



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

**COMUNIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
BABAÇUAIS (*Attalea speciosa* MART.) DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS – MA

2023

NATÁLIA DA CONCEIÇÃO LIMA

**COMUNIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
BABAÇUAIS (*Attalea speciosa* MART.) DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Camila Pinheiro Nobre

SÃO LUÍS – MA

2023

Lima, Natália da Conceição.

Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em babaçuais (*Attalea speciosa* mart.) do Maranhão / Natália da Conceição Lima. – São Luís, 2023.

55f

Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Camila Pinheiro Nobre.

1.Glomerosporos. 2.Micorrizas. 3.Ruderal. 4.Solo. I.Título.

CDU: 631.466(812.1)

NATÁLIA DA CONCEIÇÃO LIMA

**COMUNIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
BABAÇUAIS (*Attalea speciosa* MART.) DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Camila Pinheiro Nobre

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Camila Pinheiro Nobre – **Orientadora**
Professora Adjunta I - Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. Msc. Eduardo Mendonça Pinheiro - **Membro 1**
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. Msc. Claudio Adriano de Jesus Nascimento – **Membro 2 (externo)**
Instituto Estadual do Maranhão/ Vargem Grande – IEMA

Dedico a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, em especial aos meus pais e namorado por todo carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e chegar até aqui.

A minha guerreira mãe Alzenir, pelo carinho e amor incondicional, a quem devo toda admiração e respeito.

Ao meu pai José, que apesar das dificuldades me fortaleceu financeiramente durante toda a minha trajetória acadêmica, serei infinitamente grata.

As minhas amigas, que contribuíram para a realização e finalização deste estudo, em especial, Júlia, Layla e Beatriz.

A minha amiga e parceira de laboratório Cintya, por vivenciar comigo momentos de árduo trabalho e imensa felicidade, partilhar esse momento com você foi memorável, sua felicidade é a minha.

A minha querida orientadora Dr^a. Camila Pinheiro Nobre, por traçar comigo a minha jornada na microbiologia do solo, me auxiliar e incentivar a continuar em busca dos meus objetivos com tanto carinho, para sempre guardarei seus ensinamentos.

Ao Professor Christoph Gehring, pelo auxílio e caminhada na iniciação científica.

A minha querida amiga, Ellen Ruth por sempre estar ao meu lado e me alegrar em momentos de infelicidade.

A Luana Corrêa, por me auxiliar no meu desenvolvimento científico e se dispor a me auxiliar em meus questionamentos.

Ao laboratório de Microbiologia do solo.

Ao curso de Engenharia Agrônoma pela experiência e conhecimento adquirido nesses anos.

A meu namorado Jefferson, por todo apoio e amor durante toda a minha graduação, e por lutar comigo em busca do meu sonho, essa vitória é nossa.

A toda turma 2017.2.

A Universidade Estadual do Maranhão pelo valioso conhecimento fornecido durante o Curso de Engenharia Agrônoma.

E a todos aqueles que de alguma forma me auxiliaram na minha carreira acadêmica.

Muito obrigada!

*“Estou entre aqueles que acham que
a ciência tem uma grande beleza.”*

Marie Curie, 1933

RESUMO

Queimadas repetidas e tempos de pousio cada vez menores na agricultura itinerante causam um ciclo retroativo degradante com recuperação incompleta da fertilidade do solo e diminuição da produtividade agrícola. A palmeira babaçu devido aos seus aspectos ruderais, adequar-se bem a esses ambientes devido a sua alta resiliência e grande poder de invasão de áreas perturbadas. Os fungos micorrízicos arbusculares, têm a capacidade de formar associação com as raízes de cerca de 70% de todas as espécies de plantas, dentre elas as palmeiras tropicais que geralmente possuem 'raízes finas' relativamente grossas e parcialmente lignificadas que frequentemente formam forte associação micorrízica. Este trabalho visa avaliar a densidade e comunidade de FMA e sua estrutura taxonômica e funcional em áreas de babaçuais de três municípios do estado do Maranhão. As áreas amostrais utilizadas estão localizadas nos municípios de Buritirana, Viana e Coroatá no estado do Maranhão. O estudo foi realizado em populações naturais de babaçu e as coletas foram realizadas no fim da época seca (outubro/2021), no qual foram escolhidas três áreas por município e quatro palmeiras por área, as amostras foram retiradas na profundidade de 0-20cm, totalizando em 36 amostras. No laboratório de Artrópodes e Microbiologia do Solo (UEMA) os glomerosporos das amostras 0-20cm foram extraídos e feita a triagem para contagem e posterior identificação das espécies de FMA, assim como a extração das frações facilmente e total da glicoproteína produzida pelos FMA. A abundância de glomerosporos variou de 6 a 160 para 50 cm⁻¹ de solo, com maior expressividade do município de Viana. Vinte e quatro espécies de FMA foram identificadas com predominância de *Glomus* (onze) e *Acaulospora* (oito). *G. Glomerulatum* foi a espécie mais abundante apontando a uma grande uniformidade na comunidade de FMA nos municípios estudados. Os resultados sugerem uma forte associação micorrízica da palmeira babaçu, influenciando nos seus arredores, um mecanismo central possível no seu sucesso ecológico em áreas degradadas.

Palavras-chave: Glomerosporos. Micorrizas. Ruderal. Solo.

ABSTRACT

Repeated burning and shorter fallow times in shifting agriculture cause a degrading retroactive cycle with incomplete recovery of soil fertility and reduced agricultural productivity. The babassu palm, due to its ruderal aspects, adapts well to these environments due to its high resilience and great power of invasion of disturbed areas. Arbuscular mycorrhizal fungi have the ability to form associations with the roots of about 70% of all plant species, including tropical palms, which generally have 'thin roots' that are relatively thick and partially lignified and often form a strong mycorrhizal association. This work aims to evaluate the density and community of AMF and its taxonomic and functional structure in babassu areas of three municipalities in the state of Maranhão. The sample areas used are located in the municipalities of Buritirana, Viana and Coroatá in the state of Maranhão. The study was carried out in natural babassu populations and the collections were carried out at the end of the dry season (October/2021), in which three areas per municipality and four palm trees per area were chosen, the samples were taken at a depth of 0-20cm, totaling 36 samples. In the laboratory of Arthropods and Soil Microbiology (UEMA) the glomerospores of the 0-20cm samples were extracted and sorted for counting and subsequent identification of the AMF species, as well as the extraction of easily and total fractions of the glycoprotein produced by the AMF. The abundance of glomerospores ranged from 6 to 160 for 50 cm⁻¹ of soil, with greater expression in the municipality of Viana. Twenty-four species of AMF were identified with a predominance of Glomus(eleven) and Acaulospora(eight). *G. Glomerulatum* was the most abundant species, pointing to a great uniformity in the AMF community in the studied municipalities. The results suggest a strong mycorrhizal association of the babassu palm, influencing its surroundings, a possible central mechanism in its ecological success in degraded areas.

Key words: Glomerospores. Mycorrhizas. Ruderal. Soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Densidade total de Glomerosporos em 50cm⁻¹ de solo (0-10 cm), em 36 amostras provenientes de três municípios do Maranhão (3 cidades x 3 áreas x 4 repetições). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância.....22

Figura 2 – Glomalina facilmente extraível (mg.g⁻¹ solo) em nove áreas com presença de babaçuais nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana no Maranhão, durante o período seco (nov/2021). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância.....23

Figura 3 - Glomalina total (mg/g-1 solo) em nove áreas com presença de babaçuais nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana no Maranhão, durante o período seco (nov/2021)...27

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana (MA), durante o período seco (nov/2021).....25
- Tabela 2** - Médias das análises química nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021).....25
- Tabela 3**-Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021).....30
- Tabela 4**-Médias dos teores de glomalina facilmente extraível e total (em mg/g solo), nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021).....30

LISTA DE SIGLAS

Al	Alumínio
B	Buritirana
C	Coroatá
FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
F1,2,3	Fatores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GFE	Glomalina facilmente extraível
GT	Glomalina total
H'	Índice de Shannon
IAF	Índice de abundância e frequência
J'	Índice de Pielou
K	Potássio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MA	Micorriza Arbuscular
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica
N	Nitrogênio
Na	Sódio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
V	Viana
Zn	Zinco

SUMÁRIO

Capítulo I	14
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
1.1 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA): Abrangência e função no ecossistema	14
1.3 Palmeira babaçu (<i>Attalea speciosa</i> MART)	17
1.4 Fungos Micorrízicos Arbusculares associados à babaçuais.....	18
Capítulo II.....	27
2. ARTIGO À SER SUBMETIDO NO PERIÓDICO ACTA AMAZÔNICA.....	14
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
Amostragem.....	30
Análise química do solo.....	31
Análise dos glomerosporos.....	31
Avaliação das comunidades de FMA.....	31
Extração, quantificação da proteína do solo reativa ao Bradford (BRSP).....	32
Análises Estatísticas.....	32
RESULTADOS.....	32
Abundância de glomerosporos.....	32
Riqueza de espécies de FMA.....	33
Glomalina – GFE e GT.....	34
DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÕES.....	41
AGRADECIMENTOS.....	42
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	47

Capítulo I

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA): Abrangência e função no ecossistema

O solo é o habitat de milhares de microrganismos que possuem diversos tipos de relações tróficas com as plantas (MOURA et al., 2018). Dentre esses organismos, estão os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), do filo Glomeromycota, que formam associação simbiótica com aproximadamente 80% das diversas espécies de plantas pertencentes aos vários grupos (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas), em diferentes ecossistemas terrestres que abrangem desde os trópicos até o ártico (SMITH; READ, 2008; VAN DER HEIJDEN et al. 2015).

Atualmente existem aproximadamente 350 espécies descritas (WIJAYAWARDENE et al. 2022), no qual estudos moleculares, revelam que esse número pode ser ainda maior (WANG et al. 2021). Esse grupo de organismos do solo caracteriza-se por estabelecer associações simbióticas mutualistas com a maioria das plantas vasculares (SOUZA, 2015). Há registros de micorrizas em dunas (ASSIS et al., 2014), manguezais (HU et al., 2015), ambientes salinos (EVELIN et al., 2009; ELHINDI et al., 2017) assim como em ecossistemas naturais e agrícolas (GOETTEN et al., 2016).

Entretanto, a dinâmica da comunidade de FMA, seja pela densidade de propágulos fúngicos ou diversificação das espécies fúngicas é dependente das culturas utilizadas no sistema (SCHNEIDER et al., 2011; GERZ et al., 2018). Os FMA associados às plantas hospedeiras aumentam a área da superfície da raiz e permitem maior capacidade de absorção de água (NADEEM et al., 2014), no qual segundo Püschel et al. (2020), as hifas dos FMA funcionam como uma extensão das raízes, promovendo maior capacidade de exploração do substrato e aquisição de recursos de crescimento, principalmente aqueles com menor mobilidade, como o fósforo (P), que é um dos nutrientes fundamentais para os processos celulares das plantas (CHOWDHURY et al., 2017), no qual os FMA fornecem efeito estimulante no desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2017; PEREIRA et al., 2018;), reduzindo o uso de fertilizantes inorgânicos (DESAI et al., 2020).

Além disso, os FMA conferem resistência a estresses físicos como aumento de temperatura, escassez de água e a estresses químicos como a presença de metais pesados e solos

salinizados (LAPEYRIE ET AL., 1991; AL-KARAKI., 2004; AROCA et al., 2013; MOURA; CABRAL, 2019), e em contrapartida, os fungos se beneficiam dos produtos fotossintéticos liberados pelas plantas (MOURA et al., 2019).

Os fungos micorrízicos arbusculares são extremamente sensíveis a alterações ambientais, podendo atuar como bioindicadores de qualidade (SCHREINER, 2007; CARNEIRO et al., 2012), além de possuir papel importante na manutenção dos ecossistemas naturais e manejados (BERUDE et al., 2015), pois conferem as plantas maior capacidade para resistir a condições ambientais desfavoráveis, auxiliando na reabilitação de zonas florestais degradadas através do aumento da sua biomassa (WINAGRASKI et al., 2019), tornando-se essenciais aos solos ácidos e distróficos, como a grande parte dos solos das regiões tropicais (MOURA et al., 2017; VENTURA et al., 2018).

Os FMA também influenciam na estruturação do solo (CARDOSO; ANDREOTE, 2016), promovem maior resistência contra ação de patógenos (SIKES et al., 2009; CASAZZA et al., 2017), e aumentam o armazenamento do carbono no solo (LOSS et al., 2015), além de proporcionar maior resistência a metais pesados (DHALARIA et al., 2020), como Cd, Cu e Zn (HILDEBRANDT et al., 2007).

No que se refere à atividade dos FMA nos solos, estudos relatam que durante o ano, a mesma encontra-se sujeita a variações de condições de temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, fósforo, nitrogênio, pH e aeração do solo (HENTZ et al., 2006). Além disso, existem relatos que os cultivos agrícolas podem alterar a comunidade de FMA (TRINCHERA et al., 2019), e isso pode estar ligado ao caráter micotrófico das plantas manejadas (CAMERON, 2010). Um estudo de Pontes et al., (2017), demonstrou que a introdução de culturas micotróficas, como o feijão-caupi, em sistemas agroecológicos foi favorável para a diversidade de FMA em solos empobrecidos por antigos sistemas de produção agrícola convencionais. Entretanto, pouco se sabe sobre os padrões de distribuição e abundância da comunidade de FMA presentes nos sistemas em relação às espécies vegetais (SANDERS; RODRIGUEZ, 2016).

O conhecimento de fatores que afetam a diversidade de FMA e sua interação com plantas é essencial para o manejo mais sustentável do solo, proporcionando sua recuperação e conservação (MIRANDA et al., 2008; CARRENHO; GOMES-DA-COSTA, 2011;). Pois os FMA ocupam um importante nicho ecológico e desempenham funções relevantes para o equilíbrio ambiental em áreas nativas ou cultivadas, também apresentam significativa importância ecológica e econômica, fazendo-se imprescindível a distinção entre as espécies para aplicabilidade do seu potencial (PARNISKE, 2008; BUCKING et al., 2016). Estes fungos

podem ser utilizados como agentes biotecnológicos importantes no estabelecimento e manutenção de sistemas sustentáveis, visando a conservação do solo e otimização da ciclagem de nutrientes (BAGYARAJ; REDDY, 2005; ELHINDI et al, 2017).

Para Fitter et al. (2011), os FMA são uns dos organismos mais importantes, ecologicamente, do mundo. A utilização de técnicas moleculares pode ser útil para esclarecer a identidade e variabilidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em ambientes naturais e degradados, uma vez que estudos sobre a ocorrência destes em ecossistemas impactados no Brasil são escassos, mas é importante conhecer FMA que ocorrem em regiões impactadas, para fornecer informações sobre espécies tolerantes a condições de estresse (MERGULHÃO et al., 2014)

1.2 Glomalina

Glomalina é uma glicoproteína encontrada no solo, produzida na superfície da hifa e pela degradação da hifa e esporos de AMF (LEHMANN et al., 2017). É considerada uma proteína estável e abundante no solo (RILLIG et al., 2003), de natureza hidrofóbica, recalcitrante, termoestável, com ferro altamente ligado a sua molécula (LOZANO et al., 2015), que garantem sua função cimentante, sendo usualmente utilizada em estudos de agregação devido a forte correlação com a estabilidade de agregados (PENG et al., 2013). Dentre as principais funções desta proteína estão o auxílio na proteção das hifas fúngicas à dessecação e na agregação das partículas minerais e orgânicas presentes no solo (BARTO et al., 2010; PENG et al., 2013), cuja contribuição é importante na sustentabilidade dos ecossistemas (LUTGEN et al., 2003).

Entretanto, essa glicoproteína tem sido relacionada a outros processos no solo, como na biorremediação em solos e sedimentos contaminados com metais pesados (SILVA et al., 2010), usualmente, essa proteína é separada em duas frações: fração 1, ou facilmente extraível; e fração 2, ou total (extraída com dificuldade) (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996). A primeira fração teria referência com a glomalina recentemente produzida pelos fungos, enquanto que a segunda seria o resultado do acúmulo da primeira ao longo do tempo, mais recalcitrante, fixada em partículas de solo especialmente nas argilas, e exposto às ações de intemperismo (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996; KOIDE; PEOPLES, 2013; WU et al., 2014).

Dessa forma, a produção de glomalina melhora de forma indireta a qualidade edáfica através dos benefícios causados ao meio (CARAVACA et al., 2005), Na literatura encontram-se correlações positivas entre a glomalina, carbono, nitrogênio e agregação do solo (CURAQUEO et al., 2011; WU et al., 2011; FOKOM et al., 2013). No qual, acredita-se, que as funções já

citadas, sejam funções secundárias da glomalina, sendo o principal papel da mesma, a proteção microbiana, além de ser uma boa indicadora de atividade biológica, tendo em vista que esta glicoproteína é sensível a alterações no solo, vegetação e sazonalidade (NOBRE et al., 2015), sendo a sazonalidade um dos principais fatores que afetam a comunidade fungos micorrízicos arbusculares influenciando na produção de glomalina e conseqüentemente nas concentrações de carbono no solo (NOBRE, 2015).

1.3 Palmeira babaçu (*Attalea speciosa* MART)

O babaçu (*Attalea speciosa* MART.) é uma palmeira que foi descrita pela primeira vez, em 1823 pelo botânico naturalista Martius, muito conhecida entre populações brasileiras tradicionais e gera um fruto chamado de coco babaçu, que possui grande relevância socioeconômica, especialmente nos estados brasileiros da região nordeste (QUEIROGA et al., 2015). O fruto dessa palmeira, varia de nomenclatura de região para região do país, podendo ser chamado também de guaguaçu, uauaçu, gebara-uçu, coco-de-macaco, macacococo-de-palmeira, coco-naiá, dentre vários outros nomes (PEIXOTO, 1973; CARNEIRO et al., 2014; ARAUJO et al., 2020).

Segundo o MMA (2009) no Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil o babaçu abrange entre 13 e 18 milhões de hectares, distribuídos nos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Amazonas, Pará, Rondônia, Ceará, Bahia e Minas Gerais, abrangendo 279 municípios. Onde, o Maranhão é o Estado que mais produz babaçu, dentre os municípios maranhenses líderes em produção destaca-se: Vargem grande, Pedreiras, Porção de Pedras, Bacabal, Paulo Ramos, Lago dos Rodrigues e Joselândia (DA SILVA SARAIVA et al., 2019; IBGE, 2019).

Para as famílias das regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil, especialmente na região rural, o coco Babaçu contribui em diversos aspectos sociais e econômicos, sendo uma importante fonte adicional de renda, principalmente no estado do Maranhão. A divisão da composição física do babaçu se destaca na maneira em que são aproveitadas, como o epicarpo, o mesocarpo e o endocarpo na produção de energia para siderúrgicas e alimentação animal; as amêndoas, por outro lado, como principal parte do fruto, destina-se para a fabricação de óleos de cozinha, sabões, biodiesel e cosméticos (LORENZI et al., 2002; FAÇANHA; VIEIRA, 2011), além disso as palmeiras podem coexistir no interior das pastagens servindo como sombra aos animais, e os agricultores podem as utilizar para fins medicinais, alimentícios, artesanais,

carvão e palha (SANTOS, 2011).

Segundo dados do IBGE (2020), o Maranhão é o estado brasileiro que concentra quase toda produção do babaçu, sendo responsável por 93% da amêndoa de babaçu extraída em todo o Brasil e, tendo também, boa parte de sua economia oriunda da comercialização e extração das amêndoas chegando a produzir 47.640 toneladas no ano de 2020. O principal produto extraído do babaçu é o óleo oriundo da amêndoa com um mercado já estabelecido, essa produção se dá através do extrativismo (IEPAGRO, 2010), uma atividade extra vegetal que possui importância social, política, cultural e econômica.

No Brasil, os babaçuais possuem uma área de conservação que abrange 18 milhões de hectares. (PORRO, 2019; TEIXEIRA et al., 2018), as atividades que envolvem a coleta do babaçu e a extração das amêndoas são, em sua grande maioria, feitas por quebradeiras de coco, mulheres que juntamente a crianças contribuem com a produção doméstica (SOARES; ARRUDA, 2018), sendo este um dos problemas sociais da região Nordeste/Norte do Brasil (DE OLIVEIRA MELO et al., 2020).

1.4 Fungos Micorrízicos Arbusculares associados à babaçuais

A agricultura familiar do Maranhão é marcada pelo uso insustentável do solo, assim como também em outras regiões do trópico úmido. As principais causas disto são as atividades de corte, queima e da agricultura itinerante com tempo de pousio demasiado curto, o que resulta na degradação do meio ambiente e na redução do potencial agrícola produtivo (GEHRING, 2006).

A palmeira babaçu que possui grande poder de invasão de áreas perturbadas, no qual após repetidos ciclos de corte e queima a vegetação secundária espontânea ('capoeira') transforma-se numa formação secundária quase monoespecífica de babaçu ('babaçual') (LORENZI, 2010; MITJA; FERRAZ, 2001). Essas palmeiras tropicais geralmente possuem 'raízes finas' relativamente grossas e parcialmente lignificadas (VAN DER HEIJDEN, 2003; VAN DER HEIJDEN et al., 2015), no qual de acordo Nobre et al. (2018), esses aspectos morfológicos das raízes da palmeira babaçu podem estar envolvidos na forte associação micorrízica observada nesta palmeira, onde vários estudos atestam que produção de esporos de FMAs está relacionada também com as variedades das plantas (KARAGJANNIDIS; VELEMIS; STAVROPOULOS, 1997) que influenciam a microbiota associada nos seus arredores para seu próprio benefício (HAICHAR et al., 2014; VAN NULAND et al., 2016).

A associação da palmeira babaçu e os FMA se faz um tanto benéfica já que as palmeiras são espécies de plantas com raízes espessas e poucos pêlos radiculares, no qual podem se beneficiar grandemente em seus aspectos nutricionais e hídricos. Para o Maranhão existe apenas dois estudos acerca da associação micorrízica com a palmeira babaçu, sendo essencial que novos experimentos sejam realizados, a fim de elucidar e compreender essa relação simbiótica.

REFERÊNCIAS¹

- AL-KARAKI, G.; MCMICHAEL, B.; ZAK, J. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. **Mycorrhiza**, v. 14, n. 4, p. 263–269, 2004.
- ARAÚJO, J. C.; RIBEIRO, N. M.; BEZERRA, K. C. B.; LANDIM, L. A. DOS S. R. Desenvolvimento de kefir em leite de coco babaçu. *Research Society and Development*, v. 9, n.11, 2020.
- AROCA, R.; RUIZ-LOZANO, J. M.; ZAMARREÑO, A. M.; PAZ, J. A.; GARCIA MINA, J. M.; POZO, M. J.; LOPEZ-RAEZ, J. A. Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, n. 1, p. 47–55, 2013.
- ASSIS, P.C. R.; JUNIOR, O.J.S.; PAULINO, H.B.; STURMER, S.J.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Fungos Micorrízicos Arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1703-1711, 2014.
- BAGYARAJ, D. J.; REDDY, B. J. Application of arbuscular mycorrhizal fungi in horticulture. p. 237-254, 2005. In: MEHROTRA, V.S. *Mycorrhiza: role and applications*. New Delhi: Allied Publishers, 2005.
- BARTO, E. K.; ALT, F.; OELMANN, Y.; WILCKE, W.; RILLIG, M.C. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, p. 2316-2324, 2010.
- BERUDE, M.C. et al. **Micorrizas e sua importância agroecológica**. Enciclopédia Biosfera, v. 11, n. 22, p. 132, 2015.
- BUCKING, H.; MENSAH, J. A.; FELLBAUM C.R. Common mycorrhizal networks and their effect on the bargaining power of the fungal partner in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Communicative e Integrative Biology**, v. 9, n. 1, 2016.

- CAMERON, D. D. Arbuscular mycorrhizal fungi as (agro)ecosystem engineers. **Plant Soil**, v. 333, p. 1–5, 2010.
- CARAVACA, F., ALGUACIL, M.M., BAREA, J.M., ROLDÁN, A. Survival of inocula and native AM fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 37, n.2, p. 227-233, 2005.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed Piracicaba: ESALQ, 2016.
- CARRENHO, R., COSTA, S.M.G., BALOTA, E.L., COLOZZI-FILHO, A. Fungos do cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p.179,2011.
- CHOWDHURY, R. B., MOORE, G. A., WEATHERLEY, A. J., & ARORA, M. Key sustainability challenges for the global phosphorus resource, their implications for global food security, and options for mitigation. **Journal of Cleaner Production**, v.140, p. 945-963, 2017.
- CASAZZA, G.; LUMINI, E.; ERCOLE, E.; DOVANA, F.; GUERRINA, M.; ARNULFO, A.; MINUTO, L.; FUSCONI, A.; MUCCIARELLI, M. The abundance & diversity of arbuscular mycorrhizal fungi are linked to the soil chemistry of screes & to slope in the Alpic paleo endemic *Berardia subacaulis*. **PLoS ONE**, v. 12, p.1–19, 2017.
- CURAQUEO, G. *et al.* Effects of different tillage system on arbuscular mycorrhizal fungal propagules and physical properties in a Mediterranean agroecosystem in central Chile. **Soil and Tillage Research**, v. 113, p. 11-18, 2011.
- DA SILVA SARAIVA, A. F.; DE OLIVEIRA, N. M.; PEDROZA FILHO, M. X.; LOPES, W. S. Cadeia produtiva do babaçu em Cidelândia-MA: uma análise a partir da abordagem de cadeia global de valor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.15, n. 2, 2019.
- DE OLIVEIRA MELO, G. S.; BARBOSA, R. L., BARBOSA, F. L.; BARBOSA, D. G.; DA SILVA; CASTRO, M. M.; DA SILVA, M. A. C. N.; BARBOSA, M. D. C. L. Perfil alimentar e nutricional da população residente em comunidades quilombolas em um município do estado do Maranhão. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v.12, n.1, p.2957-2957, 2020.
- DESAI, S., BAGYARAJ, D. J., & ASHWIN, R. Inoculation with microbial consortium promotes growth of tomato and capsicum seedlings raised in pro trays. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences,

v.90(1), p. 21-28, 2020.

DHALARIA, R., KUMAR, D., KUMAR, H., NEPOVIMOVA, E., KUČA, K., TOREQUL ISLAM, M., & VERMA, R. Arbuscular mycorrhizal fungi as potential agents in ameliorating heavy metal stress in plants. **Agronomy**, v.10(6), p.815. 2020.

ELHINDI, K. M.; EL-DIN, A. S.; ELGORBAN, A. M. The impact of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating salt-induced adverse effects in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, p.170– 179, 2017.

EVELIN, H.; KAPOOR, R.; GIRI B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review. **Annals of Botany**, v. 104, p. 1263–1280, 2009.

FAÇANHA, M.S.L.; VIEIRA, A.H. **Produção e biometria de frutos de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.)**. In: Encontro de Iniciação à Pesquisa da Embrapa Rondônia, 2., 2011, Porto Velho. Anais. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 70p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 146). p.32, 2011.

FITTER, A. H.; HELGASON, T.; HODGE, A. Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: Implications for sustainable agriculture. **Fungal Biology Reviews**, v. 25, p. 68-72, 2011.

FOKOM, R. et al. Glomalin, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use changes in the humid forest zone in South Cameroon. **Applied Ecology and Environmental Research**, [s. l.], v. 11, p. 581-592, 2013.

GEHRING, C. O ambiente do trópico úmido e o manejo sustentável dos agrossistemas. Em: MOURA, E. G. D.; AGUIAR, A. D. C. F. (Ed.). **O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: Princípios e tecnologias**. São Luís: Estação Produções Ltda, v.2, p.101-140, 2006.

GERZ, M.; BUENO, C.G.; OZINGA, W.A.; ZOBEL, M.; MOORA, M. Niche differentiation and expansion of plant species are associated with mycorrhizal symbiosis. **Journal of ecology**, v. 106, p. 254-264, 2018.

GOETTEN, L. C.; MORETTO, G.; STÜRMER, S. L. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum produced on-farm and phosphorus on growth and nutrition of native woody plant species from Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, vol. 30, no. 1, p. 9–16, 2016.

HENTZ et al. **Fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e decampo nativo em solo arenoso**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2006.

HILDEBRANDT, U., REGVAR, M., & BOTHE, H. Arbuscular mycorrhiza and heavy metal tolerance. **Phytochemistry**, v. 68(1), p. 139-146, (2007).

HU, W.; WU, Y.; XIN, G.; WANG, Y.; GUO, J.; PENG, X. Arbuscular mycorrhizal fungi and their influencing factors for *Aegiceras corniculatum* and *Acanthus ilicifolius* in southern China. **Pakistan Journal of Botany**, v. 47, p. 1581–1586, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística Variável. Produção da extração vegetal e da silvicultura. Maranhão: IBGE, 2019 Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/289#resultado>. Acesso em: 11. Nov. 2023.

IEPAGRO - Instituto de estudos e pesquisa do agronegócio rondoniense. **Programa de ações a jusante do médio e baixo rio madeira: unidade de processamento do coco de babaçu**. Local: distrito de Calama. Porto Velho: IEPAGRO, Santo Antonio Energia, 2010.

KARAGJANNIDIS, N.; VELEMIS, D.; STAVROPOULOS, N. Root colonization and spore population by VA-mycorrhizal fungi in four grapevine rootstocks. **Vitis**, v. 36, n. 2, p. 57-60, 1997.

KOIDE, R. T.; PEOPLES, M. S. Behavior of Bradford-reactive substances is consistent with predictions for glomalin. **Applied Soil Ecology**, v. 63, n. 1, p. 8-14, 2013.

LAPEYRIE, F.; RANGER, J.; VAIRELLES, D. Phosphate-solubilizing activity of ectomycorrhizal fungi in vitro. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n. 2, p. 342–346, 1991.

LEHMANN, A., ZHENG, W.S., RILLIG, M.C., Soil biota contributions to soil aggregation. **Nature Ecology & Evolution** 1, p. 1828–1835, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa, Plantarum, v.1, p. 352, 2002.

LORENZI, H. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)**. v.1 ed. São Paulo: Nova Odessa, p.367, 2010.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. S.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono Orgânico Total e Agregação do Solo em Sistema de Plantio Direto Agroecológico e Convencional de Cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-1224, 2015.

- LOZANO, E., JIMENÉZ-PINILLA, P., MATAIX-SOLERA, J., ARCENEGUI, V., MATAIX-BENEYTO, J. Sensitivity of glomalin-related soil protein to wildfires: Immediate and medium-term changes. **Science of the Total Environment** XX, XXX, 2015.
- LUTGEN, E. R.; MUIR-CLAIRMONT, D.; GRAHAM, J.; RILLIG, M. C. Seasonality of arbuscular mycorrhizal hyphae and glomalin in a western Montana grassland. **Plant and Soil**, The Hague, v.257, n.1, p.71-83, 2003.
- MERGULHÃO, A. C. E. S.; SIVA, M. V. da; LYRA, M. C. C. P. de; FIGUEIREDO, M. V.B.; SILVA, M. L. R. B. da; MAIA, L. C. Caracterização morfológica e molecular de fungos micorrízicos arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso, Araripina, PE, Brasil. **Hoehnea**. v. 41, n. 3, p. 393-400, 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE –MMA. **Promoção Nacional da Cadeia de Valor do Côco Babaçu**. Brasília: MMA, 2009.
- MIRANDA, E. M. et al. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 13-22, 2010.
- MITJA, D.; FERRAZ, I. D. K. Establishment of babassu in pastures in Pará, Brazil. **Palms**, v. 45,n. 3, p. 138-147, 2001.
- MOURA, J. B. VENTURA, M. V. A.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; SOUZA, R. F.; LOPES FILHO, L. C.; BRAGA, A. P. M.; MATOS, D. J. C.; ROCHA, E. C. V. Microbial diversity as a soil quality indicator in agroecosystems in Brazilian Savannas. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 25, p. 1306–1310, 2018.
- MOURA, J. B.; SOUZA, R. F.; VIEIRA JUNIOR, W.G.; LIMA, I. R.; BRITO, G. H. M; MARIN,C. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Bamboo Under Cerrado Brazilian Vegetation. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 954-962, 2019.
- NADEEM, S. M. et al. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology Advances**, New York, v. 32, n. 2, p. 429-448, 2014.
- NOBRE, C. P. et al. Agregação, Glomalina e Carbono Orgânico na Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, vol. 28, n.1, p. 138-147, 2015.

- NOBRE, C. P. et al. Fungos micorrízicos arbusculares associados à palmeira de babaçu (*Attalea speciosa*) na periferia oriental da Amazônia, Brasil. **Acta Amazônia**, Manaus, v. 48, n. 4, p. 321-329, 2018.
- PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, p.763–775, 2008.
- PEIXOTO, A. R. **Plantas Oleaginosas Arbóreas**, São Paulo. Nobel, 1973.
- PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology and Biochemistry**, v.57, p. 411 – 417, 2013.
- PEREIRA, J. E. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; GOMES, V. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Fortaleza**, v.13, n.1, p.1-6, 2018.
- PONTES, J. S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazil's Caatinga and experimental agroecosystems. **Biotropica**. v. 49, n. 3, p. 413 427. 2017.
- PORRO, R. A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Humanas**, v.14, n.1, p.169-188, 2019.
- PÜSCHEL, D., BITTERLICH, M., RYDLOVÁ, J., & JANSKA, J. Facilitation of plant water uptake by an arbuscular mycorrhizal fungus: a Gordian knot of roots and hyphae. **Mycorrhiza**, v.30(2), p. 299-313, 2020.
- QUEIROGA, V. P., GIRÃO, E. G.; ARAÚJO, I. M. S.; GONDIM, T. M. S., FREIRE, R. M. M.; VERAS, L. G. C. Composição centesimal de amêndoas de coco babaçu em quatro tempos de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.2, p.207-213, 2015.
- RILLIG, M. C.; RAMSEY, P. W.; MORRIS, S.; PAUL, E. A. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. **Plant and Soil**, v. 253, p.293–299, 2003.
- SANDERS, I. R.; RODRIGUES, A. Aligning molecular studies of mycorrhizal fungal diversity with ecologically important levels of diversity in ecosystems. **The ISME Journal**, v. 10, p. 2780–2786, 2016.
- SANTOS, A. M. dos; MITJA, D. Pastagens arborizadas no projeto de assentamento Benfica,

município de Itupiranga, Pará, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, 252 FRAGMENTOS DE CULTURA, v. 24, n. 2, p. 239-252, 2014.

SCHNEIDER, J.; FILHO, O. K.; FONTOURA, S. M. V.; ALVES, M. V. Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares. *Ciência Agrotecnologia*, v. 35, n. 4, p. 701-709, 2011.

SCHREINER, R. P. Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of 'Pinot noir' (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. **Applied Soil Ecology**, v. 36, n. 02, p. 205-215, 2007.

SIKES, B. A.; COTTENIE, K.; KLIRONOMOS, J. N. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas. *Journal of Ecology*, v. 97, p. 1274–1280, 2009.

SILVA, C. F.; ARAÚJO, J. L. S.; SILVA, E. M. R. Proteína do solo relacionada à glomalina: uma alternativa para avaliação da qualidade do solo. Em: FIGUEIREDO, M.V. B. et al. **Biotechnologia aplicada à agricultura: textos de apoio e protocolos experimentais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Recife, PE: Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), p. 519-532, 2010.

SILVA, E.P.; FERREIRA, P.A.A.; FURTINI-NETO, A.E.; SOARES, C.R.F.S. Micorrizas arbusculares e fósforo no desenvolvimento de mudas de Cedro-Australiano. **Ciência Florestal**, Viçosa, MG, v.27, n.4, p.1269-1281, 2017.

SMITH, S. E.; READ, D. The symbionts forming arbuscular mycorrhizas. In: **Mycorrhizal Symbiosis**. Elsevier, p. 13–41. 2008.

SOARES, J. G.; ARRUDA, P. **Proteção de direitos humanos: o caso das quebradeiras de coco babaçu**. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, v.70, n.3, p.213-231, 2018.

SOUZA, T. **Handbook of Arbuscular Mycorrhizal Fungi**, Springer, p. 153, 2015.

TEIXEIRA, A. S. D. N. M.; TEIXEIRA, P. R. S.; EIRAS, C. Uso de Nanopartículas do Mesocarpo do Babaçu como Plataforma para Ancoragem de Enzimas no Desenvolvimento de Biossensores: um Mapeamento Tecnológico. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v.8, n.1, p.4217-4230, 2018.

TRINCHERA, A.; CIACCIA, C.; TESTANI, E.; BARATELLA, V.; CAMPANELLI, G.; LETEO, F.; CANALI, S. Mycorrhiza-mediated interference between cover crop and weed in organic winter cereal agroecosystems: The mycorrhizal colonization intensity indicator. **Ecologia Evolutiva**, v. 9, p. 5593-5604, 2019

- VAN DER HEIJDEN, E. W.; KUYPER, T. W. Ecological strategies of ectomycorrhizal fungi of *Salix repens*: root manipulation versus root replacement. **Oikos**, Noruega, v. 103, n. 3, p. 668- 680, 2003.
- VAN DER HEIJDEN, M.G .; Martin, F.M .; Selosse, M.A .; Sanders, I.R. Ecologia e evolução micorrízicas: o passado, o presente,e o futuro. **New Phytologist**, v.205, p.1406-1423, 2015.
- VAN NULAND, M. E.; WOOLIVER, R. C.; PFENNIGWERTH, A. A.; READ, Q. D.; WARE, I.M.; MUELLER, L.; FORDYYCE, J. A.; SCHWEITZER, J. A.; BAILEY, J. K. Plant–soil feedbacks: connecting ecosystem ecology and evolution. **Functional Ecology**, v. 30, p.1032–1042, 2016.
- VENTURA, M. V.A.; MOURA, J. B.; SOUZA, R. F.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; ROCHA, E. C. V.; SILVA, J. C. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi in the establishment of pre-broken sugar cane summary. **Agriculture e Florestre**, v. 64, n. 3, p. 149–157, 2018.
- WANG, Y., LI, Y., LI, S., & ROSENDAHL, S. Ignored diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in co-occurring mycotrophic and non-mycotrophic plants. **Mycorrhiza** v.31, p.93-102, 2021.
- WIJAYAWARDENE, N.N et al. 2022. – Outline of Fungi and fungus-like taxa – 2021. **Mycosphere** v.13, p.53-453, 2021.
- WINAGRASKI, E. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in forest ecosystems of Brazil: a review. **CERNE**, v. 25, n.1, p.25:25–35, 2019.
- WRIGHT, S.F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and com-parison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science** v. 161, n. 8, p. 575–586, 1996.
- WU, F. et al. Effects of long-term fertilization on AM fungal community structure and Glomalin-related soil protein in the Loess Plateau of China. **Plant and Soil**, The Hague, v. 342, p. 233– 247, 2011.
- WU, Q. S. et al. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae, and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliolate orange. **Scientific Reports**, v. 4, n. 5823, p. 1-8, 2014.

Capítulo II

Artigo a ser submetido à Revista Acta Amazônica (Versão Online) que apresenta ISSN 1809-4392, classificada atualmente no Qualis-Capes como A3 nas áreas de Ciências Agrárias I, Ciências Ambientais e Interdisciplinar.

2. ARTIGO ELABORADO PARA SUBMISSÃO AO PERIÓDICO ACTA AMAZÔNICA

Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em babaçuais (*Attalea speciosa*) do Maranhão

Natália da Conceição LIMA^{1*}, Cintya Ferreira SANTOS¹, Eduardo Mendonça PINHEIRO¹, Thais Roseli CORREA¹; Jose Ribamar Gusmão ARAUJO¹, Camila Pinheiro NOBRE¹,

¹Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, Programa de Pós Graduação em Agroecologia – PPGA, Campus Paulo VI, Tirirical, CEP 65055-310, São Luís, MA, Brasil

*Autor correspondente: limanac@gmail.com

RESUMO

Queimadas repetidas e tempos de pousio cada vez menores na agricultura itinerante causam um ciclo retroativo degradante. A palmeira babaçu devido aos seus aspectos ruderais, adequar-se bem a esses ambientes devido a sua alta resiliência e grande poder de invasão de áreas perturbadas. Nesse contexto, os fungos micorrízicos arbusculares, auxiliam as palmeiras tropicais que geralmente possuem 'raízes finas' relativamente grossas e parcialmente lignificadas que frequentemente formam forte associação micorrízica. Este trabalho visa avaliar a densidade e comunidade de FMA e sua estrutura taxonômica e funcional em áreas de babaçuais de três municípios do estado do Maranhão. As áreas amostrais utilizadas estão localizadas nos municípios de Buritirana, Viana e Coroatá no estado do Maranhão. O estudo foi realizado em populações naturais de babaçu e as coletas foram realizadas no fim da época seca (outubro/2021) em 36 pontos amostrais. No laboratório de microbiologia do solo (UEMA) os glomerosporos das amostras 0-20cm e os teores de glomalina facilmente extraível e total foram extraídos e feita a triagem para contagem, identificação das espécies FMA. A abundância de glomerosporos variou de 6 a 160 para 50 cm⁻¹ de solo, com maior expressividade do município de Viana. Vinte e quatro espécies de FMA foram identificadas com predominância de *Glomus* (onze) e *Acaulospora*(oito). *G. Glomerulatum* foi a espécie mais abundante apontando a uma grande uniformidade na comunidade de FMA nos municípios estudados. Os resultados sugerem uma forte associação micorrízica da palmeira babaçu, influenciando nos seus arredores, um mecanismo central possível no seu sucesso ecológico em áreas degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: Glomerosporos; Hifas; Micorrizas; Ruderal; Solo

Community of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in babassu (*Attalea speciosa*) of Maranhão

ABSTRACT

Repeated burning and shorter fallow times in shifting agriculture cause a degrading retroactive cycle. The babassu palm, due to its ruderal aspects, adapts well to these environments due to its high resilience and great power of invasion of disturbed areas. In this context, arbuscular mycorrhizal fungi help tropical palms that generally have relatively thick and partially lignified 'fine roots' that often form a strong mycorrhizal association. This work aims to evaluate the density and community of AMF and its taxonomic and functional structure in babassu areas of three municipalities in the state of Maranhão. The sample areas used are located in the municipalities of Buritirana, Viana and Coroatá in the state of Maranhão. The study was carried out in natural babassu populations and the collections were carried out at the end of the dry season (October/2021) in 36 sampling points. In the soil microbiology laboratory (UEMA) the glomerospores of the 0-20cm samples and the easily extractable and total glomalinal contents

were extracted and sorted for counting, identification of the AMF species. The abundance of glomerospores ranged from 6 to 160 for 50 cm⁻¹ of soil, with greater expression in the municipality of Viana. Twenty-four species of AMF were identified with a predominance of *Glomus* (eleven) and *Acaulospora* (eight). *G. Glomerulatum* was the most abundant species, pointing to a great uniformity in the AMF community in the studied municipalities. The results suggest a strong mycorrhizal association of the babassu palm, influencing its surroundings, a possible central mechanism in its ecological success in degraded areas.

KEYWORDS: Glomerospores; Hyphae; Mycorrhizides; Ruderal; Soil

INTRODUÇÃO

Após o desmatamento da floresta madura biodiversa original, segue-se uma trajetória de degradação ambiental com queimadas repetidas e tempos de pousio espontâneo cada vez menores, em todo o ‘arco de desmatamento’ da Amazônia, como também em outras regiões tropicais (Lawrence et al. 2010; Jakovac et al. 2017). Os múltiplos ciclos de corte e queima reduzem a biodiversidade nestas capoeiras e favorece o domínio por uma ou poucas espécies ruderais, como a palmeira de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), típica da região de transição entre o cerrado, o semiárido nordestino e a mata amazônica e, com predomínio no Estado do Maranhão (Oliveira et al. 2013). Os ‘babaçuais’ quase monoespecíficos, caracterizam-se por um forte rebroto após a agricultura itinerante, sustentado por significantes reservas de carboidratos e nutrientes em raízes grossas profundas (Clarke et al. 2012; Liesenfeld e Viera 2018).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos abundantes e ubíquos em todos os ambientes e podem formar associações mutualísticas com cerca de 74% de todas as espécies de plantas do planeta (Smith e Read 2008; van der Heijden et al. 2015). O principal papel dos FMA está relacionado à nutrição das plantas, quando associados às plantas hospedeiras aumentam a área da superfície da raiz e permitem maior capacidade de absorção de água (Nadeem et al. 2014), proporcionando principalmente benefícios nutricionais e adaptativos (Pedone-Bonfim et al. 2018).

Espécies exóticas invasoras (Ni et al. 2020; Laginhas e Bradley, 2021) e também nativas superdominantes (Pivello et al. 2018) devem seu sucesso excessivo tanto pela boa adaptação ambiental e resiliência contra perturbações antrópicas (especialmente o fogo) (Silverio et al., 2018; Mclaucham et al. 2020), como também por ‘feedbacks positivos planta-solo’ (ou Positive Plant:Soil Feedback -PSF) (Aldorfová et al. 2020; Gundale et al. 2021), no qual os FMA auxiliam essas espécies nos investimentos relativos em raízes finas (Andino et al. 2021) e principalmente as palmeiras, que tipicamente possuem raízes lignificadas com poucos pêlos radiculares (Bouamrie et al. 2014), onde Lima et al. (2020) comprovam correlação positiva

entre a contagem de raízes finas de babaçu e a densidade de glomerosporos enquanto Nobre et al. 2018, apontam a uma forte associação entre estes, ambos os mecanismos adaptações chaves para aquisição de água e nutrientes dos solos degradados.

O Estado do Maranhão apesar de estar entre os dez maiores estados do Brasil e ser o segundo maior território da região Nordeste (IBGE 2014) apresenta uma grande deficiência nos estudos sobre FMA associado a babaçuais. Apenas um estudo é encontrado na literatura onde a ocorrência de 16 espécies de FMA é relatada (Nobre et al. 2010). Tendo em vista que o conhecimento da diversidade dos FMA reduz os erros de superestimação, também é o primeiro passo para a elaboração de estratégias de ações para conservação e recuperação ambiental. O objetivo desse estudo foi quantificar e avaliar a comunidade de FMA em áreas com presença de babaçu em três municípios de regiões distintas do Maranhão.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em populações naturais de babaçu localizadas nos municípios de Viana (3°13'S 45°14'O) mesorregião Norte, Buritirana (5°35'S 47°01'O) região sul e Coroatá (4° 07'S 44° 07'O) centro-leste do estado do Maranhão, Brasil. Segundo Köppen o clima das regiões são classificados respectivamente como tropical semi-úmido, semitropical e equatorial.

Amostragem

As coletas foram realizadas no fim da época seca (outubro/2021), nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana, na qual foram escolhidas três áreas com presença massiva de babaçu e máxima homogeneidade. Em cada área foram selecionadas, de forma aleatória simples, quatro palmeiras obedecendo a uma distância de 20m entre palmeiras avaliadas, para a coleta foi realizado um quadrado nos arredores da palmeira e em cada vértice foram colhidas quatro amostras simples e posteriormente unidas gerando um total de quatro amostras de solo compostas (0-10cm) por área e doze por município, totalizando em 36 amostras.

As amostras de solo retiradas, foram direcionadas uma parte ao laboratório de química do solo da Universidade Estadual do Maranhão, seguindo rotinas (pH e alumínio) descritas em Embrapa (1997) e a outra parte destinada ao laboratório de microbiologia do solo da mesma universidade para extração dos glomerosporos e glomalina.

Análise química do solo

As amostras de campo foram submetidas a análises químicas no Laboratório de Solos do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia: o pH foi quantificado em água, alumínio foi quantificado segundo metodologia proposta por Embrapa (2007).

Análise dos glomerosporos

Os glomerosporos foram extraídos de 50 g de solo através do método de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson 1963), combinado à técnica de centrifugação em água e em sacarose 50% (Jenkins 1964). Os esporos foram quantificados, isolados e separados em grupos, de acordo com as semelhanças morfológicas (cor e tamanho), e preparados entre lâminas e lamínulas com PVLG (álcool polivinílico-lactoglicerol) (Morton et al. 1993). Em seguida, as lâminas foram colocadas em estufa, com temperatura próxima a 50°C por 24 a 30 horas, para secagem da resina. A classificação adotada foi a proposta por Oehl et al. (2011) e outras publicações mais recentes.

Avaliação das comunidades de FMA

As populações de FMA foram avaliadas em termos quantitativos e qualitativos a partir de dados como, abundância e frequência de ocorrência na profundidade de 0-10. O número relativo de esporos (NR) foi calculado de acordo com a equação: $NR_i = n_i/n$ (Brower e Zar, 1984). E as comunidades de FMA, foram avaliadas pelos seguintes índices ecológicos: a) índice de abundância e frequência (IAF), b) riqueza de espécies, representada pelo número de morfoespécies, c) diversidade de Shannon, calculado pela fórmula: $H' = -\sum p_i \log_n p_i$, onde p_i corresponde ao número de esporos de determinada espécie e p é o número total de esporos; e d) equabilidade de Pielou, calculado pela fórmula: $J' = H'/H'_{max}$, onde H' é o índice de Shannon, H'_{max} corresponde a $\log S$, e S é o número total de espécies numa comunidade amostrada (Ludwig e Reynolds 1988).

Extração, Quantificação de Proteína do solo reativa ao Bradford (BRSP)

A glomalina foi quantificada como proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG)

(GT – glomalina total; GFE – glomalina facilmente extraível). A GFE foi obtida a partir da extração em autoclave, utilizando-se 0,200 gramas de solo e 1,6 ml de solução citrato de sódio 20 mM, pH 7,4, a uma temperatura de 121 °C por 30 min. A quantidade GT foi obtida utilizando-se 0,200 gramas de solo e 1,6 ml de citrato de sódio 50 mM, com pH 8,0 a 121 °C, por 60 min. Para extração desta fração, foram necessários mais de um ciclo de autoclavagem, até que a amostra atingisse a cor amarelo-claro. A quantificação da glomalina foi realizada pelo método Bradford (1976) modificada por Wright et al. (1996), disponível no site www.usda.gov, usando como padrão soro-albumina bovina. As concentrações da glomalina, para ambas as frações, foram corrigidas para mg g⁻¹ de solo, considerando-se o volume total de sobrenadante e o peso seco do solo.

Análise estatística

Os dados de abundância de glomerosporos, fósforo e alumínio não seguiram a normalidade, sendo necessário a transformação por meio de raiz de x , $\log x$ e $\frac{1}{\sqrt{x}}$ respectivamente, para alcance da normalidade (teste de Lilliefors). O programa estatístico utilizado foi o Assistat 7.7.

RESULTADOS

Abundância de glomerosporos

Os resultados apresentados na análise bifatorial da densidade total de glomerosporos mostram-se significativos no fator ‘Interação entre os fatores um e dois’(efeito da relação entre os municípios x áreas). Porém sem significância nos fatores isoladamente.

A abundância de glomerosporos variou de 6 a 160 para 50 cm⁻¹ de solo nas áreas amostradas de cada município, com maior expressividade do município de Viana que apresentou maior densidade de glomerosporos, com destaque para a área um (Figura 1). Buritirana obteve menor densidade em relação a Viana e Coroatá que apresentou maior uniformidade na quantificação dos propágulos das áreas. Os municípios apresentam características singulares, seja quanto ao histórico dos locais amostrados, ou clima característico regional.

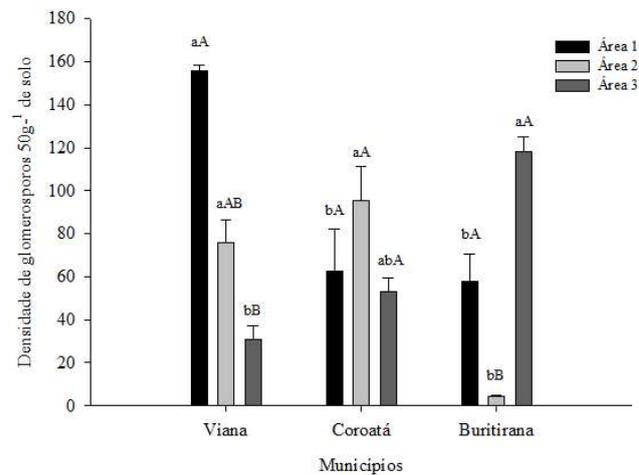


Figura 1. Densidade total de Glomerosporos em 50g^{-1} de solo (0-10 cm), em 36 amostras provenientes de três municípios do Maranhão (3 cidades x 3 áreas x 4 repetições). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância.

Riqueza de espécies de FMA

Foram identificadas 24 espécies de FMA distribuídas em seis famílias (Acaulosporaceae, Dentiscutataceae, Gigasporaceae, Glomeraceae, Racocentraceae, Scutellosporaceae) e oito gêneros (*Acaulospora*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Orbispora*) ao fim do período seco (Tabela 1). Os gêneros com maior número de espécies foram *Glomus* (11) e *Acaulospora* (7).

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* (Tabela 1) apresentaram maior presença de espécies e densidade de glomerosporos nos três municípios amostrados, no entanto *Glomus* foi mais expressivo quantitativamente tanto em relação as cidades como nas áreas e repetições isoladamente.

Tabela 1. Ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021)

Espécies de FMA	Viana	Coroatá	Buritirana	Estratégia de vida
<i>Acaulospora excavata</i>	X	X	-	*
<i>Acaulospora herrerae</i>	X	X	-	*
<i>Acaulospora morrowiae</i>	X	X	X	*
<i>Acaulospora reducta</i>	-	X	-	*
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	X	X	X	*
<i>Acaulospora spinosa</i>	X	-	-	*
<i>Acaulospora tuberculata</i>	X	-	X	*
<i>Funneliformis geosporum</i> *	X	-	-	r
<i>Glomus ambisporum</i> *	-	-	X	r
<i>Glomus glomerulatum</i> *	X	X	X	r
<i>Glomus macrocarpum</i> *	-	-	X	r
<i>Glomus trufemii</i> *	X	X	X	r
<i>Glomus</i> sp1	X	X	X	r
<i>Glomus</i> sp2	X	-	-	r
<i>Glomus</i> sp3	X	-	-	r
<i>Glomus</i> sp4	X	-	-	r
<i>Glomus</i> sp5	X	X	-	r
<i>Glomus</i> sp6	X	X	X	r
<i>Glomus</i> sp7	-	X	X	r
<i>Gigaspora</i> sp	X	-	-	k
<i>Scutellospora calospora</i>	X	-	-	k
<i>Cetraspora</i> sp (<i>pellucida</i>)	-	X	-	k
<i>Fuscutata</i> sp (<i>savanicola</i>)	X	X	-	k
<i>Orbispora pernambucana</i>	X	-	-	k

Espécies glomerocárpicas sinalizadas *.¹Tipos de estratégia de história de vida: r–espécies que produzem muitos glomerosporos de tamanho pequeno; k–espécies que produzem poucos glomerosporos de grande porte; *estratégia de história de vida desconhecida.

Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J'), não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as áreas estudadas (Tabela 2). No entanto, pode-se observar que, maiores valores foram encontrados nas áreas de Buritirana com ênfase na área 3, que conseqüentemente apresentaram maior densidade de *G. glomerulatum*, apontando a uma maior uniformidade tanto na comunidade geral de FMA como entre espécies do gênero.

Glomalina – GFE e GT

A análise bifatorial de variância detectou diferenças significativas entre os municípios amostrados e as interações dos dois fatores (municípios x áreas) para os teores de glomalina facilmente extraível, porém sem significância para o fator 'área' isoladamente (figura 2).

Os teores de GFE variaram de 0,055 a 0,101 mg.g⁻¹ (tabela 4) para 0,200g de solo, com maior destaque para o município de Buritirana, no qual quando relacionado as áreas dos

demais municípios obteve maior concentração, com exceção da área 3.

Os teores de Glomalina total (GT) não obtiveram diferenças significativas na interação dos dois fatores, no entanto apresentou significância entre os municípios ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), com ênfase para o município de Buritirana evidenciando os resultados já obtidos na GFE.

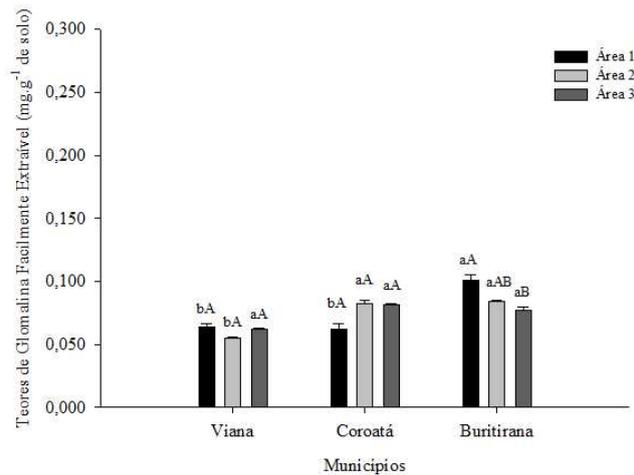


Figura 2. Glomalina facilmente extraível (mg.g⁻¹ solo) em nove áreas com presença de babaçuais nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana no Maranhão, durante o período seco (nov/2021). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância.

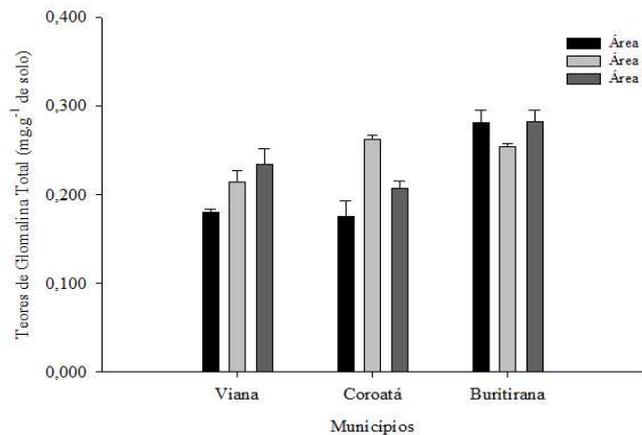


Figura 2. Glomalina total (mg/g⁻¹ solo) em nove áreas com presença de babaçuais nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana no Maranhão, durante o período seco (nov/2021)

O potencial hidrogeniônico (pH) em água variou de 2,88 a 3,89 (tabela 3), apontando a uma extrema acidez nos solos dos municípios amostrados, os valores apresentaram significância para F1 e F1xF2. Os teores de alumínio (normalizados $\frac{1}{\sqrt{X}}$) obtiveram significância somente entre as cidades estudadas, no qual destacam-se B e C. O fósforo (P) estimado ficou entre

15,006 a 19,975 mg.dm⁻³, com significância em todos fatores utilizados ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

Tabela 2 – Médias das análises química nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021).

	Viana			Coroatá			Buritirana		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
pH em água	3,34±0,176	2,88±0,043	3,19±0,078	3,35±0,049	3,41±0,058	3,51±0,102	2,99±0,079	3,98±0,031	3,86±0,024
Al (mmcol.c.dm ⁻³)	2,050±0,347	1,388±0,049	3,275±1,108	0,913±0,077	0,725±0,062	1,250±0,100	3,863±1,005	1,117±0,047	2,388±0,627

c*A1, 2 e 3- Áreas amostrais; pH- potencial Hidrogeniônico; P- Fósforo; Al- Alúminio.

Tabela 3 – Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021).

	Viana			Coroatá			Buritirana		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
H'	0,787±0,163	0,883±0,080	0,738±0,156	0,579±0,156	0,730±0,098	0,660±0,149	0,000±0,000	0,366±0,111	1,034±0,080
J'	0,527±0,098	0,779 ±0,039	0,596±0,104	0,611±0,093	0,584±0,037	0,552±0,104	0,000±0,000	0,408±0,118	0,738±0,038

c*H' - Shannon; J' – Pielou.

Tabela 4 – Médias dos teores de glomalina facilmente extraível e total (em mg/g solo), nos municípios de Viana, Coroatá e Buritirana – MA, durante o período seco (nov/2021).

	Viana			Coroatá			Buritirana		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
GFE (mg.g-1 de solo)	0,064±0,002	0,055±0,001	0,062±0,001	0,062±0,004	0,082±0,003	0,081±0,001	0,101±0,004	0,084±0,001	0,077±0,003
GT (mg.g-1 de solo)	0,180±0,004	0,214±0,013	0,235±0,017	0,176±0,017	0,263±0,004	0,207±0,009	0,281±0,015	0,254±0,004	0,283±0,013

c*GFE – Glomalina facilmente extraível; GT- Glomalina total.

DISCUSSÃO

Os valores de abundâncias obtidos em 50g de solo se assemelham aos encontrados por Lima et al. (2020) em áreas de pastagens com presença de babaçuais (40 a 200 glomeroporos) e aos obtidos por Nobre et al. (2018) em babaçuais na periferia leste da Amazônia, Brasil (100 a 302 por 100 g) e também a outro de seus estudos em um sistema de cultivo em aléias localizado a 20 km do local do experimento anterior (148 a 335 glomeroporos em 100 g de solo) (Nobre et al. 2010). A densidade ainda aproximou-se a quantificada em uma plantação de coco em Kerala, Índia (214 a 299 glomeroporos por 50g de solo) (Rajeshkumar et al. 2015).

Os resultados encontrados nesse estudo ligam-se parcialmente a um estudo pioneiro na Amazônia maranhense realizado por Nobre et al. (2018), e a estudo de Lima et al. (2020) desenvolvido no município de Pirapemas – MA, onde observou-se que nos pontos amostrais ‘perto’ (proximidades da palmeira) houve maior densidade de glomeroporos com destaque para o gênero *Glomus*, confirmando que o babaçu influencia nos seus arredores a seu favor. Outro estudo na periferia leste da Amazônia também relatou maior densidade esporos, apontando a um elevado nível de associação micorrízica desta palmeira ruderal.

Os dados obtidos combinam-se de forma interessante com os resultados de um segundo estudo nos mesmos locais amostrados na cidade de Pirapemas, acerca de um aspecto chave da competição Babaçu-Braquiária (gramínea associada aos babaçuais e muito presente no estado) e os seus perfis de raízes verticais (Pageú et al., 2021). Este estudo encontrou uma divisão vertical de nicho muito fraca entre as raízes finas de Babaçu braquiária, e nenhuma evidência de expansão de nicho entre as duas sob pressão competitiva da outra. Ou seja, a combinação de perfis de raízes finas verticais comuns e redes micorrízicas sugeriram que ambas as espécies são concorrentes diretas. Assim, enfatiza-se que não se pode esperar um rendimento excessivo no sistema silvopastoril das pastagens de braquiária infestadas com palmeiras de Babaçu, que dominam grandes partes da Amazônia desmatada, apontando a um grande poder invasivo dessa palmeira.

As áreas e suas respectivas repetições dentro e relacionadas aos municípios tiveram variações na quantidade de glomeroporos, isso se deve ao fato, que a densidade e riqueza de espécies contida no solo são influenciadas por uma gama de fatores bióticos e abióticos (Ji et al. 2012) como, as características do ambiente e

manejo empregado (Lumini et al. 2010), dinâmica dos nutrientes no solo (Freitas et al. 2011), estresse hídrico (Cartmille et al., 2008), estresse salino (Bencherif et al. 2015), assim como às espécies hospedeiras (Moreira e Siqueira, 2006). Segundo Angelini et al. (2012), plantas com sistema radicular abundante e de rápido crescimento favorecem uma maior esporulação micorrízica, melhor contato entre raízes e propágulos de FMAs e grande capacidade de fornecer fotossintatos aos fungos (Jeske et al. 2018), o que pode explicar a expressiva quantidade de glomerosporos nesse estudo, já que a maiorias das áreas estudadas haviam palmeiras consorciadas a gramíneas.

O número de espécies de FMA obtidos foi superior ao reportado por Nobre et al. (2010; 2018) e também a de um estudo de Peña-Venegas et al. (2007) em florestas tropicais maduras, rebrota secundária e pastagens na Amazônia colombiana, com registro de apenas 18 espécies de FMA. A riqueza de espécies deste estudo foi aproximada a encontrada por Lima et al. (2020) em babaçuais (27).

A predominância dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora* também é relatada nos estudos de Angelini et al. (2012), Assis et al., (2014) e Coutinho et al. (2015). Esses gêneros são considerados comuns, e com grande riqueza de espécies de FMA, tanto em ambientes naturais quanto em ambientes transformados por humanos, sendo capaz de se adaptar a uma ampla gama de condições ambientais (Jefwa et al. 2012; Pereira et al. 2014).

Um estudo realizado por Sonjak et al. (2009) em região de solos com alta salinidade, verificaram a ocorrência de seis diferentes espécies de FMA, em sua maioria pertencentes ao gênero *Glomus*. Também, Caproni et al. (2007) observaram o predomínio de *Acaulospora* seguido de *Glomus* em solos contaminados com resíduo de mineração de bauxita no Pará.

O gênero *Glomus* apresenta maior capacidade de adaptação, demonstrando resistência a perturbações ambientais (Carrenho, 1998). Este gênero apresenta como característica principal, a produção de glomerosporos pequenos e em grande quantidade, caracterizando-se como uma espécie *r* estrategista (Nobre et al. 2018). Além disso, é o gênero com maior número de espécies descritas e, talvez, por estes motivos seja o gênero dominante nos levantamentos de fungos micorrízicos arbusculares.

A espécie *Glomus glomerulatum* e *Glomus sp7* destacaram-se nos municípios de Coroatá e Buritirana, no entanto em Viana não houve registro de *Glomus sp7*. As

espécies, *Cetraspora sp (pellucida)*, *Gigaspora sp* e *Orbispora pernambucana* apresentaram glomerosporos em apenas um município.

Na avaliação da acidez do solo nas diferentes áreas amostradas, os resultados de pH denotam uma significativa acidez do solo nas proximidades da palmeira babaçu, variando de 2,45 a 4,16, isto valida os resultados encontrados por Lima et al. (2020) no qual as áreas com maior acidez apresentaram maior densidade de glomerosporos e destaque para espécies de *Glomus* e *Acalospora* e que também atestam que as proximidades da palmeira babaçu influenciam outras microbiotas associadas em seus arredores para seu próprio benefício por meio de exsudatos radiculares específicos (Haichare et al. 2014; van Nulande et al. 2016).

Nesse contexto a distribuição dos FMA pode ter relação com as diferentes estratégias de sobrevivência desses fungos, alguns autores demonstraram que espécies de *Acaulospora* tendem a ser encontradas em solos com pH menor que 6,5 e/ou com baixo teor de fósforo (Maia e Trufem, 1990; Souza et al. 2003; Oehl et al. 2004; Gai et al. 2006). Ainda, Gomes e Trufem (1998) encontraram espécies de *Acaulospora* e *Glomus* em solos ácidos (pH 3,2 e 3,4), confirmando a presença desses gêneros em solos com baixo pH. A ausência de algumas espécies de FMAs neste estudo pode estar relacionada ao período de realização da coleta, onde muitas espécies podem não ter esporulado nesse período e, portanto, a riqueza de espécies poderá aumentar como consequência do aumento na frequência temporal das coletas (Bever et al. 2001, Mangan et al. 2004).

Quanto à estratégia de vida das espécies de FMAs, o presente estudo apresentou quatro espécies (estrategistas-r) com maior abundância, *Glomus glomerulatum* (504), *Glomus sp7* (*Glomus sp7*), no entanto uma pequena quantidade de estrategistas-k no qual a soma geral das espécies encontradas é somente sete.

A elevada expressão do gênero *Glomus*, com maior enfoque as espécies *G. glomerulatum* e *G. sp7*, neste estudo, pode estar relacionada à estratégia utilizada, visto que algumas espécies de *Glomus* já foram indicadas como r-estrategistas (Sýkorová et al. 2007), e são conhecida por sua alta dominância em ambientes perturbados porque são melhor adaptados, considerando que a alta taxa de esporulação permite a colonização primária de plantas desses ambientes (Caproni et al., 2003), uma estratégia baseada em produção de esporos para sobreviver em ambientes extremos (Oehl e Chistian, 2014). Tais características e estratégias podem

explicar por que algumas espécies no presente estudo são dominantes e outras são raras. Também, a maior densidade de glomerosporos de estrategistas r relaciona-se principalmente, à estratégia de vida dos FMA. Espécies com estratégia tipo r produzem muitos glomerosporos e de tamanho menor quando comparados às espécies tipo k estrategistas (Moreira e Siqueira, 2002), o que explica a ausência de algumas espécies, e a inexpressiva presença de outras.

Os índices de diversidade ecológica são utilizados para avaliar a estrutura das comunidades. O índice de Shannon (H'), que é uma medida de equidade, diz que valores menores que um encontrado em uma comunidade significa que esta é menos uniforme (Beggon et al., 1996), já índice de equabilidade Pielou deriva do de Shannone, por meio dele, é possível representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Quanto mais próximo a 1, maior será a uniformidade (Gomide et al., 2006). O estudo não apresentou significância para os índices de Shannon e Pielou, apontando para uma alta uniformidade na comunidade de FMA nas áreas estudadas, também observada em estudos anteriores da autora. Essa alta uniformidade interliga-se condições ambientais nas quais os babaçuais estão inseridos, no qual todo o processo de degradação dessas áreas impacta severamente na diversidade de espécies.

Os teores de glomalina (GFE e GT) são influenciados por diversos fatores, como o sistema de uso do solo (Maia et al. 2015; Silva et al. 2015), no qual a deposição da proteína está estreitamente atrelada à elevada sensibilidade dos FMAs quanto às mudanças no ambiente, logo a presença e o tipo de vegetal possivelmente afeta diretamente a produção da mesma (Wright e Anderson, 2000; Bird et al. 2002; Rilling et al. 2002).

Os resultados divergentes encontrados nas áreas dos municípios nessa pesquisa podem ser explicados pelas condições do solo que comprometem o desenvolvimento das micorrizas e alterar todo o processo de disponibilidade de glomalina, dos quais se pode dizer: pH do solo, aeração, temperatura, profundidade, disponibilidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos (Alexander 1980). A alta sensibilidade dessa glicoproteína, e a influência de fatores bióticos e abióticos, assim como os atributos químicos do solo podem explicar a dissimilaridade dos teores quantificados nos municípios.

CONCLUSÕES

A grande abundância de glomerosporos associada à palmeira babaçu sugere que esta pode investir fortemente em associações micorrízicas, através de ‘feedbacks positivos planta-solo’ influenciando nos arredores a seu favor. A maior uniformidade de espécies do *Glomus* encontradas nos municípios estudados aponta a uma maior especificidade dessa palmeira a esse gênero já comprovada em outros estudos, assim como a influência dos fatores químicos obtidos.

Grande parte dos babaçuais do Maranhão encontram-se associados a gramíneas que competem por nutrientes e água, essa relação é um indicativo de ausência de divisão de nicho entre estes dois fortes concorrentes e, portanto, uma baixa eficiência ecológica dos sistemas silvopastoris que predominam em vastas áreas da Amazônia desflorestada. Nesse contexto, devido à importância socioeconômica excepcional do babaçu, e por fornecer sustento a diversas famílias de quebradeiras de coco, é fundamental obter um melhor entendimento dessa palmeira e suas interações com a vegetação e o solo dos seus arredores, para assim alcançar recomendações de um manejo mais ecoeficiente.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Maranhão - UEMA pela concessão dos laboratórios para a execução do estudo.

BIBLIOGRAFIA CITADA²

- Angelini, G.A.R.; Loss, A.; Pereira, M.G.; Torres, J.L.R.; Junior, O.J.S. 2012. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Seminário Ciências Agrárias*, 33; 115-130.
- Assis, P.C. R.; Junior, O.J.S.; Paulino, H.B.; Sturmer, S.J.; Siqueira, J.O. Carneiro, M.A.C. 2014. Fungos Micorrízicos Arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas do cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:1703-1711.
- Beggon, M.; Harper, J. L.; Townsend, C. R. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3 Ed. Oxford, Blackwell, 1996.
- Bencherif, K.; Boutekrabet, A.; Fontaine, J.; Laruelle, F.; Dalpé, Y.; Sahraoui, ALH 2015. Impacto da salinidade do solo na biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares e biomassa da microflora associada a *Tamarix articulata* Rizosfera Vahl em áreas áridas e semiáridas da Argélia. *Ciência do Meio Ambiente Total*, 533: 488–494.
- Bever, J. D.; Schultz, P. A.; Pringle, A.; Morton, J. B. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *Bioscience*, 51; 923-931.
- Bird, S.B.; Herrick, J.E.; Wander, M.M.; Wright, S.F. 2002. Spatial heterogeneity of aggregate stability and soil carbon in semi-arid rangeland. *Environmental Pollution*, 116; 445-455.
- Bouamri, R.; Dalpé, Y.; Serrhini, MN 2014. Efeito da sazonalidade na variação em fungos micorrízicos arbusculares associados à tamareira. *Jornal de Alimentos e Agricultura dos Emirados*, 26: 977-986.
- Bradford, M. M. 1976. Rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248–254.
- Brower, J. E.; Zar, J. H. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 2ª ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984.
- Caproni, A.L., Franco, A.A., Berbara, R.L.L., Trufem, S.F.B., Granha, J.R.D.O., Monteiro, A.B. 2003. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília*, 38:1409-1418.
- Caproni, A.L.; Franco, A.A.; Granha, J.R.D.O.; Souchie, E.L. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi occurrence in bauxite mining residue planted to tree species. *Acta Botanica Brasílica*, 21; 99-106.
- Carrenho, R. 1998. *Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA)*. Tese Doutorado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, São Paulo.
- Cartmill, AD; Valdez-Aguilar, LA; Bryan, DL; Alarco'n A. 2008. Os fungos micorrízicos arbusculares aumentam a tolerância da vinca à alta alcalinidade na água de irrigação. *Scientia Horticulturae*, 115: 275–284.
- CLARK, J. 1989. Coastal ecosystems: ecological considerations for management of

- the coastal zone. *The Conservation Foundation*, p. 178.
- Coutinho, E.S.; Fernandes, G.W.; Berbara, R.L.L.; Valério, H.M.; Goto, B.T. 2015. Variation of arbuscular mycorrhizal fungal communities along an altitudinal gradient in rupestrian grasslands in Brazil. *Mycorrhiza*, 25:627-638.
- Freitas, N. D. O de. et al. 2011. Soil biochemistry and microbial activity in vineyards under conventional and organic management at Northeast Brazil. *Scientia Agricola*, São Paulo, 68:223-229.
- Gai, J.P., Feng, G., Cai, X.B., Christie, P., LI, X.L. 2006. A preliminary survey of arbuscular mycorrhizal status of grassland plants in southern Tibet. *Mycorrhiza*. 16:191-196.
- Gerdemann, J. W.; Nicolson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46: 235-244.
- Gomide, L. R.; Scolforo, J. R. S.; Oliveira, A. D. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais. *Ciência Florestal*, 16:127-144, 2006.
- Haichar, FZ; Santaella, C.; Heulin, T.; Achouak, W. 2014. Raiz interações mediadas por exsudados abaixo do solo. *Biologia e Bioquímica do Solo*, 77: 69-80.
- IBGE, 2014. Censo Demográfico 2010: resultados do universo – características da populações dos domicílios (<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censodemografico/demografico-2010/inicial>). Acesso em: 09/05/2023.
- Jakovac, C.C.; Dutrieux, L.P.; Siti, L.; Claros, M.; Bongers, F. 2017. Spatial and temporal dynamics of shifting cultivation in the middle - Amazonas river: Expansion and intensification. *Plos One*, 12: e0181092.
- Jefwa, J.M., Okoth, S., Wachira, P., Karanja, N., Kahindi, J., Njuguini, S., Ichami, S., Mung'atu, J., Okoth, P., Huising, J. 2012. Impact of land use types and farming practices on occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) Taita-Taveta district in Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 157:32–39.
- Ji, B.; Bentivenga, S.P.; Casper, B.B. 2012. Comparisons of AM fungal spore communities with the same hosts but different soil chemistries over local and geographic scales. *Oecologia*, 168:187-197.
- Jenkins, W. R. A. 1964. Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, St. Paul, v. 48, p. 692, 1964.
- Jeske, E. S., Tian, H., Hanford, K., Walters, D. T., AND Drijber, R. A. 2018. Long-term nitrogen fertilization reduces extraradical biomass of arbuscular mycorrhizae in a maize (*Zea mays* L.) cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 255:111–118.
- Kiers E.T., et al. 2011. Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. *Science*, 333:880–882.
- Krishnan, P., Alexander, J. D., Butler, B. J., & Hummel, J. W. 1980. Reflectance technique for predicting soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 44(6):1282-1285.
- Lawrence, D.; Radel, C.; Tully, K.; Schmook, B.; Schneider, L. 2010. Untangling a Decline in Tropical Forest Resilience: Constraints on the Sustainability of Shifting Cultivation Across the Globe. *Biotropica*, 42: 21-30.
- Liesenfeld, M.V.A.; Viera G. 2018. Postfire palm resprouting in the Amazonian forest - are underground stems an advantage? *Perspectivas Rurales*, 31: 11-23.
- Lima, N.C.; Nobre, C.P.; Pageú, A.B.A.; Detert, M.E.; Silva, L.C.; Santos, C.F.; Gehring, C.

- Impact of intra- and interspecific competition between the native superdominant Babassu palm (Attalea speciosa) and exotic Urochloa grass (U.brizantha cv. marandu) on associated arbuscular mycorrhizal fungi and interactions with fine roots and topsoil physics and chemistry in pastures of the eastern periphery of Amazonia.* Capítulo de livro em: Columbus, N. (Edit.) New research on mycorrhizal fungus. Nova Publishers, New York, USA.
- Ludwig, J.A; Reynolds, J.F. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York, John Wiley.
- Lumini E, Orgiazzi A, Borriello R, Bonfante P, Bianciotto V. Disclosing arbuscular mycorrhizal fungal biodiversity in soil through a land-use gradient using a pyrosequencing approach. *Environmental Microbiology*, 12; 2165–2179, 2010.
- Maia, C. M. B. F., Parron, L. M. *Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais*, In: Serviço Ambiental em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. 1ª Ed. PARRON, L. M. et al. (Ed.). Brasília: Embrapa, cap.8, 2015, 101-108p.
- Mangan, S. A.; Eom, A.; Adler, G. H.; Yavitt, J. B.; Here, E. A. 2004. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi across a fragmented forest in Panama: insular spore communities differ from mainland communities. *Oecologia*, 141; 687-700.
- Moreira, F. S.; Siqueira, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Editora UFLA, Lavras, MG, Brasil, 2006.
- Morton, J.B.; Bentivenga, S.P. & Wheeler, W.W. 1993. Germ plasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon* 48: 491-528.
- Nadeem, S. M. et al. 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances*, New York, 32:429-448.
- Nobre, C.P.; Ferraz Júnior, A.S.L.; Goto, B.T.; Berbara, R.L.L.; Nogueira, M.D.C. 2010. Fungos micorrízicos arbusculares em sistema de aléias no Estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazonica*, 40: 641-646.
- Nobre, CP; Ferraz Júnior, ASL; Goto, BT; Berbara, RLL; Nogueira, MDC 2010. Fungos micorrízicos arbusculares em sistema de aléias no Estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazônica*, 40: 641-646.
- Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Mäder, P., Dubois, D., Boller, T., Wiemken, 2004. A. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*, 138:574–583.
- Oehl, F.; Christian, K. 2014. Multiple mycorrhization at the coldest place known for Angiosperm plant life. *Alpine Botany*, 124:193-198.
- Oehl, F.; Christian, K. 2014. Multiple mycorrhization at the coldest place known for Angiosperm plant life. *Alpine Botany*, 124:193-198.
- Oliveira, A. I. T.; Alexandre, G. P.; Mahmoud, T. S. 2013. Babaçu (*Orbignya* sp): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. *BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2; 126-129.
- Pageú, A.B.A. 2022. Interações subterrâneas entre a palmeira Babaçu (*Attalea speciosa* MART.) e o capim Braquiária (*Urochloa brizantha* (HOCHST. EX.A.RICH) STAPF cv. ‘marandu’) em sistema silvopastoril na Amazônia Maranhense. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em

- Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, Maranhão.
- Pedone-bonfim, M. V. L. et al. 2018. Mycorrhizal benefits on native plants of the Caatinga, a Brazilian dry tropical Forest. *Symbiosis*, 74:79-88.
- Pena-Venegas, CP; Cardona, GI; Arguelles, JH; Arcos, AL 2007. Micorrizas arbusculares do sur de la Amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazônica*, 37: 327-336.
- Pereira, C.M.R.; Silva, D.K.A.; Ferreira, A.C.A.; Goto, B.T.; Maia, L.C. 2014. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic Forest areas under different land uses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 185: 245-252.
- Rajeshkumar, PP; Tomás, GV; Gupta, A.; Gopal, M. 2015. Diversidade, riqueza e grau de colonização de fungos micorrízicos arbusculares em coqueiro cultivado em consórcio na zona de alta produtividade de Kerala, Índia. *Simbiose*, 65: 125-141.
- Rillig, M.C.; Wright, S.F.; Eviner, V.T. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of Five plant species. *Plant and Soil*, The Hague, 238: 325-333.
- Silva, A. et al, Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais In: *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. 1ª Ed. PARRON, L. M. et al. (Ed.). Brasília: Embrapa, 2015,71-83p.
- Smith, SE; Leia, DJ 2008. *Simbiose micorrízica*, 3º. ed. Academic Press, Nova York, 800p.
- Sýkorová, Z. Ineichen, K., Wiemken, A., Redecker, D. 2007. The cultivation bias: different communities of arbuscular mycorrhizal fungi detected in roots from the field, from bait plants transplanted to the field, and from a greenhouse trap experiment. *Mycorrhiza*, 18:1-14.
- Trufem, S.F.B., 1990. Aspectos ecológicos de fungos vesículo-arbusculares na mata tropical úmida da ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 4:31-45.
- Van der Heijden, MG; Martin, FM; Selosse, MA; Sanders, IR 2015. Ecologia micorrízica: evolução: o passado, o presente e o futuro. *Novo fitólogo*, 205: 1406-1423.
- Van Nuland, ME; Wooliver, RC; Pfennigwerth, AA; Leia, QD; Ware, IM; Mueller, L.; Fordyce, JA; Schweitzer, JA; Bailey, JK 2016. Feedbacks planta-solo: conectando ecologia e evolução do ecossistema. *Ecologia Funcional*, 30: 1032-1042.
- Wright, S.F.; Upadhyaya, A. 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 161; 575-586.

Anexo

Anexo A. Regras de submissão para publicação na Revista Acta Amazônica.



Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.

2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. Os manuscritos devem ser escritos em inglês. A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico.
6. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
7. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.
8. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista,

detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.

- Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:

a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos dos autores e endereço eletrônico do autor correspondente. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (*) para indicar o autor correspondente.

Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"

b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Além do “main document” em inglês, o manuscrito deve ter “Título, Resumo e Palavras-chave” em português ou espanhol.

Carregar este arquivo como "Main document".

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

Carregar cada um destes arquivos como "Figure".

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas devem ser inseridas ao final do corpo do manuscrito (main document), após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Os outros tópicos da Nota Científica devem seguir o formato do artigo completo. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço electrónico

DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. **IMPORTANTE:** Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

FORMATO E ESTILO

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas). Iniciar o Resumo com uma breve introdução, logo a seguir informar os objetivos de forma clara. De forma sucinta informar a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de quatro a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução. Encerrar esta seção com os objetivos.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência

futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, SISBIO, CNPq, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %).

Unidades: Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo, cmol kg^{-1} em vez de $\text{meq}/100\text{g}$; m s^{-1} no lugar de m/s . Use espaço no lugar de ponto entre os símbolos: m s^{-1} e não m.s^{-1} ; use “-” e não “-” para indicar número negativo. Por exemplo: -2 no lugar de -2. Use kg e não Kg ; km no lugar de Km .

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas.

21. Conclusões. Esta seção (um parágrafo) deve conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho.

22. Agradecimentos devem ser breves e concisos. Incluir agência(s) de fomento. NÃO abreviar nomes de instituições.

23. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de et al. Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado.

Observar os exemplos abaixo:

a) Artigos de periódicos:

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6: 215-228.

Artigos de periódicos que não seguem o sistema tradicional de paginação:

Ozanne, C.M.P.; Cabral, C.; Shaw, P.J. 2014. Variation in indigenous forest resource use in Central Guyana. PLoS ONE, 9: e102952.

b) Dissertações e teses:

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

c) Livros:

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 1980, 633p.

d) Capítulos de livros:

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

e) Citação de fonte eletrônica:

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 (www.cptec.inpe.br/products/climanalise). Acesso em 19/05/1999.

f) Citações com mais de dez autores:

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; et al. 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. Nature 454:1000-1004.

23. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

a) Um autor:

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

b) Dois autores:

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

c) Três ou mais autores:

Rezende et al. (2002) ou (Rezende et al. 2002).

d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):

Ferreira et al. (2001) e Fonseca et al. (2001); ou (Ferreira et al. 2001; Fonseca et al. 2001).

FIGURAS

25. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

26. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardeal.

27. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao

espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

28. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

29. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

30. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

31. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: " this figure is in color in the electronic version". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas dever ser autoexplicativas.