



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

MARIA RITA DA SILVA ANDRADE LEONEL

**OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EM ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO
DE ENERGIA NO SUL DO ESTADO DO MARANHÃO E NORTE DO PARÁ**

Imperatriz, MA

2023



MARIA RITA DA SILVA ANDRADE LEONEL

**OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES
EM ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA NO
SUL DO ESTADO DO MARANHÃO E NORTE DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão-UEMASUL, como parte das exigências para a
obtenção do título de Especialista em Ciências
ambientais.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Regiane Saturnino Ferreira

Imperatriz /MA

2023



L583o

Leonel, Maria Rita da Silva Andrade

Ocorrência e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de influência de linhas de distribuição de energia no sul do Estado do Maranhão e Norte do Pará. / Maria Rita da Silva Andrade Leonel. – Imperatriz, MA, 2023.

27 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2023.

1. Faixa de servidão. 2. Fungos Micorrízicos Arbusculares - Micorrizas. 3. Áreas Preservadas. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 630*3:621.32

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

RESUMO

Com o contínuo crescimento demográfico faz-se necessário expandir as linhas de distribuição de energia para suprir as necessidades da sociedade. Contudo, isso pode afetar a comunidade biológica, por conta da supressão da vegetação resultante do estabelecimento de linhas de distribuição de energia. Como parte dessa comunidade incluem-se os microrganismos como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), objeto deste projeto, cujo objetivo é determinar a ocorrência e a diversidade dos FMAs em áreas de influência de linhas de distribuição de energia nos estados do Pará e do Maranhão. Foram realizadas coletas dos solos com auxílio de um trado do tipo holandês a uma profundidade de 0-20 cm; para extração dos esporos do solo usou-se a metodologia de peneiramento úmido de Gedermaann; Nicolson (1963). Foram retiradas amostras de solo tanto nas faixas de servidão, solo exposto, quanto no solo da vegetação ao redor, para comparação da comunidade de FMAs. No total foram identificadas 75 espécies de FMAs para as áreas do Pará e Maranhão, contabilizando 3.193 glomerosporos, distribuídas em 8 famílias: Ambisporaceae, Entrophosporaceae, Racocetraceae, Glomeraceae, Diversisporaceae, Dentiscutataceae, Gigasporaceae e Scutellosporaceae. As famílias mais expressivas foram Glomeraceae (25 espécies) e Ambisporaceae (15 espécies). De modo geral, o estudo mostrou um índice alto de diversidade entre as áreas, sendo os valores bem próximos entre as áreas. O índice de equitabilidade variou de 0,663 a 0,722, com valores uniformes e altos. A abundância de glomerosporos em áreas linha de servidão e na vegetação do entorno não apresentou diferença significativa, mas foi observada uma diferença significativa na quantidade de glomerosporos quando essa mesma comparação foi feita com as áreas do Pará. Com a ordenação das áreas com a função do envfit, foi observada uma separação nos tratamentos entre as áreas que representam o Pará, faixa de servidão e vegetação do entorno; enquanto no Maranhão houve maior similaridade. Este efeito pode ser devido a diferenças nos biomas, Cerrado e Amazônia, ou a variáveis que ainda não puderam ser testadas, tais como solo e vegetação em função do atraso ocasionado pela pandemia.

Palavras-chave: Faixa de Servidão; Áreas Preservadas; Micorrizas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVO GERAL	8
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. METODOLOGIA	8
4.1. Área de estudo	8
4.2. Delineamento amostral e processamento das amostras	11
4.3. Extração e identificação dos esporos dos FMA.....	14
4.3. Análises estatísticas.....	16
5. RESULTADOS.....	17
6. DISCUSSÃO.....	22
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

O fornecimento de energia elétrica é vital para a manutenção das atividades da sociedade moderna. Assim, o contínuo crescimento demográfico, a expansão de ocupação territorial e a industrialização geram uma demanda cada vez maior por eletricidade. Para suprir esta necessidade, as companhias energéticas vêm, cada vez mais, expandindo suas áreas de atuação de forma a alcançar até mesmo as áreas mais remotas, por meio da instalação de linhas de transmissão e de linhas e redes de distribuição de energia. Estes componentes requerem monitoramento frequente a fim de garantir a continuidade do serviço, evitando assim prejuízos econômicos e sociais. Em certas áreas há também a necessidade de inspeção e monitoramento dos componentes do entorno dessas redes de energia, especialmente da vegetação (MATIKAINEN *et al.*, 2016).

A faixa de segurança, ou faixa de servidão, é aquela sob os componentes da rede elétrica, cuja vegetação é continuamente removida para garantir o acesso em caso de necessidade de reparos, assim como para evitar interferências diretas nas linhas, em função de seu crescimento. Esta faixa pode ter de 10 a 20 m de largura, dependendo da tensão da rede, ou ser ainda maior dependendo das particularidades de cada região. Considerando a extensão da rede elétrica, em quilômetros e abrangência, a largura da faixa e o número de domínios de redes da concessionária de energia, os custos com a manutenção da vegetação são altos. Assim, é compreensível que as empresas busquem alternativas de reduzir e/ou otimizar esses custos.

Uma das formas de redução das despesas financeiras mencionadas e dos transtornos sociais à população com eventos de queda de energia, pode ser obtido por meio do manejo integrado da vegetação, assim como do mapeamento de custos em todas as linhas de distribuição, para que seja possível responder se existem variáveis ambientais que os aumentam. Neste caso, os possíveis danos ambientais do manejo também devem ser levados em consideração, para que não se ande na contramão das propostas conservacionistas de manutenção dos serviços ambientais e da integridade do ecossistema.

Nessa perspectiva, além da busca de alternativas para reduzir e/ou otimizar esses custos, é importante estudar a diversidade de organismos que existem nesses ambientes que sofrem com a interferência humana, verificando as possíveis consequências geradas. Um dos microrganismos de grande importância para espécies vegetais formando uma relação benéfica entre elas são os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). A relação mutualística entre fungo e planta, favorece a ciclagem dos nutrientes, absorção de minerais de baixa mobilidade no solo,

tais como P, Zn e Cu, bem como favorece a disponibilidade de N; essa associação fungo-raiz ocorre em média em 80% das plantas (BONFIM *et al.*, 2007). Desse modo, os fungos proporcionam benefícios para as plantas, como o aumento no crescimento da parte aérea e do potencial reprodutivo. Em contrapartida, as plantas retribuem fornecendo aos fungos, carbono e fatores essenciais para o seu desenvolvimento e reprodução (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Assim, as micorrizas são fundamentais para a biota e fertilidade do solo e nutrição de plantas (SILVA, 2010).

Conhecer a ecologia desse ser vivo é fundamental, devido a sua importância econômica e ecológica. Atualmente, os fungos são elementos promissores para estabilidade ambiental, pois eles têm grande potencial no equilíbrio de ambientes com índices de degradação, além de serem alternativa na aplicabilidade para o melhoramento da agricultura, por funcionar como controle biológico contra patógenos nas diferentes espécies vegetais. Além disso, a inoculação ou mesmo a presença de certos fungos micorrízicos podem colaborar para o desenvolvimento de plantas alvo, na seleção de uma possível cultura para plantio nas faixas de servidão.

Os fungos podem proteger as plantas contra estresse hídrico, contaminações por metais pesados, infecções provenientes de patógenos, como também influenciar a dinâmica de agregação do solo por melhorar a sua estrutura (CHEN, 2014), eles ajudam as plantas a se estabilizarem através da maximização dos elementos minerais no solo, tornando-os de forma absorvível para os vegetais, já que estes não têm a capacidade de fazer o processo de agregação do solo, garantindo a sustentabilidade do meio ambiente, assim, tanto o fungo como as plantas são beneficiados no processo de micorrização (MOURA *et al.*, 2017).

A diversidade de FMAs pode variar em diferentes ambientes. Em áreas nativas, a riqueza de espécies tende a ser maior do que em áreas que sofreram algum distúrbio ecológico. Essa diferença pode estar relacionada às melhores condições de estabilidade do meio abiótico e biótico, pouca competição por nichos, garantindo que as espécies de baixa esporulação sobrevivam e se propaguem (SANTOS *et al.*, 2013). Para Santos; Scoriza; Ferreira (2013), a abundância de esporos pode ser alterada conforme o pH e disponibilidade de nutrientes no ambiente, a quantidade de esporos dos FMAs apresenta alta correlação com o pH do solo e com os macronutrientes do solo, como fósforo, potássio e magnésio.

Os diferentes usos da terra podem afetar a ocorrência e distribuição de FMAs. Silva *et al.* (2015) verificaram que áreas com floresta nativa apresentam menor dominância e maior

diversidade de espécies de FMAs quando comparada às áreas com vários tipos de manejos da terra; outro ponto observado é que o pH também altera a ocorrência de espécies de fungos.

Desse modo, o estudo sobre os FMAs, deu-se em dois biomas diferentes, o Bioma Amazônico, rico em biodiversidade de fauna e flora, que se caracteriza principalmente pela ocorrência da Floresta Pluvial é considerado o maior bioma do mundo (IBAM, 2015). O outro é o Bioma Cerrado, que possui uma alta biodiversidade e cobre mais de 25% do território nacional. O Cerrado brasileiro constitui a maior região de savana tropical da América do Sul, ocupando grande área do Brasil Central (MMA, 2007; MM, 2011). Porém, esses biomas vêm sofrendo muitas perdas com a interferência do homem, trocando suas vegetações naturais por processos agropecuários e exploração madeireira. Portanto, o estudo, objetivou determinar a ocorrência e a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de influência de linhas de distribuição de energia e da vegetação do entorno da mesma, nos estados do Pará e do Maranhão.

2. OBJETIVO GERAL

- Determinar a ocorrência e a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de influência de linhas de distribuição de energia nos estados do Pará e do Maranhão.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o número de espécies de FMAs encontrados nos estados do Pará e Maranhão;
- Avaliar se a diversidade e ocorrência de FMAs varia entre as áreas da faixa de servidão e da vegetação do entorno da mesma.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

Localizada nos estados do Pará e do Maranhão em áreas de influência de linhas de distribuição de energia nos dois estados (Figura 1 – ver os traçados em diferentes cores). Para definição das áreas de amostragem e de execução do projeto piloto foi feita inicialmente a plotagem de todas as linhas de distribuição de energia de 69 e 138 kV e, a posterior extração das seguintes variáveis ambientais da base de dados do *WorldClim - Global Climate Data* (<http://www.worldclim.org/>), com resolução de 250m foram as seguintes: Bio 1 (Temperatura

média anual); Bio7 (sazonalidade da temperatura); Bio12 (precipitação anual); Bio15 (sazonalidade da precipitação); Bio17 (precipitação do trimestre mais seco) e Altitude. Foram obtidas ainda variáveis que descrevem as características dos solos, obtidas da base soilgrids (<https://www.isric.org/explore/soilgrids>): Clay (Argila); Silt (silte- partícula maior que a argila e menor que a areia); Sand (Areia); Carbono e Ph H. Em seguida foi executada uma Análise de Componentes Principais (PCA) no Programa ArcGis resultando em um mapa que demonstra, por cores, áreas com maior ou menor similaridade. Os resultados da PCA (Figura 1) refletem a existência de áreas com um conjunto de variáveis ambientais presentes apenas no sul do estado do Maranhão – áreas representadas em coloração avermelhada, e uma forte coloração azul apenas no estado do Pará. Portanto, para a execução do projeto piloto foram selecionadas áreas com estas características em ambos os estados (Tabela 1). Os resultados obtidos com o projeto piloto auxiliaram na determinação das outras áreas de amostragem do estudo, cujos resultados não são aqui apresentados por não fazerem parte do projeto inicial.



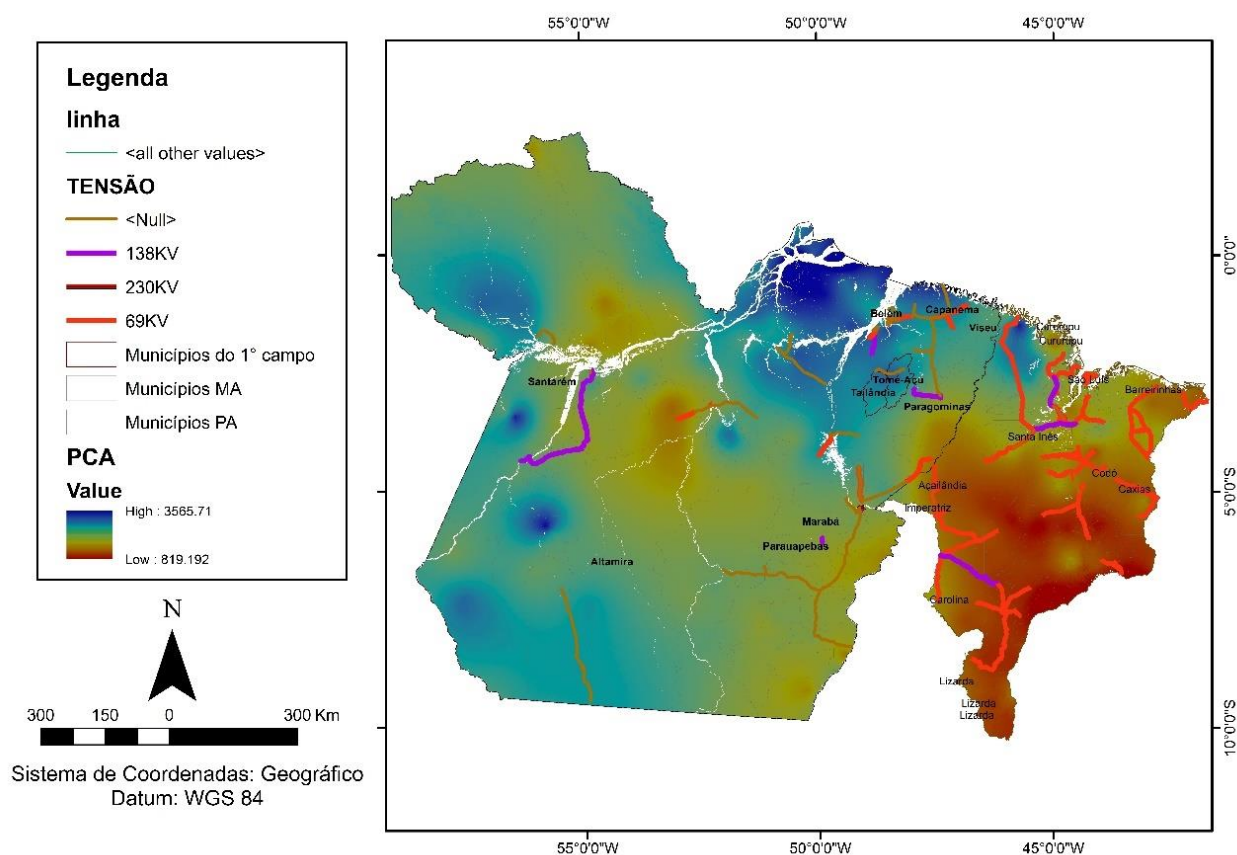


Figura 1. Destaque do primeiro eixo da análise de similaridade ambiental (PCA) que inclui variáveis de relevo (altitude), clima (temperatura anual, sazonalidade da temperatura, precipitação anual, sazonalidade da precipitação, precipitação no trimestre mais seco) e de solos (matéria orgânica e frações de argila, silte e areia), para os estados do Pará e do Maranhão, e que explica a maior parte (88%) da variação ambiental encontrada, com a sobreposição dos traçados das linhas de distribuição de energia

Tabela 1. Amostras de solos obtidas para amostragem de fungos micorrízicos arbusculares, detalhadas por linha de distribuição, nos estados do Pará e Maranhão, e por tensão.

Linha	Tensão	Local
Tomé-Açú/Tailândia – TAITOA	138 kV	Pará
Paragominas/Pará Pigmentos – PAR-PPG	138 kV	Pará
Mãe do Rio/Vila Concórdia – MER-VCO	69 kV	Pará
Mãe do Rio/ Paragominas – MER-PAR	138 kV	Pará
ABCINCO-Carolina	69 kV	Maranhão
Governador Edson Lobão/Sítio Novo – GEO-SNO	69 kV	Maranhão
Porto Franco/Fortaleza dos Nogueiras – PFO-FTN	138 kV	Maranhão

4.2. Delineamento amostral e processamento das amostras

As coletas das amostras de solos foram realizadas ao longo da faixa de servidão e na vegetação do entorno, onde eram demarcadas parcelas. As parcelas diferiam de tamanho conforme o ambiente, sendo de 25 X 50 m em áreas florestadas, e de 25 X 100 m em áreas de cerrado (Figura 2). Em cada parcela eram demarcadas quatro subparcela, onde também era realizada a amostragem de vegetação, para permitir a comparação com a diversidade de fungos, assim como com a composição do solo. Até o momento não foi possível finalizar as análises de solo e da vegetação pela equipe parceira desse projeto (Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará), devido a atrasos ocasionadas pela pandemia.

As coletas dos solos foram obtidas manualmente com auxílio de um trado do tipo holandês a uma profundidade de 0-20 cm (Figura 3). Em cada subparcela foram coletadas cinco amostras compostas de solo, formadas por cinco amostras simples, obtidas em cinco pontos equidistantes, três metros de distância entre si.

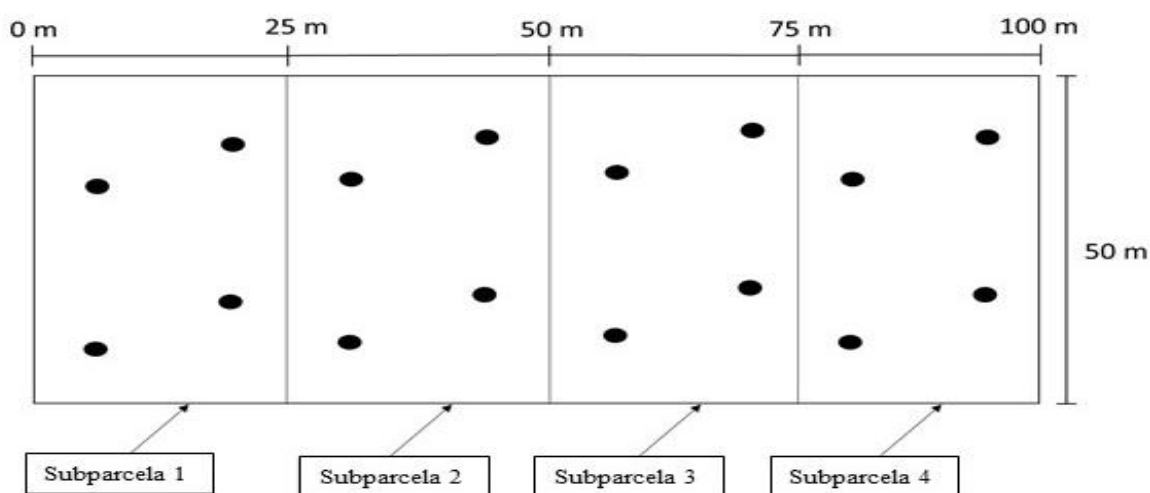


Figura 2. Representação do esquema de amostragem nas parcelas, coletadas no Pará e Maranhão.



Figura 3. Imagem ilustrativa de obtenção de amostra de solo por tradagem, em solo de faixas de servidão em linhas de distribuição de energia.

Imagens ilustrativas de algumas áreas de coleta de amostras de solos na faixa de servidão e no entorno nos estados do Pará e Maranhão estão representadas nas figuras 4,5 e 6.



Figura 4. Faixa de servidão da linha PAR-PPG (PA).



Figura 5. Parcela na linha PAR-PPG, localidade Tailândia (PA).



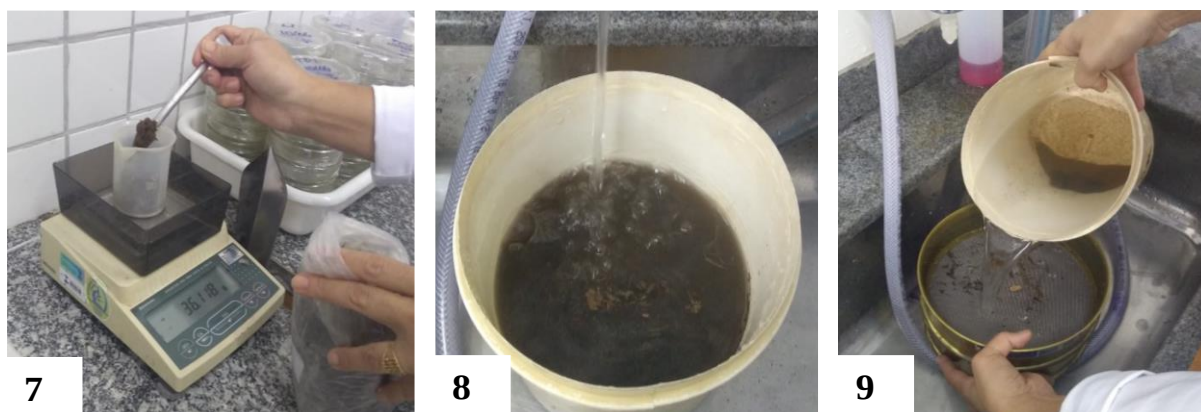
Figura 6. Parcela na linha PFO-FTN, localidade de São João do Paraíso – MA.

As amostras foram ensacadas, etiquetadas e conduzidas ao Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão. Em laboratório o solo foi passado em peneira para retirada do material grosseiro (raízes e pedras) e colocados em bandejas para secagem. Após secagem por 24 h as amostras foram guardadas em

sacos plásticos e armazenadas em freezer à 4 °C até serem analisadas. Em função das coletas do projeto piloto, conduzidas entre outubro e novembro de 2019, foram realizadas as análises dos FMAs em 72 amostras de solo, sendo 40 amostras no Estado do Pará e 32 no Estado do Maranhão.

3.3. Extração e identificação dos esporos dos FMA

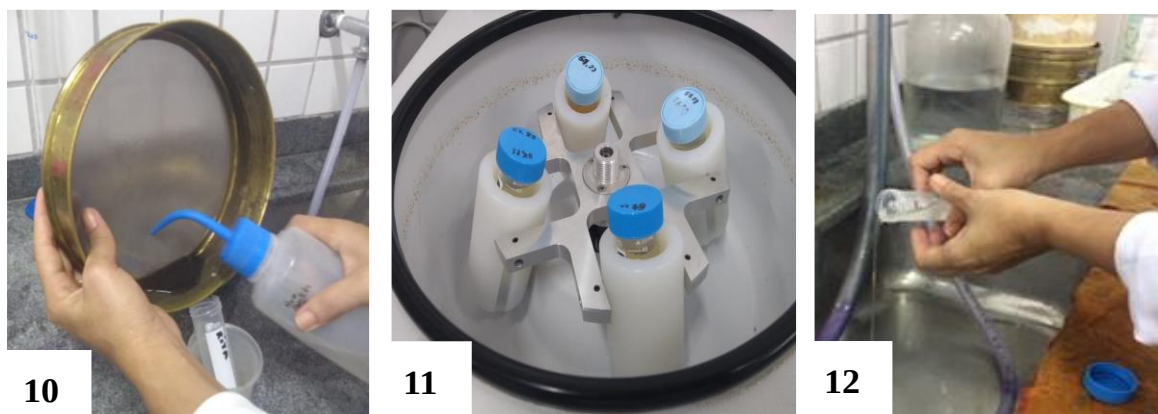
Os esporos de FMA foram extraídos do solo segundo metodologia de peneiramento úmido (GEDERMANN; NICOLSON, 1963) onde pesou-se 50g de solo em uma balança Semi analítica (Figura 7), em seguida colocou-se o solo pesado em um balde de 2L, onde se acrescentou água até completar o recipiente (Figura 8). Logo após, as amostras foram agitadas manualmente com auxílio de bastão e deixadas decantar por 30 segundo. Após decantar, o líquido foi vertido no conjunto de peneiras de 710 e 53 μ m (Figura 9).



Fonte: CUNHA (2020).

Figura 7-8. Processo de extração dos FMAs: (7) pesagem do solo; (8) adição de água ao solo; (9) líquido vertido na 53 e 710 μ m.

O material retido na peneira de 53 μ m foi colocado em tubos de Falcon com água destilada (Figura 10), e levados para centrifugação a uma velocidade de 3000 rpm por 5 minutos (Figura 11). Após essa etapa descartou-se o sobrenadante (Figura 12).



Fonte: (COSTA; CUNHA, 2020).

Figura 10-12. Processo de centrifugação das amostras: (10) Material da peneira de 53 μm sendo colocado em tubos de Falcon com água destilada; (11) centrifugação das amostras; (12) descartando o sobrenadante.

Posteriormente, acrescentou-se uma solução de sacarose a 45% ao corpo de fundo (JENKINS, 1964). Em seguida os tubos passaram por uma segunda centrifugação por três minutos a uma rotação de 3000 rpm. Finalizada a centrifugação o material foi vertido em uma peneira de 53 μm e lavado com água para a retirada da sacarose.

Após a extração, os esporos foram contados em placa canaleta com auxílio de lupa estereomicroscópio (40X) (Figura 15). Durante a contagem dos esporos os mesmos foram separados por semelhança quanto ao tamanho, cor e forma e acondicionados em lâminas sob resina PVLG (álcool-polivinílico-lactoglicerol) e PVLG+Reagente de Melzer (1:1) (Figura 16), sendo avaliadas suas características morfológicas. Verificou-se a forma, tipo e número de paredes, presença ou ausência de cicatrizes e hifas de sustentação, presença e forma do bulbo suspensor, número de hifas no glomerosporo, estruturas de germinação (placas germinativas e orbs) e reação ao Melzer depois das lâminas prontas (Figura 17).



Fonte: (CUNHA, 2020).

Figura 13-15. Etapas de identificação: (13) Processo de separação e contagem de esporos; (14) Montagens de lâminas com reagentes; (15) Processo de identificação das lâminas.

Os dados obtidos foram comparados com a descrição das espécies da página da *International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM - International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi, 2000. Disponível: em <<http://invam.caf.wvu.edu/mycinfo/Methods/cultures/monosp.htm>>) e Laboratório de Biologia de Micorrizas (GOTO; JOBIM, 2019). Disponível em: <<http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. A confirmação das identificações foi realizada pela Professora Dra. Camila Pinheiro Nobre (UEMA).

4.3. Análises estatísticas

O índice de diversidade de Shannon (H') foi calculado de acordo com a equação: $H' = -\sum p_i \ln p_i$, em que p_i é o número de glomerosporos de cada espécie em 50 g de solo/número total de glomerosporos de todas as espécies. A equitabilidade de Pielou foi obtida pela equação $J' = H' / \log(S)$ em que H' é o valor obtido pelo índice de Shannon e S é o número total de espécies, para os estados do Pará e Maranhão, assim como para os diferentes tratamentos, faixa de servidão e vegetação do entorno.

A frequência de ocorrência (FO) das espécies foi calculada pela equação: $F_i = J_i/k$, onde F_i = frequência de ocorrência da espécie i , J_i = número de amostras onde a espécie i ocorreu e k = número total de amostras. As espécies foram ordenadas em quatro categorias baseadas em sua frequência de Ocorrência (FO), segundo Zhang (2004): espécie dominante ($FO > 0,50$), espécie mais comum ($0,50 > FO > 0,31$), espécie comum ($0,30 > FO > 0,10$), e espécies raras ($FO < 0,10$), para os estados do Pará e Maranhão.

Foi feito o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) com o índice de similaridade de Bray–Curtis, com 999 permutações e usando a função *envfit*, para obtenção dos subconjuntos estatisticamente como cabe nas ocorrências das espécies, e usando a função "metaMDS" no Pacote R "vegan" para análises das áreas. Os gráficos foram realizados usando o Pacote *ggplot2* (R Core Team, 2021). Os dados foram submetidos à análise de variância, e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS

No total foram identificadas 75 espécies de FMAs para as áreas do Pará e Maranhão, contabilizando 3.193 glomerosporos, distribuídas em 8 famílias: Ambisporaceae, Entrophosporaceae, Racocetraceae, Glomeraceae, Diversisporaceae, Dentiscutataceae, Gigasporaceae e Scutellosporaceae. As famílias mais expressivas foram Glomeraceae (25 espécies) e Ambisporaceae (15 espécies) (Tabela 2).

No estado do Pará, identificou-se 20 espécies e 31 morfoespécies de FMAs contabilizando um total de 1.381 glomerosporos, para as áreas na faixa de servidão e no seu entorno. As famílias mais expressivas foram Glomeraceae (18 espécies) e Ambisporaceae (10 espécies). *Acaulospora* sp2, *Acaulospora* sp3, *Racocetra undulate*, *Glomus* sp3, *Glomus* sp15, *Glomus* sp16, *Glomus* sp17, *Glomus* sp18, *Diversispora* sp2, *Diversispora* sp3, *Fuscutata aurea*, *Paraglomus* sp1, *Paraglomus* sp2, *Scutellospora* sp2 e *Scutellospora* sp3, ocorreram apenas no Pará. Por sua vez, *Acaulospora* sp2, *Racocetra undulate*, *Glomus* sp3, *Fuscutata aurea*, *Scutellospora* sp2 e *Scutellospora* sp, estão presentes somente nas áreas da faixa de servidão, ficando o restante para as áreas preservadas.

Para as áreas do Maranhão, identificou-se 34 espécies e 25 morfoespécies de FMAs, contabilizando 1.812 glomerosporos, sendo que as famílias mais expressivas foram Glomeraceae (18 espécies) e Ambisporaceae (13 espécies). As espécies que ocorreram apenas no Maranhão foram: *Acaulospora elegans*, *Acaulospora excavate*, *Acaulospora foveate*, *Acaulospora reducta*, *Cetraspora* sp2, *Racocetra persica*, *Racocetra persica*, *Racocetra* sp1, *Funneliformis geosporum*, *Glomus multiforum*, *Dentiscutata biornata*, *Dentiscutata heterogama*, *Dentiscutata cerradensis*, *Fuscutata* sp1, *Fuscutata savannicola*, *Gigaspora gigantea*, *Gigaspora rosea*, *Rhizophagus* sp1, *Rhizophagus* sp2, *Orbispora* sp1 e *Orbispora pernapiucana*. Foram exclusivas da faixa de servidão: *Cetraspora* sp2, *Funneliformis*

geosporum, *Dentiscutata biornata*, *Dentiscutata heterogama*, *Fuscutata* sp1 e *Orbispora* sp1, o resto está presente apenas nas áreas preservadas, ou seja, do entorno da faixa de servidão.

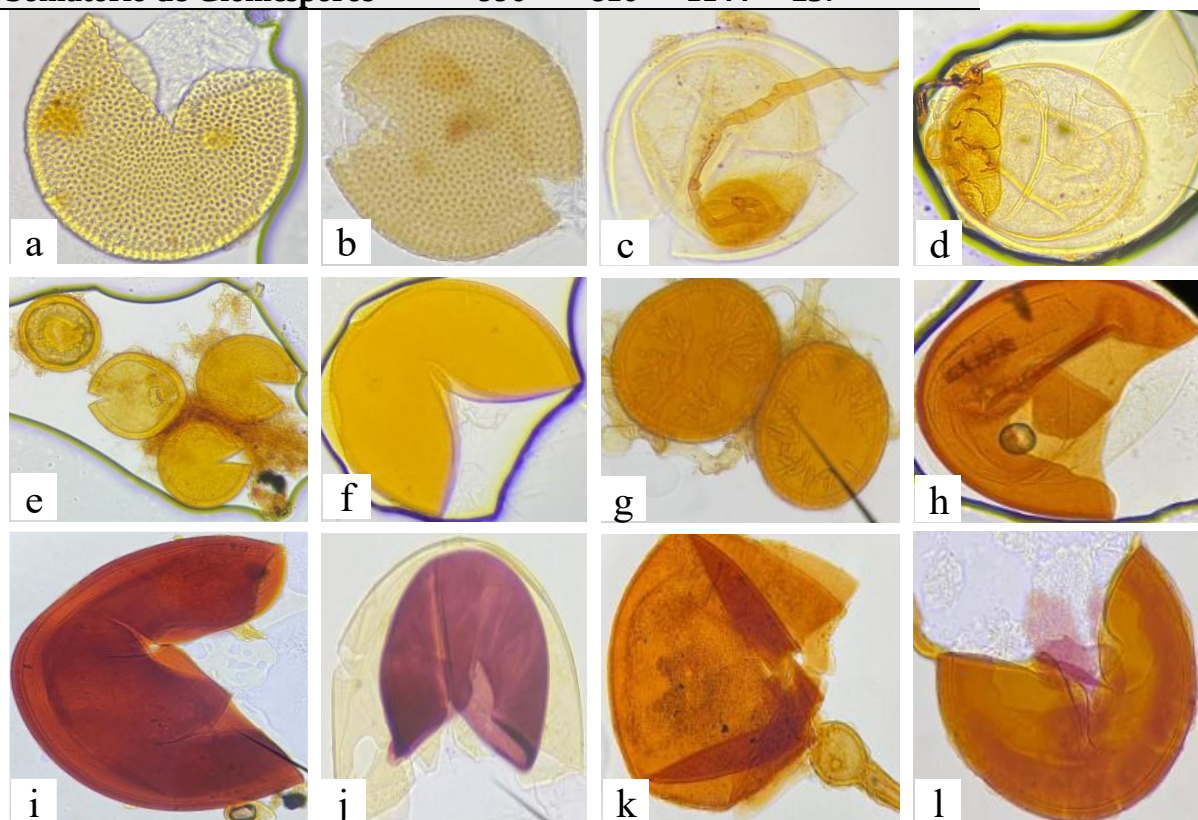
Para a frequência de Ocorrência (FO), segundo Zhang (2004), foram obtidos os seguintes resultados: 28 espécies dominante ($FO > 0,50$), 23 espécies mais comuns ($0,50 > FO < 0,31$), 24 espécies comuns ($0,30 > FO < 0,10$), e 0 espécies raras ($FO < 0,10$), para os estados do Pará e Maranhão (Tabela 2).

Tabela 2 - Espécies de FMA identificadas em áreas de linhas de servidão e preservadas (entorno da faixa) no Maranhão e Pará.

Espécies	Maranhão		Pará		FO (%)
	V	P	SV	P	
Ambisporaceae					
Ambispora sp1	3	-	1	-	50
Acaulospora bireticulata	1	3	-	-	50
Acaulospora delicata	-	1	11	-	50
Acaulospora elegans	-	1	-	-	25
Acaulospora excavata	-	7	-	-	25
Acaulospora foveata	-	2	-	-	25
Acaulospora herrerae	15	7	-	1	75
Acaulospora morrowiae	79	8	45	-	75
Acaulospora reducta	-	3	-	-	25
Acaulospora scrobiculata	2-	56	2	-	75
Acaulospora spinosa	28	1-	9	-	75
Acaulospora rehmanii	-	5	3	-	50
Acaulospora sp1	2	-	4	1	75
Acaulospora sp2	-	-	8	-	25
Acaulospora sp3	-	-	3	3	50
Entrophosporaceae					
Claroideoglossum sp1	1	1	7	1	100
Claroideoglossum etunicatum	18	18	15	-	75
Racocetraceae					
Cetraspora sp2	9	-	-	-	25
Cetraspora gilmorei	2	19	-	-	50
Cetraspora sp1	1	5	7	1	100
Racocetra persica	4	1	-	-	50
Racocetra fulgida	2	5	-	-	50
Racocetra tropicana	8	4	2	2	100
Racocetra undulate	-	-	1	-	25
Racocentra sp1	5	1	-	-	50
Glomeraceae					
Funneliformis monosporum	1	3	1	14	100
Funneliformis mosseae	15	8	-	1	75
Funneliformis geosporum	1	-	-	-	25
Glomus glomerulatum	13	35	-	-	50

<i>Glomus microcarpum</i>	7	10	20	1	100
<i>Glomus macrocarpum</i>	185	148	47	-	75
<i>Glomus multiforum</i>	1	1	-	-	50
<i>Glomus sp1</i>	177	165	287	86	100
<i>Gloms sp2</i>	4	-	29	9	75
<i>Glomus sp3</i>	-	-	50	-	25
<i>Glomus sp4</i>	38	69	87	12	100
<i>Glomus sp5</i>	1	-	4	-	50
<i>Glomus sp6</i>	113	45	108	16	100
<i>Glomus sp7</i>	18	7	32	5	100
<i>Glomus sp9</i>	1	-	19	1	75
<i>Glomus sp10</i>	-	-	2	3	50
<i>Glomus sp11</i>	23	12	81	20	100
<i>Glomus sp12</i>	87	90	157	41	100
<i>Glomus sp13</i>	1	1	14	-	75
<i>Glomus sp14</i>	1	-	6	3	75
<i>Glomus sp15</i>	-	-	2	1	50
<i>Glomus sp16</i>	-	-	-	1	25
<i>Glomus sp17</i>	-	-	11	1	50
<i>Glomus sp18</i>	-	-	-	1	25
Diversisporaceae					
<i>Diversispora sp1</i>	3	-	32	1	75
<i>Diversispora sp2</i>	-	-	-	3	25
<i>Diversispora sp3</i>	-	-	-	1	25
Dentiscutataceae					
<i>Dentiscutata biornata</i>	1	-	-	-	25
<i>Dentiscutata heterogama</i>	2	-	-	-	25
<i>Dentiscutata cerradensis</i>	1	1	-	-	50
<i>Dentiscutata scutata</i>	9	7	3	1	100
<i>Fuscutata aurea</i>	-	-	7	-	25
<i>Fuscutata sp1</i>	9	-	-	-	25
<i>Fuscutata heterogama</i>	4	3	9	-	75
<i>Fuscutata savannicola</i>	2	5	-	-	50
Gigasporaceae					
<i>Gigaspora sp1</i>	8	17	2	1	100
<i>Gigaspora gigantea</i>	43	19	-	-	50
<i>Gisgaspora rosea</i>	2	1	-	-	50
<i>Gigaspora sp2</i>	2	-	4	1	75
<i>Paraglomus sp1</i>	-	-	1	-	25
<i>Paraglomus_sp2</i>	-	-	-	1	25
<i>Rhizophagus sp1</i>	-	1	-	-	25
<i>Rhizophagus sp2</i>	12	1	-	-	50
Scutellosporaceae					
<i>Orbispora sp1</i>	4	-	-	-	25
<i>Orbispora pernapucana</i>	9	4	-	-	50
<i>Scutelospora arenicula</i>	-	1	-	-	25
<i>Scutelopora calospora</i>	-	4	1	-	50
<i>Scutellospora sp1</i>	-	1	3	-	50

<i>Scutellospora</i> sp2	-	-	1	-	25
<i>Scutellospora</i> sp3	-	-	2	-	25
Somatório n° de Espécies	48	45	43	31	
Somatório de Glomesporos	996	816	1144	237	



Fonte: Autora (2021). *SV-Áreas de linha de Servidão; *P- Áreas Preservadas; *FO-Frequência de Ocorrência.

Imagens ilustrativas de algumas espécies de FMAs, identificadas em áreas da faixa de servidão e no entorno nos estados do Pará e Maranhão, estão representadas na figura16.

O índice de diversidade de Shannon (H'), foi de 2,791 para a área de linha de servidão e 2,734 para a área preservadas no Maranhão. No Pará ficou com 2,716 e 2,255 para as áreas na faixa de servidão e preservadas respectivamente. Quanto ao índice de equitabilidade de Pielou (J'), foi observado em áreas na faixa de servidão um índice de 0,717 e para áreas preservadas de 0,718 no Maranhão, enquanto, no Pará em áreas preservadas ocorreu um índice de 0,663 e para as áreas na faixa de servidão 0,722. (Tabela 3).

Figura 16. Espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares: (a) *Acaulospora herrerae*; (b) *Acaulospora Scrobiculata*; (c) *Centraspora* sp3; (d) *Dentiscutata scutata*; (e) *Glomus macrocarpum*; (f) *Glomus* sp1; (g) *Glomus* sp3; (h) *Fuscutata heterogama*; (i) *Racocetra pérsica*; (j) *Acaulospora morrowiae*; (k) *Gigaspora* sp2; (l) *Claroideglomus etunicatum*.

Fonte: Autora (2021).

Tabela 3 - Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') na comunidade de FMA em áreas de linha de servidão e preservadas no Maranhão e Pará.

Índices de diversidade	Maranhão		Pará	
	SV	P	SV	P
Índice de Shannon (H')	2,791	2,734	2,716	2,255
Índice de Pielou (J')	0,717	0,718	0,722	0,663

Fonte: Autora (2021). *SV-Áreas de Servidão; *P- Áreas Preservadas

Em relação a abundância de glomerosporos, não houve diferença significativa entre áreas da faixa de servidão e preservada no Maranhão. Por outro lado, foi observada diferença quanto a esses dois tratamentos no estado do Pará (Figura 17).

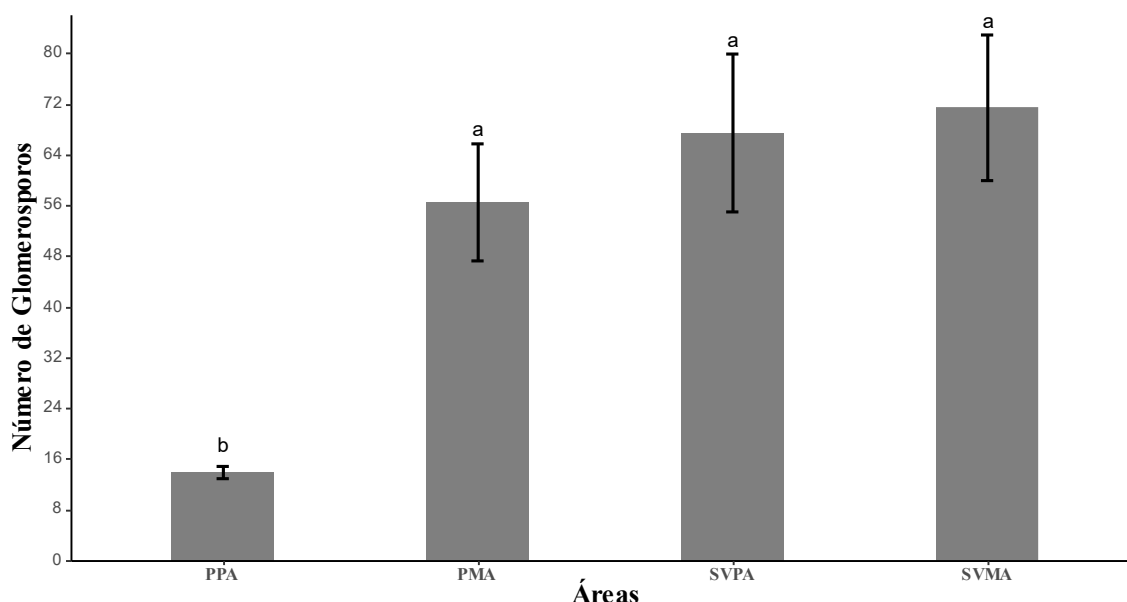


Figura 17. Número de glomerosporos em relação a comparação das áreas na faixa de servidão e preservadas no Pará e Maranhão.

Fonte: Cunha (2021). *SVPA-Áreas de Servidão do Pará; *PPA- Áreas Preservadas do Pará; *SVMA Áreas de Servidão do Maranhão; PMA- Áreas Preservadas do MA.

As pontuações de ordenação NMDS das espécies em cada área, demonstram que, as áreas tendem a ser semelhantes na distribuição das espécies. As comunidades das áreas de servidão - SVMA e preservadas - PMA no Maranhão são próximas. Assim, como as espécies

nas áreas de servidão - SVPA e preservadas - PPA no Pará são relativamente relacionadas. E a ordenação das áreas com a função do envfit, observando efeito significativo entre as áreas, com base na abundância das espécies, representados pelas linhas, observa-se uma maior separação das áreas do Pará - PPA e SVPA, enquanto as áreas do Maranhão foram mais semelhantes (Figura 18).

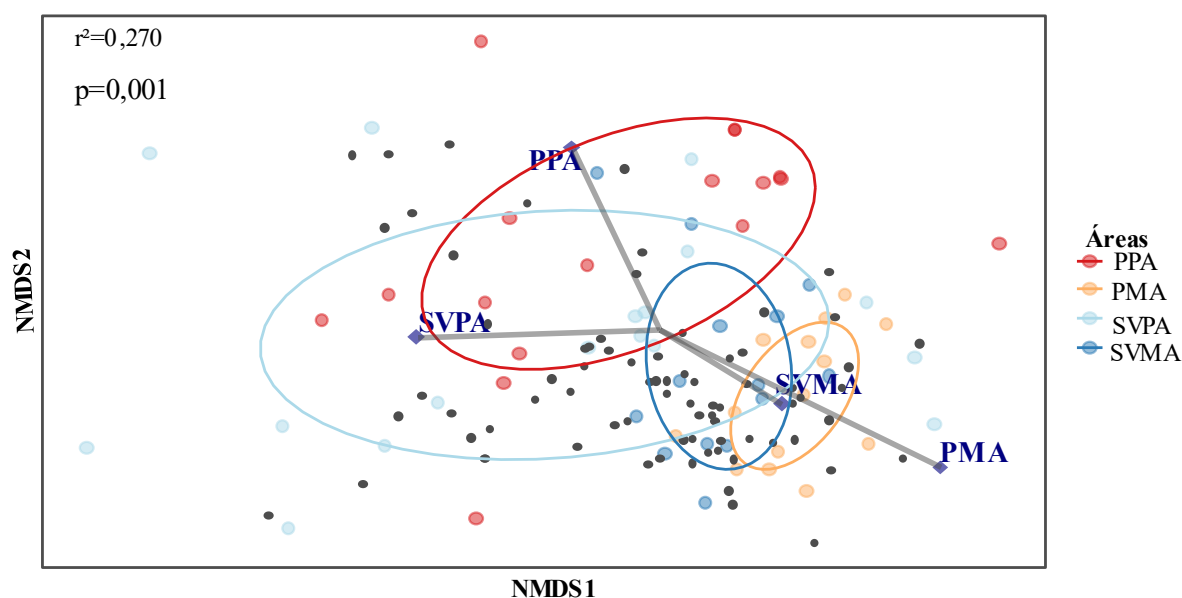


Figura 18. Escala multidimensional não métrica (NMDS) entre as áreas em relação aos agrupamentos das espécies, onde as elipses representam as 4 áreas e a orientação de cada seta são proporcionais a força de correlação com base na abundância das espécies.

Fonte: Cunha (2021). *SVPA-Áreas de linhas de Servidão do Pará; *PPA- Áreas Preservadas do Pará; *SVMa- Áreas de linhas de Servidão do Maranhão; PMA- Áreas Preservadas do Maranhão.

6. DISCUSSÃO

Em relação a frequência de ocorrência 13 espécies apareceram em todas as áreas, são elas: *Claroideoglossum* sp1, *Cetraspora* sp1, *Racocetra tropicana*, *Funneliformis monosporum*, *Glomus microcarpum*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp4, *Glomus* sp6, *Glomus* sp7, *Glomus* sp11, *Glomus* sp12, *Dentiscutata scutate*, *Gigaspora* sp1. O gênero *Glomus*, além de ser dominante, também tem maior representatividade na quantidade de glomerosporos. Existem espécies que são chamadas de generalista, ou seja, ocorrem em diversos ambientes, pois tem maior adaptabilidade aos meios bióticos e abióticos (STÜRMER; SIQUEIRA, 2011). Desse modo, de acordo com o estudo, as espécies citadas anteriormente podem ser consideradas como generalista, por ter ocorrido em todas as áreas estudadas.

O gênero com maior frequência de ocorrência no mundo é *Glomus*, ele possui uma alta frequência de ocorrência e uma grande representatividade de indivíduos. Isso ocorre devido a maior capacidade de adaptação aos solos submetidos a atividades de manejo ou baixo nível de degradação ambiental (DANTAS, 2015). Além disso, eles possuem paredes mais espessas, o que os tornam mais resistentes ao ataque de predadores, são pequenos, facilitando a sua dispersão, e apresentam ainda alta capacidade reprodutiva (CARRENHO *et al.*, 2001 *apud* BONFIM, 2011).

O gênero *Acaulospora* é o segundo maior em representatividade na abundância de glomerosporo, ele tem uma maior adaptabilidade em solos de baixa fertilidade (DANTAS, 2015; GOTO; JOBIM, 2019;) e ocorre com maior frequência em solos com pH menor que 6,5 (NOBRE *et al.*, 2010), uma característica de solos encontrados no cerrado.

Percebe-se que, o gênero *Glomus* obteve maior representatividade em ambas as áreas, tanto no Pará quanto no Maranhão. O gênero *Acaulospora*, o segundo mais bem representado, apareceu com menos frequência na área preservada do Pará. Para as espécies com menos incidência, isso pode ser explicada pelo fato que, existem fatores que interferem diretamente em seu comportamento fisiológico, como umidade, temperatura que são fatores limitantes para o desenvolvimento das mesmas, tais como a temperatura ideal para o desenvolvimento de cada espécie de FMA que pode variar entre 18 à 25°C (PEREIRA, 2013).

Em relação ao índice de Shannon (H'), de acordo com Nobre (2014) ele mede a diversidade entre ambientes. O estudo apresentou um alto índice de diversidade para as áreas; áreas preservadas no Pará apresentaram os menores índices. De modo geral, o estudo mostrou que ocorreu um índice alto de diversidade entre as áreas, sendo os valores bem próximos entre elas. O índice equitabilidade mostra que os valores destes índices são uniformes e altos, ficando menor em áreas preservadas do Pará. Os índices amostrados no estudo para expressar a diversidade nas áreas indicadas apresentaram valores equivalentes.

O resultado do estudo foi semelhante ao de Kanieski *et.al.* (2010), cujo trabalho foi realizado sobre a abundância em florestas; os índices de Pielou variaram de 0,38 a 0,78 o que significa uma uniformidade média na distribuição da abundância das espécies, sendo que os valores variam de 0 a 1. Assim, 0 representa menor uniformidade na distribuição do número de indivíduos por espécie e 1 número máximo de uniformidade do local.

Em relação às áreas preservadas e de servidão no Cerrado Maranhense, não se observou diferença estatística na abundância de glomerosporos, o que pode estar relacionado à presença das gramíneas nativas, às quais estão presentes em ambas as áreas. De acordo com Moreira;

Siqueira, (2006) as gramíneas, por possuírem sistema radicular fasciculados, favorecem a interação simbióticas com os FMAs, visto que são biotróficos obrigatórios, e que, quanto maior a quantidade de raízes no solo, maior é a interação.

Em relação às áreas do Pará, estas se diferenciaram estatisticamente na quantidade de glomerosporos. Esta diferenciação pode ser por causa da formação vegetal entre as áreas. Nas áreas preservadas, há um maior equilíbrio biótico e abiótico, o que não se vê nas áreas de servidão, pois, nestes locais há uma maior necessidade de nutrientes, visto ter passado por intervenções antrópicas, o que desequilibra o sistema. Dessa forma, necessitando da simbiose com os FMAs, os quais disponibiliza os macronutrientes como fósforos, potássio e magnésio (SANTOS; SCORIZA; FERREIRA, 2013)

Em relação a escala de NMDS, dados semelhantes foram observados em Silva *et al.* (2019) em que ocorreu uma semelhança da comunidade de FMAs em seu estudo. Para Stürmer; Siqueira (2011), algumas espécies são chamadas de generalistas, ou seja, ocorrem tanto em áreas preservadas, como também em áreas de extremo estresse, pois tem maior adaptabilidade aos meios bióticos e abióticos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observada grande diversidade de espécies entre as áreas. E não foi registrada diferença significativa na abundância de glomerosporos entre os dois tratamentos no Maranhão. Por outro lado, essa diferença foi observada no estado do Pará, indicando que o bioma pode ter um efeito sobre esse parâmetro. Além disso, como a área com maior número de glomerosporos foi justamente a área de faixa de servidão isso valida a hipótese que a vegetação desta área está sob estresse, necessitando de mais fungos micorrizicos.

Os resultados do NMDS da composição da comunidade em cada área, demonstram que, as áreas tendem a ser semelhantes na distribuição das espécies em alguns pontos. No estado do Maranhão houve maior similaridade entre os tratamentos, enquanto as áreas de servidão e do entorno, no Pará, mostraram-se mais separadas. Mais uma vez essa dissimilaridade no Pará pode ser em decorrência de diferenças ocasionadas pelo bioma e serão melhor investigadas quando as análises de solo e de vegetação forem finalizadas e estiverem disponíveis para serem testadas em conjunto com a diversidade e distribuição de fungos.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONFIM, J. A. *et al.* Determinação da densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol, no município de Vitória da Conquista, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapari. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Agroecologia, 2007. p. 727-730. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/6837>.

CORDEIRO, M. A. S. *et al.* ESTIMULANTE DE MICORRIZAÇÃO A BASE DE FORMONONETINA ASSOCIADO À FUNGICIDA E DOSES DE FÓSFORO EM SOJA NO CERRADO. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1062-1070, July/Aug., 2015. DOI: 10.14393/BJ-v31n4a2015-26185. Disponível em: http://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/11/964558/mycorrhization-stimulant-based-in-formononetin-associated-to-fu_exNa1xJ.pdf.

CHEN, Y-L. *et al.* The role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil nitrogen cycling. **Article in Acta Ecologica Sinica**, China, v.34, No.17. 2014. DOI: 10.5846/stxb201309242346. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281786889_The_role_of_arbuscular_mycorrhizal_fungi_in_soil_nitrogen_cycling.

DANTAS, B. L. *et al.* Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido cearense. **Ciência Rural**, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. v.45, n.8, p.1480-1486, ago, 2015. ISSN 0103-8478. DOI: 10.1590/0103-8478cr20130097. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000801480.

FOLLI-PEREIRA, M. DA S. *et al.* Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa -MG, v.36, p.1663-1679. Nov./Dec. 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000600001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832012000600001&script=sci_arttext.

MATIKAINEN, L. *et al.* Remote sensing methods for power line corridor surveys. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. 119. 10-31. 10.1016/j.isprsjprs.2016.04.011. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2011. p. 200. ISBN 978-85-7738-. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/201/arquivos/ppccerrado_201.pdf.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). CERRADO E PANTANAL: Áreas e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. Brasília – DF, 2007. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/arquivos/cerrado_pantanal.pdf.

MOURA, J. B De. *et al.* TAXA DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO EM CANA-DE-AÇÚCAR. **Revista Diálogos & Ciência (D&C)**, v. 2, n. 40 (17), p.60-66, 2017. ISSN 1678-0493. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/324174967_taxa_de_colonizacao_micorrizica_sob_diferentes_sistemas_de_cultivo_no_cerrado_em_cana-de-acucar.

GERDEMANN, J.W; NICOLSON, T. H. Esporos de micorrízicos Endogone espécies extraídas do solo por peneiração e decantação úmidas. **Transactions of the British Mycological Society**, 2. ed. v. 46, p. 235-244, Junho de 1963. DOI:10.1016/S0007-1536. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153663800790>.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. Filo Glomeromycota: 318 espécies. **Laboratório de Biologia de Micorrizas**. Disponível em: <http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>. Acesso em: 19 jun. 2019.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from Soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). **CADERNO DE ESTUDO: BIOMA AMAZÔNIA E O DESMATAMENTO**. / IBAM. – Rio de Janeiro: IBAM, 2015. Disponível em: <http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/acervo-projetos-cartilhas-outros/IBAM-Bioma-Amazonia-Desmatamento-caderno-estudo.pdf>

INVAM. **Micorrizas**. Coleção Internacional de Culturas: Fungos Micorrizicos Arbusculares. 2001. Disponível em: <https://invam.wvu.edu/methods/mycorrhizae>.

KANIESKI *et al.* – Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferentes Índices Alfa. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567-577, dez. 2010. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr88/cap03.pdf>.

MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo** - 2 ed. Atual- e ampl. Lavras: UFLA, 2006. ISBN: 85-87692-33-X. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/departamentos/lso/arquivos_aula/LSO_400%20Livro%20%20Microbiologia%20e%20bioquimica%20do%20solo.pdf.

NOBRE, C. P. **Fungos Micorrízicos Arbusculares no Bioma Caatinga: Ecologia e Caracterização da Estrutura da Comunidade de FMA em Função da Variação na Fisionomia Vegetal**. 2014. Tese (Doutorado em área de concentração e ciência do solo) - UFRRJ-Instituto de Agronomia Curso de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo. Seropédica, RJ. Novembro de 2014. Disponível em: [http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/386_\(DO2014\)_Camila_Pinheiro_Nobre.pdf](http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/386_(DO2014)_Camila_Pinheiro_Nobre.pdf).

NOBRE, C.P. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em sistema de aléias no Estado do Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, ISSN 0044-5967. v.40, n.4, p.641-646, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n4/v40n4a02.pdf>.

PEREIRA, C. M. R. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Mata Atlântica sob diferentes usos do solo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-graduação em Biologia de Fungos. – Recife: O Autor, 2013. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12658/1/Dissertacao%20Camilla%20Pereira.pdf>.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, R.S; SCORIZA, R.N; FERREIRA, J.S. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Diferentes Coberturas Florestais em Vitória da Conquista, Bahia. **FLORAM: Floresta e Ambiente**, v.20, n.3, p.344-350, 2013 jul./set. ISSN 2179-8087. DOI:10.4322/floram.2013.020. Disponível em: <https://floram.org/article/10.4322/floram.2013.020/pdf/floram-20-3-344.pdf>.

SILVA, R. F. DA. *et al.* Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em Latossolo no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015. ISSN: 1676-546X. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n3Supl1p1851. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744149007.pdf>.

SILVA, F. S. P. DA *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungal diversity in tropical sand dune and restinga at Però Beach in Rio de Janeiro state, Brazil. **Fungal Ecology**, ago. 2019. v. 40, p. 150–158.

SILVA S. L.O. **OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA**. 2010 Dissertação (Mestrado em Agroecologia.). Aprovada em 21 de agosto de 2010. São Luís, 2010. Disponível em: <http://www.agroecologia.uema.br/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=531>.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. **Mycorrhiza**, maio. 2011. v. 21, n. 4, p. 255–267.

