízes de solos úmidos e secos. Esses resultados concordam com os encontrados por Hara *et al.* (2021) onde a colonização das raízes de plantas de pau-roso e mogno por FMA foi influenciada pela disponibilidade hídrica, com maior taxa de colonização no período de maior quantidade de chuvas.

Oliveira (2019) também encontrou diferença entre a taxa de colonização micorrízica em raízes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* K. Schum.) e sapota do solimões (*Quararibea cordata* H. & B.) no período de maior precipitação hídrica. Segundo Stutz e Morton (1996) é necessário que o aumento ou a diminuição de umidade no solo sejam extremos para que haja efeitos na colonização micorrízica. Moreira e Siqueira (2006) preconizaram que solos com elevado teor de umidade ou sujeitos as inundações, com aeração deficiente, são geralmente desprovidos de FMAs porque os fungos e as raízes são aeróbios e poucas espécies hospedeiras crescem nessas condições. Os autores notaram que o máximo desenvolvimento das micorrizas coincidiu com as condições de umidade que favoreceram o crescimento das plantas, ou seja, próximas à capacidade de campo do solo. Augé (2001) também notou que a colonização diminui com o excesso de água e aumenta com a seca intensa em espécies vegetais cultivadas.

Oliveira e Moreira (2019) observaram maiores colonizações nas raízes de cacauzeiro nos meses de junho e setembro, enquanto o urucum mostrou a menores colonizações no mês de junho, logo, respostas diferentes à sazonalidade sob as mesmas condições edafoclimáticas. Os autores acreditam que as colonizações radiculares por FMAs podem ser um indicativo da presença de raízes novas e finas nas épocas de coletas no campo, uma vez que esses fungos têm dificuldades de infectarem raízes grossas, velhas e suberizadas.

Silva *et al.* (2006) observaram que, de modo geral, a irrigação não promoveu aumento da porcentagem de colonização micorrízica em raízes de braquiária. Maia *et al.* (2015) avaliando raízes em florestas secundárias na Amazônia oriental notaram que a colonização micorrízica não variou com a irrigação.

Neste estudo, nos distintos teores de umidade do solo, notou-se também uma variação no teor de glomalina sendo que o solo úmido apresentou teor estatisticamente maior que os demais, com 3.252 mg g solo⁻¹, seguido pelo solo com umidade intermediária com 0.804 mg g solo⁻¹ e o solo seco com

a menor quantidade de 0.674 mg g solo⁻¹. Conforme descrito por Da Silva Souza *et al.* (2012), maiores teores de glomalina, combinados com a maior colonização micorrízica nas raízes deste solo, podem ser justificados por condições mais favoráveis às plantas que consequentemente proporcionou melhores condições para as micorrizas e maiores teores de glomalina,

Méndez (2016) observou que uma área preservada (Cerrado) apresentou maiores teores de glomalina (4,04 mg/g) que as áreas sob diferentes sistemas de manejo como milho, braquiária e consórcios com valores variando de 2,15 a 2,43 mg/g. O autor justificou esse menor valor ao fato da área ter sido arada, gradeada e calcareada antes da semeadura alterando a estrutura do solo e, consequentemente alterando também a estrutura e a dinâmica da comunidade micorrízica e que em ambientes naturais, a ausência de intervenções antrópicas promove condições favoráveis para o crescimento das estruturas fúngicas e consequentemente a produção e conservação dessa proteína, concordando com resultados de Silva Sousa *et al.* (2012).

Araújo *et al.* (2011) verificaram variações nos teores de glomalina em plantios de sisal na região semiárida da Bahia, sendo os maiores teores em Retirolândia (3,67 mg/g solo) e os menores valores no município de Orolândia (0,67 mg/g de solo), correlacionado os maiores teores a um maior teor de argila nestes solos, pois estes minerais promovem proteção física à molécula contra a ação de micro-organismos decompositores.

Existem muito trabalhos investigando as micorrizas, no entanto, são necessárias mais pesquisas para compreender como se estabelecem essas relações em espécies nativas regionais e assim contribuir com a adição de dados importantes para a microbiologia do solo.

A importância deste trabalho situa-se na descrição primária, em ambiente natural das reações/comportamentos da simbiose entre as raízes do *Paepalanthus* e os fungos micorrízicos, demonstrando as adaptações à sazonalidade em campo rupestre. Deste modo um maior teor de glomalina no período chuvoso, pode ser devido a maior disponibilidade de água e consequentemente nutrientes dissolvidos, com isso, a planta tem condições de oferecer mais nutrientes ao fungo neste período. Essa provável maior disponibilidade de água e nutrientes pode explicar também um maior investimento em raízes finas e consequentemente maior colonização radicular pelo fungo bem nutrido que coloniza preferencialmente as raízes finas, que surgem e em crescimento.

São dados preliminares, importantes por acrescentar informações sobre o comportamento dessa simbiose em campo rupestre, considerando a relativa escassa literatura a respeito em condições naturais.

Maior colonização micorrízica deixa a planta com mais condições de se beneficiar do auxílio dos fungos micorrízicos que em condições de seca, ao ampliar a área de absorção

da raiz, se torna um grande aliado na absorção de água e nutrientes do solo adjacente. Também a glomalina favorece tanto ao fungo na proteção dos esporos, como a raiz da planta com sua presença no período seco. Toda essa condição de auxílio mútuo é o que faz com que essa simbiose fungo-planta se estabeleça e fortaleça a presença de ambos a este ambiente hostil para a maioria das plantas.

3 Conclusão

A umidade não interfere na esporulação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) que permanece esporulando de forma semelhante tanto no período seco quanto no chuvoso

Em solos com maior umidade ha um favorecimento da colonização micorrízica nas raízes de *Paepalanthus* e maior quantidade de glomalina indicando que esse ambiente é mais propício para o estabelecimento da simbiose, provavelmente pelo aparecimento de raízes finas.

A simbiose bem estabelecida terá condições de auxiliar melhor as raízes para fornecer maiores quantidades de nutrientes e água para o *Paepalanthus* que conseqüentemente estará mais adaptado ao ambiente no período de seca.

Referências

ALVES, R.J.V. *et al.* Circumscribing campo rupestre-megadiverse Brazilian rocky montane savanas. *Braz. J. Biol.*, v.74, p.355-362, 2014.

ARAÚJO, A. F. *et al.* Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares e teores de glomalina em cultivos de sisal (*Agave sisalana*) na região semi-árida da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. v. 33, 2011.

AUGÉ, R.M. Arbuscular mycorrhizae, and soil/plant water relations. *Can. J. Soil. Sci.*, v.84, p.373-381, 2004. doi: 10.4141/S04-002.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condições de campo. I. Persistência e interação com espécies nativas. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.20, p.217-223,1996.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, v.72, n.1-2, p.248-254, 1976. doi: 10.1006/abio.1976.9999.

CASTELLANI, T.T.; SCHERER, K.Z.; PAULA, G.D.S. Population ecology of *Paepalanthus polyanthus* (Bong.) Kunth: demography and life history of a sand dune monocarpic plant. *Rev Bras. Bot.*, v.24, p.122-134, 2001.

DA SILVA SOUSA, C. *et al.* Glomalina: características, produção, distribuição e contribuição nos solos. *Semina Ciênc. Agrárias*, v. 33, n. 1, p. 3033-3044, 2012.

FERREIRA, D.F. Sisvar versão 4.3. Lavras: DEX-UFLA, 2003.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions British Mycol. Soc.*, v.46, p.235- 244, 1963. doi: 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.

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

HARA, F.A.S. *et al.* Ocorrência de fungos micorrízicos em pau-rosa (*Aniba duckei* kosterm) e mogno (*Swietenia macrophylla* king) em diferentes épocas de coleta na região de Manaus. *Res. Soc.Develop.*, v.10, n.4, 2021. doi:10.33448/rsd-v10i4.13666

KOIDE, R.T.; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, v.14, p.145-163, 2004. doi: 10.1007/s00572-004-0307-4

MAIA, R.S. *Colonização micorrízica arbuscular em floresta secundária na Amazônia sob remoção de serapilheira e irrigação do solo.* Amapá: Universidade Federal do Pará, 2010.

MAIA, R.S. *et al.* Frações de Fósforo e simbiose micorrízica em Floresta secundária em Resposta a disponibilidade de água e nutrientes na Amazônia Oriental. *Acta Amaz.*, v.45, p.255-264, 2015. doi: 10.1590/1809-4392201402894.

MARTELLI, A. Mudanças Climáticas devido as ações antropogênicas e as ações realizadas pelo município de Itapira-SP como Medidas Mitigadoras. *Uniciências*, v.26, n.1, p.51-57, 2022. doi: 10.17921/1415-5141.2022v26n1p51-57

MARTINS, C.R.; MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos Micorrízicos Arbusculares nativos no Estabelecimento de *Aristida Setifolia* Kunt em áreas degradadas do cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.4, p.665-674, 1999.

MEDEIROS, J. D. Guia de Campo: vegetação do cerrado 500 espécies, Brasília: SBF, 2011.

MENDÉZ, D. F. S. *Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares e sua relação com atributos do solo em área de milho sob monocultivo e em consórcio com forrageiras no Cerrado.* Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006.

NASCIMENTO, J.B. Cerrado: nosso bioma, nossa riqueza. Goiania: KELPS, 2013.

NICHOLS, K.A.N.N. Characterization of glomalin, a glycoprotein produced by arbuscular mycorrhizal fungi. University of Maryland, College Park, 2003.

NÓBREGA, J.C.A. *et al.* Fosfato e micorriza na estabilidade de agregados em amostras de latossolos cultivados e não-cultivados. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.36, n.11, p.1425-1435, 2001.

OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, F.W. Colonização das raízes de plantas da amazônia por fungos micorrízicos arbusculares. In: OLIVEIRA, L.A. *et al.* (*Conhecimento e uso de fungos.* Manaus: INPA, 2019.

OLIVEIRA, L.H. *Fungos micorrízicos arbusculares e aspectos nutricionais de três espécies perenes de um SAF em Manaus-AM.* Manaus: INPA, 2019.

PHILLIPS, J.M.; HAYMANN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycol. Soc.*, n.55, p.158-161, 1970. doi:10.1016/S0007-1536(70)80110-3.

RAMOS A.C. *et al.* An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. *Braz. J. Plant Physiol.*, v.23, n.1, p.79-89, 2011. doi: 10.1590/S1677-04202011000100010.

REMY, W. *et al.* Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceed. Nat. Acad. Sci.*, v.91, n.25, p. 11841-11843, 1994.

RODRIGUES, L.G.S.M.; GOI, S.R.; RODRIGUES, F.M. Associação micorrízica como uma estratégia para o estabelecimento de espécies em áreas impactadas. *J. Bioenergy*

Food Scie., v.1, n.1, p.7-16, 2014.

SCHERER, K.Z.; CASTELLANI, T.T. Ecologia populacional de *Paepalanthus polyanthus* (Bong.) Kunth: variação temporal da distribuição espacial. *Biotemas*, v.17, n. 2, p. 27-45, 2004.

SILVA, S.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S. Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, n.12, p.1749-1757, 2006. doi: 10.1590/S0100-204X2006001200009.

SIQUEIRA, J.O. et al. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. *Tópicos Ciênc. Solo*, v.5, p.219-305, 2007.

STUTZ, J.C.; MORTON, J.B. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. *Can. J. Bot.*, v.74, n.12, p.1883-1889, 1996. doi: 10.1139/b96-225.

TRISTÃO, F.S.M.; ANDRADE, S.A.L.; SILVEIRA, A.P.D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de café, em substratos orgânicos comerciais. *Bragantia*, v.65,

p.649-658, 2006. doi: 10.1590/S0006-87052006000400016.

TROVO, M.; SANO, P.T. Taxonomic survey of *Paepalanthus* section *Diphyomene* (Eriocaulaceae). *Phytotaxa*, v.14, n.1, p.49-55, 2010.

VIEIRA, F.A. Micorrizas na região do Cerrado. Brasília: Centro Universitário de Brasília, 2001.

WRIGHT, S. F. *et al.* Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. *Plant Soil*, v.181, n.2, p.193-203, 1996. doi: 10.1007/BF00012053.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Soil Scie.*, v.161, n.9, p.575-586, 1996. doi: 10.1097/00010694-199609000-00003.

ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M.A.; ANDRADE, G. Arbuscular mycorrhizal fungi used as biofertilizers in revegetation programmes. In: RAI, M. *Advances in fungal biotechnology*. New Delhi: International Publishing House, 2009. p.351-378.