

Fungos micorrízicos arbusculares nas plantas e características químicas dos solos de clareiras da Província Petrolífera de Urucu, AM

A recuperação de áreas desmatadas em Urucu é de grande importância para reduzir o impacto ambiental e conservar a biodiversidade amazônica. Por isso, o conhecimento sobre a capacidade das espécies florestais em formar simbiose com fungos micorrízicos arbusculares é de fundamental importância. O objetivo desse trabalho foi analisar os níveis de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em 34 espécies vegetais usadas na recuperação ambiental de algumas jazidas e clareiras na área de exploração de gás e petróleo pela Petrobras, às margens do rio urucu, município de Coari, Amazonas. Foram coletadas amostras de solos e raízes de cada espécie em 22 clareiras/jazidas nos meses de abril, julho e novembro de 2003, e setembro e novembro de 2004. Os solos se mostraram altamente ácidos, com baixos teores de K, Ca, Mg, Zn e Mn, porém com altos níveis de P e Al. A colonização por FMAs variou entre 0% a 46%. As espécies com os maiores índices de colonização pertencem à família das Myricaceae (24%), enquanto que as espécies da família Polygonaceae não formaram associação. Durante a estação chuvosa, observou-se uma maior presença de vesículas, enquanto que na época seca, as hifas predominaram. O baixo nível de hifas da colonização micorrízica na maioria das espécies sugere pouca ou nenhuma contribuição da associação à nutrição nas plantas das clareiras e jazidas avaliadas.

Palavras-chave: Colonização Micorrízica; Áreas Degradadas; Clareiras; Espécies Florestais.

Arbuscular mycorrhizal fungi in plants and soil chemical characteristics of forest gaps of the Petroliferous Province of Urucu, AM

The recovery of deforested areas in Urucu is of great importance to reduce environmental impact and conserve Amazonian biodiversity. Therefore, knowledge about the ability of forest species to form symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi is of fundamental importance. The objective of this work was to analyze the levels of root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in 34 plant species used in the environmental recovery of some deposits and clearings areas in the area of gas and oil exploration by Petrobras, on the banks of the urucu river, municipality of Coari, Amazonas. Soil and root samples of each species were collected in 22 clearings / deposits in April, July and November 2003, and September and November 2004. The soils were highly acidic, with low K, Ca, Mg, Zn and Mn, but with high levels of P and Al. Colonization by AMFs ranged from 0% to 46%. The species with the highest colonization rates belongs to the Myricaceae family (24%), while the species of the Polygonaceae family did not form an association. During the rainy season, a higher presence of vesicles was observed, while in the dry season, hyphae predominated. The low level of hyphae from mycorrhizal colonization in most species suggests little or no contribution of nutrition to plants in the evaluated clearings and deposits.

Keywords: Mycorrhizal Colonization; Degraded Land; Gap; Forestry Species.

Topic: **Microbiologia Agrícola e Ambiental**

Received: **12/08/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Approved: **27/09/2019**

Francisco Wesen Moreira 
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1416538021119110>
<http://orcid.org/0000-0002-8763-254X>
wesen@inpa.gov.br

Luiz Antonio de Oliveira 
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9931395111001102>
<http://orcid.org/0000-0002-2008-7292>
luiz.oliveira@inpa.gov.br

Cassiane Minelli de Oliveira 
Universidade Paulista, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3681043451620632>
<http://orcid.org/0000-0003-4827-9955>
cassymminelli@hotmail.com

José Luiz Zanirato Maia 
Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8574960760424620>
<http://orcid.org/0000-0001-6493-8901>
zeluizmaia@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0006

Referencing this:

MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, J. L. Z.; OLIVEIRA, L. A.. Fungos micorrízicos arbusculares nas plantas e características químicas dos solos de clareiras da Província Petrolífera de Urucu, AM. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.5, p.56-68, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0006>

INTRODUÇÃO

A utilização de espécies nativas para o reflorestamento ou recomposição florística de áreas desmatadas em Urucu é de grande importância para reduzir o impacto ambiental e conservar a biodiversidade. O rápido declínio da fertilidade do solo, com deterioração dessas propriedades físicas, químicas e biológicas, é um grande obstáculo para a regeneração natural da floresta e para os programas de revegetação (BROW et al., 1994; FURTINI NETO et al., 1999; FALCÃO et al., 2005).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam associações mutualísticas com as raízes absorventes da maioria das espécies vegetais. Existem vários tipos de micorrizas, sendo as ectomicorrizas e as endomicorrizas do tipo arbuscular (MAs), as de maior importância. Nessa associação ocorre uma íntima interação entre os parceiros, apresentando uma perfeita integração morfológica e fisiológica, resultando em uma alta compatibilidade funcional. A planta beneficia-se pelo aumento da absorção de água e nutrientes, principalmente de P, proporcionado pelas hifas fúngicas, que funcionam como uma extensão do sistema radicular, enquanto a planta fornece ao fungo, foto assimilados, permitindo que ele complete seu ciclo, o que só ocorre na presença do hospedeiro (SIQUEIRA et al., 1988)

Devido à baixa fertilidade natural do solo e seu baixo potencial de inóculo de microrganismos benéficos às plantas, como os FMAs, principalmente nas áreas destinadas ao reflorestamento, o conhecimento da capacidade das espécies em formar esse tipo de simbiose é de fundamental importância para o sucesso do reflorestamento, podendo determinar a necessidade ou não de inoculação das plantas na fase de formação de mudas (JASPER et al., 1991).

A simbiose micorrízica contribui para a sobrevivência e crescimento das espécies, principalmente em ambientes estressantes (SIQUEIRA et al., 1995), onde as MAs exercem grande influência na estruturação das comunidades vegetais (SMITH et al., 1997). Carneiro et al. (1996), trabalhando com solo degradado, verificaram que a inoculação com fungos micorrízicos favoreceu o crescimento da *Albizia lebbek* e *Senna multijuga*, aumentou o número de propágulos fúngicos no solo e a nodulação na *Albizia lebbek*, demonstrando o efeito benéfico da simbiose para o desenvolvimento das plantas. O presente trabalho teve como objetivo, analisar os níveis de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares de plantas utilizadas na recuperação de áreas degradadas de Urucu.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está situada no Estado do Amazonas, Município de Coari, distante cerca de 600 km de Manaus, na província petrolífera do Rio Urucu (BOGPM – Base Operacional Geólogo Pedro de Moura, Petrobrás, BR), nas coordenadas geográficas 4°53'S e 65°11'W. A tipologia florestal dominante é Floresta Pluvial Tropical Densa de Terra Firme, em Argissolo distrófico, de clima tropical úmido, tipo Afi pela classificação de Köppen, apresentando chuvas relativamente abundantes durante todo o ano (média de 2.250 mm), sendo que a precipitação no mês em que menos chove é sempre superior a 60 mm. Os dados

sobre a precipitação durante o período do presente estudo se encontram na Figura 1. A temperatura média anual da região é de aproximadamente 26°C (VIEIRA et al., 1987).

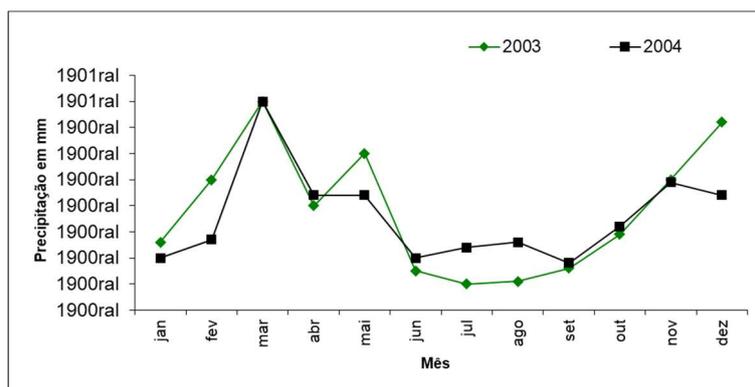


Figura 1: Índice de pluviosidade acumulada em Coari (AM), anos de 2003 e 2004. **Fonte:** INMET (2005).

Foram coletadas amostras de raízes de 34 espécies florestais em 22 clareiras ou jazidas: IMT4, LUC (36H e 34H), RUC (2, 03/06/13, 7, 8, 26, 35, 41e 43H) Clareiras (2, 12, 18/22 e 29) e Jazida (23, 25, 44, 77, 81, 83 e 87). As coletas foram realizadas nos meses de abril, julho e novembro de 2003 e, setembro e novembro de 2004. Foram aleatoriamente amostrados cinco indivíduos de cada espécie como repetições, totalizando 25 plantas por clareira. Para as análises fúngicas e químicas, cerca de 200 mg de raízes finas (< 2 mm de diâmetro) e solos (100 g) foram retirados da rizosfera de cada planta, à profundidade de 0-20 cm.

Para avaliar a colonização micorrízica, 50 segmentos de raízes (1 cm) foram lavados e clarificados com KOH a 10 % e coloridas com azul tripano (KORMANIK et al., 1980). Para auxiliar na visualização das hifas, vesículas e arbúsculos, com auxílio de lupa e microscópio, adotou-se o método da lâmina, segundo Giovannetti et al. (1980). A porcentagem de colonização total foi calculada pela somatória das estruturas fúngicas, hifas e vesículas presentes nos 50 segmentos de raízes. Nos segmentos onde ocorreram hifas e vesículas, a somatória não foi efetuada. As análises químicas foram processadas segundo as metodologias descritas em Embrapa (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características químicas dos solos

Com algumas poucas exceções, os solos das clareiras e jazidas estudadas se mostraram altamente ácidos (Tabela 1). Houve uma grande variação da acidez do solo, destacando-se a jazida 23, que se apresentou levemente alcalino (pH 7,01), e outras, como as jazidas 87 (pH 5,5) e RUC 26 (pH 5,4), com valores considerados medianos segundo Cochrane et al. (1985). As demais apresentaram valores de pH inferiores a 5,3, classificadas como baixos. O pH alcalino da jazida 23 se deve à aplicação de calagem pelos técnicos da Petrobrás, visando utilizar o solo corrigido para finalidades não agroflorestais.

De um modo geral, os solos com pHs acima de 4,8 apresentaram teores de Ca que indicam a aplicação de calcário, uma vez que seus teores ficaram bem acima dos níveis naturais dos solos de terra firme da Amazônia (<0,4 cmolc de Ca kg⁻¹ de solo). Mais de 50% das jazidas ou clareiras amostradas apresentaram

valores de pHs considerados médios, reforçando a hipótese da aplicação de calagem, uma vez que a deficiência de Ca e Mg naquela região é generalizada. Pode-se ainda destacar, que os valores mais elevados de Ca foram encontrados na jazida 23 (7,02), clareira 2 (4,49) IMT 04 (1,99) e LUC 36 H (1,0). Nesses casos ainda se observa algumas exceções, como RUC 07, que apresentou pH de 4,84 e apenas 0,33 cmolc de Ca kg⁻¹ de solo.

Tabela 1: Características químicas dos solos das clareiras da Província Petrolífera de Urucu, AM.

Época	Local	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Mn
			-----cmolc.kg-----						-----mg.kg-----	
Abr/03	IMT-4	4,9B	3,77M	1,99 A	3,4 A	0,18M	3,2M	113A	1,2B	5,3B
Abr/03	CLAREIRA-2	5,3M	4,94 A	0,77M	3,4 A	0,07B	22,9 A	63S	1,3B	4,1B
Abr/03	JAZIDA-87	5,6M	2,59M	0,42M	8,1 A	0,06B	14,0 A	295 A	0,8B	3,5B
Jul/03	JAZIDA-83	4,8B	0,49M	0,18B	3,1 A	0,08B	3,8M	353 A	0,5B	1,9B
Jul/03	LUC-36H	4,7B	0,31B	0,24M	2,7 A	0,09B	3,8M	79S	0,5B	2,0B
Jul/03	LUC-34H	4,9B	1,70M	1,00 A	1,6 A	0,08B	2,6B	97 A	0,7B	2,1B
Nov/03	CLAREIRA-12	5,2B	1,19M	0,93 A	0,8M	0,09B	277,9 A	353 A	0,5B	2,0B
Nov/03	JAZIDA-44	4,7B	0,60M	0,55M	1,3M	0,07B	3,8M	577 A	0,6B	2,8B
Nov/03	JAZIDA-81	5,2B	3,13M	0,96 A	2,1 A	0,07B	22,9 A	51S	0,5B	2,4B
Nov/03	JAZIDA-23	7,0A	7,02 A	0,19B	0,0B	0,07B	5,0M	178 A	0,9B	3,0B
Set/04	RUC-43H	4,1B	0,42M	0,44M	4,7 A	0,18M	12,7 A	46S	0,3B	1,1B
Set/04	RUC-8	4,6B	0,06B	0,07B	2,6 A	0,11B	4,0M	110 A	0,2B	0,7B
Set/04	RUC-2	4,9B	0,70M	0,32M	2,6 A	0,11B	3,1M	83 A	0,0B	0,3B
Set/04	CLAREIRA-29	4,0B	0,31B	0,22M	2,3 A	0,14B	59,4 A	35S	0,0B	0,1B
Set/04	CLAREIRA-18/22	4,7B	0,24B	0,06B	2,3 A	0,07B	1,5B	64S	0,1B	0,2B
Set/04	JAZIDA- 25	4,7B	0,04B	0,06B	2,0 A	0,13B	6,8M	77S	0,1B	1,2B
Nov/04	RUC-26	5,5M	1,61M	0,26M	0,1B	0,15B	4,2M	59S	0,5B	2,8B
Nov/04	RUC- 3/9/13	5,0B	1,36M	0,14B	0,2B	0,09B	30,7 A	79S	1,0B	2,7B
Nov/04	JAZIDA-77	4,9B	2,11M	0,23M	1,1M	0,15B	18,9 A	106 A	0,2B	1,2B
Nov/04	RUC-07	4,8B	0,33B	0,40M	9,4 A	0,16M	5,6M	72S	1,6S	0,4B
Nov/04	RUC-41	4,6B	1,17M	0,58M	1,2M	0,12B	3,3M	98 A	0,6B	3,9B
Nov/04	RUC-30/35	4,3B	0,44M	0,11B	1,6 A	0,14B	5,1M	129 A	2,9S	3,9B

Classificação de algumas características químicas do solo segundo Cochrane et al. (1985) A= alto; B= baixo; M= médio; S= satisfatório.

A maioria das clareiras apresentou teores de Mg médios ou elevados, segundo os critérios de Cochrane et al. (1985), sugerindo o uso de calcário dolomítico. Essas calagens se refletiram nos teores de Al trocável nos solos de algumas das áreas estudadas, onde se apresentou em concentrações inferiores a 0,5 cmolc.kg⁻¹ de solo. No entanto, esse elemento ainda se apresentou em níveis elevados (>1,5 cmolc de Al³⁺ kg⁻¹ de solo) na maioria das jazidas e clareiras, indicando que as calagens foram aplicadas em quantidades insuficientes para a neutralização do Al, que é considerado um elemento tóxico para a maioria das plantas cultivadas (OLIVEIRA et al., 1993; 2000). Nas jazidas e clareiras onde houve um aumento significativo do pH observou-se um decréscimo significativo nos teores de alumínio trocável.

Os teores de potássio encontrados nos solos das áreas estudadas foram, na sua maioria, considerados baixos (<0,15 cmolc.de K.kg⁻¹ de solo), segundo Cochrane et al. (1985). Apenas o solo das áreas IMT 04, RUC 43H e RUC 07 apresentaram valores medianos. Com relação aos teores de fósforo, a maioria das clareiras/jazidas apresentou valores bastante elevados, indicando o uso de adubação fosfatada. Pelos critérios de Cochrane et al. (1985), apenas os solos das áreas LUC-34H e Clareira 18/22 apresentaram teores baixos desse elemento. O solo da Clareira 12, por exemplo, mostrou-se com altos teores desse elemento,

indicando que a aplicação desse adubo não teve como base as análises químicas dos solos, explicando assim, a elevada variação de concentração desse elemento encontrado nas áreas estudadas.

Finalmente, com relação aos teores de micronutrientes encontrados nos solos das clareiras e jazidas (Tabela 1), observa-se também, uma alta variação entre as áreas estudadas. Os teores de Fe variaram de 35 a 577 mg.kg⁻¹ de solo, sendo considerados satisfatórios (10-80 mg.kg⁻¹ de solo) ou altos (>80 mg.kg⁻¹ de solo) segundo Cochrane et al. (1985). Os teores de Zn foram considerados baixos, como reflexo da retirada da camada superficial do solo e diminuição drástica da matéria orgânica. Apenas o solo da área RUC 30/35 apresentou valor satisfatório. Quanto aos teores de manganês, todas as jazidas/clareiras amostradas apresentaram-se com índices baixos desse elemento, segundo os critérios de Cochrane et al. (1985).

Colonização Micorrízica

A colonização por fungos micorrízicos arbusculares das espécies avaliadas variou entre 0 e 46%, com a eritrina apresentando a maior colonização, seguida pelo paricá com 24% e pata de vaca, com 21% (Tabela 2). O taxi da várzea e a virola não apresentaram colonização por fungos micorrízicos arbusculares. As demais espécies apresentaram baixos índices de colonização micorrízica. Dessa forma, das 34 espécies estudadas, apenas seis, com colonizações micorrízicas superiores a 19%, podem estar contribuindo, pelo menos em parte, para a absorção de nutrientes do solo.

Essa é uma suposição subjetiva, mas os baixos índices de colonização radicular são um indicativo de que as condições edafoclimáticas e as características genéticas das plantas e fungos não estão favorecendo a simbiose plantas-fungos nas áreas estudadas. Esses dados sugerem que mais estudos devem ser feitos, incluindo a inoculação das mudas em viveiro (prática não utilizada em Urucu), com vistas a aumentar substancialmente a ocorrência desses fungos nas raízes das plantas antes de serem introduzidas nas clareiras e jazidas. Outros estudos realizados na Amazônia em solos de várzeas (FIGUEIREDO, 1994) mostraram variações de colonizações radiculares por FMA entre 35-100%, enquanto que outros, realizados em solos de terra firme (GUITTON, 1996; OLIVEIRA et al., 1999; ZANGARO et al., 2000; CARRENHO et al., 2001; FELDMANN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003a; 2003b; SILVA JUNIOR, 2004) observaram colonizações superiores a 50% em um grande número de espécies de plantas vasculares, indicando que incrementos substanciais podem ser alcançados em Urucu, aumentando assim, o potencial de contribuição dessa associação plantas-fungos do solo. Oliveira et al. (2003b; 2004), por exemplo, encontraram índices de colonização radicular por FMA de 15 a 26% em espécies amazônicas como cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), guaraná (*Paullinia cupana*) e pupunha (*Bactris gasipaes*), com reflexos na concentração de alguns macro e micronutrientes nas folhas dessas espécies.

Por outro lado, o fato de apenas duas das 34 espécies não apresentarem colonização radicular por FMA confirma a ocorrência generalizada das micorrizas arbusculares em plantas vasculares, considerada como uma simbiose quase universal (MOREIRA et al., 2002). De acordo com Smith et al. (1997), os motivos pelos quais as espécies de plantas apresentam comportamento distinto quanto à colonização e resposta à inoculação por esses fungos são de ordem evolucionária.

Tabela 2: Relação das espécies* analisadas em Urucu e respectivas porcentagem de colonização por fungos micorrízicos arbusculares.

Nome vulgar	Nome científico	Família	FMA (%)
Eritrina**	<i>Erythrina glauca</i> Willd.	Leg. Papilionoideae	46,0
Paricá	<i>Virola theiodora</i> Warb.	Myristicaceae	24,0
Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i> Link.	Leg. Caesalpinioideae	21,2
Mata pasto	<i>Sena reticulata</i> Willd.	Leg. Caesalpinioideae	19,9
Pau de balsa	<i>Ochroma lagopus</i> S.W.	Bombacaceae	19,8
Jucá	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Leg. Papilionoideae	19,8
Mututi	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jack.	Leg. Papilionoideae	13,5
Visgueiro	<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.	Leg. Mimosoideae	13,4
Lacre	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Clusiaceae	11,5
Mungubarana	<i>Pachira aquatica</i> Ducke	Bombacaceae	11,2
Feijão guando**	<i>Cajanus cajan</i> Druce	Leg. Mimosoideae	10,4
Feijão porco**	<i>Canavalia ensiformes</i> (L.) DC.	Leg. Mimosoideae	9,6
Angico	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Leg. Mimosoideae	8,3
Pacotê	<i>Cochlospermum orinocense</i> Steud.	Bixaceae	8,3
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Leg. Caesalpinioideae	7,2
Angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Leg. Mimosoideae	5,6
Vermelhinho	<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby	Leg. Caesalpinioideae	5,4
Goiaba de anta	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Melastomataceae	5,3
Palheteira**	<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard	Leg. Papilionoideae	4,5
Estilosantes**	<i>Stylosantes capitata</i> (Vog.)	Leg. Mimosoideae	4,4
Azeitona**	<i>Syzygium jambolana</i> DC.	Myrtaceae	3,9
Táxi	<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	Leg. Caesalpinioideae	3,7
Ingá	<i>Inga edulis</i> Mart.	Leg. Mimosoideae	3,2
Arapari	<i>Macrolobium acaciaefolium</i> (Benth.) Benth.	Leg. Caesalpinioideae	2,8
Faveira camuzé	<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Leg. Mimosoideae	2,4
Sucuúba	<i>Himathanthus sucuuba</i> (Spruce) Woodson	Apocynaceae	1,6
Sucupira	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Leg. Papilionoideae	1,2
Araçá	<i>Psidium araça</i> Raddi	Myrtaceae	1,0
Mucura	<i>Mucuna pluriens</i> (L.) DC.	Leg. Mimosoideae	0,8
Acapurana	<i>Campsiandra comosa</i> var. <i>laurifolia</i> (Benth.) Cowan	Leg. Caesalpinioideae	0,8
Faveira do mato	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.	Leg. Mimosoideae	0,4
Pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i> (G Don) Nichols.	Bignoniaceae	0,2
Taxi da várzea	<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rchb.) Kuntze.	Polygonaceae	0,0
Virola	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb	Bignoniaceae	0,0

*Material identificado pelos botânicos da Petrobrás de Urucu

**Espécies exóticas introduzidas nos primeiros anos de reflorestamento, mas sendo substituídas por espécies regionais.

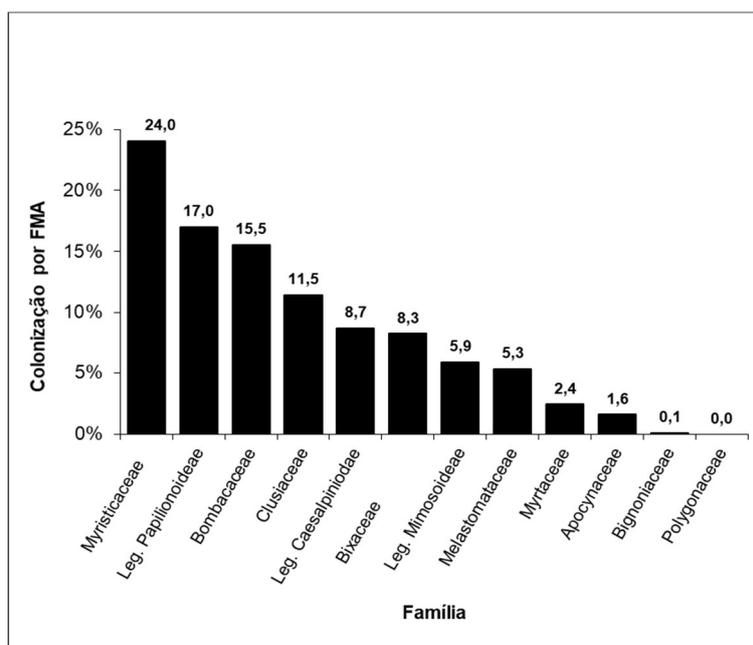


Figura 2: Colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares entre as famílias botânicas amostradas nas clareiras da Província de Urucu, AM.

Por família botânica (Figura 2), observou-se que os maiores percentuais ocorreram nas famílias Myristicaceae (24%), Leguminosae/Papilionoideae (17%) e Bombacaceae (15,5%). As espécies das famílias Myrtaceae (2,4%), Apocynaceae (1,6%) e Bignoniaceae (0,1%) foram as que apresentaram os menores índices de colonização radicular por FMA, enquanto que as plantas da família Polygonaceae foram as únicas a não apresentarem essa associação simbiótica. Esses índices reforçam os encontrados na literatura científica (CARNEIRO et al., 1996; 1998; ZANGARO et al., 2002), que mostram grandes diferenças entre as famílias botânicas para esse tipo de associação simbiótica.

As Tabelas 3 a 7 mostram com mais detalhes, as colonizações por espécie em cada clareira/jazida e época de coleta, separando as ocorrências das diferentes estruturas dos fungos (hifas e vesículas, pois não foram encontrados arbusculos nas amostras radiculares). Pelos dados da Tabela 3, observou-se na coleta feita em abril de 2003, que as colonizações radiculares por FMA variaram de 0,0 a 10,4%, com percentuais de hifas variando de 0,0 a 6,8%, e vesículas de 0,0 a 9,6%. O feijão de porco e o feijão guandu, encontrados na Jazida 87, duas leguminosas introduzidas em Urucu, foram as que apresentaram os maiores índices de colonização micorrízica nessa coleta, enquanto que o angico, encontrado na Clareira 2, foi a única espécie sem a presença de FMA nas raízes durante essa coleta.

Tabela 3: Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies coletadas na Província Petrolífera de Urucu em abril de 2003.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Ves.	Col. total
		----- % -----		
IMT4	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	2,8	2,8	5,6
	Faveira (<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth)	2,0	0,4	2,0
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	3,2	0,4	6,0
	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	6,8	2,8	12,4
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	0,0	0,0
	Média da Clareira IMT4	3,0	1,3	4,1
Jaz 87	Feijão de porco (<i>Canavalia ensiformes</i> (L.) DC.)	2,4	7,2	9,6
	Mucuna (<i>Mucuna pluriens</i> (L.) DC.)	0,8	0,0	0,8
	Estilosantes (<i>Stylosantes capitata</i> (Vog.)	0,4	4,0	4,0
	Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i> Druce)	0,8	9,6	10,4
	Pau de balsa (<i>Ochroma lagopus</i> S.W.)	0,4	3,6	3,6
	Média da Jazida 87	1,0	4,9	5,8
Clareira 2	Sucuúba (<i>Himathanthus sucuuba</i> (Spruce) Woodson)	1,6	0,0	1,6
	Azeitona (<i>Sizygium jambolana</i> DC.)	2,4	1,2	3,6
	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	0,0	0,0	0,0
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	2,8	7,2	10,0
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	0,4	0,4
	Média da Clareira 2	1,4	1,8	3,1

Abril foi um mês com aproximadamente 200 mm de chuvas (Figura 1), sendo considerado como da época chuvosa na região. Era de se esperar, portanto, que houvesse maiores índices de colonização micorrízica, pois seria um período propício para a emissão de novas raízes finas e absorção de água e nutrientes pelas plantas. Algum fator ligado ao solo, às plantas e aos fungos, bem como à interação entre os três pode ter afetado negativamente a colonização radicular pelos FMA nessa coleta. A baixa ocorrência de hifas e ausência de arbusculos indicam que essa simbiose plantas x fungos pouca ou nada está contribuindo para a absorção de nutrientes e água pelas plantas.

Na coleta realizada em julho de 2003 (Tabela 4), as colonizações radiculares por FMA variaram de 0,0 a 44,4%, com o percentual de hifas variando de 0,0 a 44,4% e vesículas de 0,0 a 2,0%. A eritrina, pau de balsa e vermelhinho foram as que tiveram os maiores índices de colonização micorrízica, enquanto que a virola e o pau d'arco não apresentaram colonização micorrízica nessa coleta. Julho foi um mês com aproximadamente 50 mm de chuvas (Figura 1), sendo considerado como da época seca na região. Nesse período, as plantas têm dificuldades em obter nutrientes do solo, o que pode ser facilitado pela maior presença de hifas que vesículas. Na simbiose, as hifas servem para captar nutrientes e água do solo e as vesículas servem como estruturas de reservas do fungo.

Ao se analisar os dados por clareiras/jazidas, observa-se que as plantas coletadas na LUC 36H apresentaram uma média de 20,5%, 1,0% e 21,4% respectivamente de hifas, vesículas e colonização total. Esses índices foram menores nas plantas das outras áreas analisadas, como as da jazida 83, apresentando as mesmas médias.

Tabela 4: Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies coletadas na Província Petrolífera de Urucu em julho de 2003.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Ves.	Col. Total
		----- % -----		
LUC 36H	Eritrina (<i>Erythrina glauca</i> Willd.)	44,4	1,6	44,4
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	2,4	0,8	2,4
	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	2,0	0,0	2,0
	Mata pasto (<i>Cássia reticulata</i> Willd.)	23,6	2,0	23,6
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	30,0	0,4	30,0
	Média	20,5	1,0	21,4
LUC 34H	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	1,2	0,0	1,2
	Pau de balsa (<i>Ochroma lagopus</i> S.W.)	30,8	2,0	30,8
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	13,2	0,0	13,2
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	3,2	0,0	3,2
	Faveira do mato (<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.)	0,4	0,0	0,4
	Média	9,8	0,4	10,2
Jazida 83	Visgueiro (<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	12,4	0,0	12,4
	Virola (<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb)	0,0	0,0	0,0
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	0,0	0,0
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	2,4	0,4	2,4
	Mututi (<i>Pterocarpus officinalis</i> Jack.)	6,4	0,0	6,4
	Média	4,2	0,1	4,3

Em novembro de 2003 (Tabela 5), as colonizações por FMA variaram de 0,0 a 33,6%, com o percentual de hifas variando de 0,0 a 26,0%, e vesículas de 0,0 a 33,6%. O angico e a palheteira apresentaram os maiores índices de hifas, enquanto que o mututi, lacre, visgueiro, pata de vaca e pau de balsa apresentaram os maiores de vesículas. Essas foram as espécies que apresentaram os maiores índices de colonização micorrízica.

O ingá, vermelhinho, acapurana, azeitona e o pau d'arco não foram colonizadas nessa coleta. Novembro foi um mês com aproximadamente 250 mm de chuvas (Figura 1), considerado como época chuvosa na região. Apenas o angico, com 26% de raízes com hifas, pode estar se beneficiando em termos de absorção de nutrientes pela simbiose.

Tabela 5: Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies coletadas na Província Petrolífera de Urucu em novembro de 2003.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Ves.	Col. total
		----- % -----		
Clareira 12	Pata de vaca (<i>Bauhinia forficata</i> Link.)	0,4	20,8	20,8
	Taxi (<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.)	0,0	5,2	5,2
	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,0	2,8	2,8
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	0,0	0,0	0,0
	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	26,0	0,0	26,0
	Média	5,3	5,8	11,0
Jazida 81	Mututi (<i>Pterocarpus officinalis</i> Jack.)	0,0	33,6	33,6
	Angico (<i>Pithecellobium trapezifolium</i> (Vahl.) Benth.)	0,0	16,0	16,0
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	0,0	0,0	0,0
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	31,8	31,8
	Visgueiro (<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,0	29,8	29,8
	Média	0,0	22,2	22,2
Jazida 44	Taxi (<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.)	0,9	1,4	1,4
	Acapurana (<i>Capsiandra comosa</i> var. <i>lautifolia</i> (Benth.) Cowan)	0,0	0,0	0,0
	Araçá (<i>Psidium araça</i> Raddi)	0,0	1,0	1,0
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	0,0	0,0	0,0
	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	13,6	0,0	13,6
	Média	2,9	0,5	3,4
Jazida 23	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,4	0,0	0,4
	Azeitona (<i>Sizygium jambolana</i> DC.)	0,0	0,0	0,0
	Mata pasto (<i>Cassia reticulata</i> Willd.)	2,4	0,0	2,4
	Acapurana (<i>Capsiandra comosa</i> var. <i>lautifolia</i> (Benth.) Cowan)	0,5	3,8	0,5
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	0,0	0,0
	Média	0,7	0,8	1,4

De acordo com os dados da Tabela 6, as raízes coletadas no mês de setembro de 2004 exibiram baixos níveis de colonização micorrízica, variando de 0,0 a 14,3%, com o percentual de hifas variando de 0,0 a 4,3%, e vesículas de 0,0 a 14,3%. A palheteira e o pacotê apresentaram os maiores índices de colonização micorrízica, enquanto que o pau d'arco, goiaba de anta, angico, acapurana e o lacre não foram colonizadas nessa época de estudo. Setembro foi um mês com aproximadamente 90 mm de chuvas (Figura 1), considerado como época seca.

As colonizações radiculares por FMA das plantas coletadas em novembro de 2004 variaram de 0,0 a 31,6%, com os percentuais de hifas variando de 0,0 a 4,1% e vesículas de 0,0 a 31,6% (Tabela 7). O mata pasto, paricá, pau de balsa, azeitona e jucá apresentaram os maiores índices de colonização micorrízica, enquanto que o taxi da várzea, vermelhinho, palheteira, ingá, pau d'arco, azeitona, acapurana, angelim, angico, visgueiro, angelim pedra, lacre e goiaba de anta não apresentaram colonização micorrízica nessa coleta. Novembro foi um mês com aproximadamente 245 mm de chuvas (Figura 1), sendo considerado como da época chuvosa na região. O maior número de vesículas pode significar que os fungos estão na fase de armazenamento de energia para seu uso posterior, sem contribuírem efetivamente para a nutrição das plantas, uma vez que essa contribuição vem através da presença e extensão de suas hifas. Por isso, os fungos micorrízicos arbusculares perdem essa função e passam a desenvolver mecanismos para o processo de produção de esporos, fase que procede a formação de vesículas (MOREIRA et al., 2002).

Tabela 6: Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies coletadas na Província Petrolífera de Urucu em setembro de 2004.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Ves.	Col. Total
		----- % -----		
RUC 43H	Azeitona (<i>Sizygium jambolana</i> DC.)	0,9	4,6	4,6
	Arapari (<i>Macrolobium acaciaefolium</i> (Benth.) Benth.)	0,0	3,9	3,9
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	0,9	4,2	4,2
	Pacote (<i>Cochlospermum orinocense</i> Steud.)	0,0	8,3	8,3
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	0,0	0,0
	Média	0,4	4,2	4,2
RUC 8	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,4	0,0	0,4
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	0,5	5,8	5,8
	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	4,3	5,2	5,2
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	0,9	0,9
	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	0,0	0,0	0,0
	Média	1,1	2,4	2,5
RUC 2	Acapurana (<i>Capsiandra comosa</i> var. <i>lautifolia</i> (Benth.) Cowan)	0,0	0,4	0,4
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	1,3	1,8	1,8
	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,8	14,3	14,3
	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	0,4	5,9	5,9
	Azeitona (<i>Sizygium jambolana</i> DC.)	0,0	0,4	0,4
	Média	0,5	4,6	4,6
Clareira 29	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	0,4	5,2	5,2
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	0,0	1,8	1,8
	Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L)	0,0	4,4	4,4
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	2,4	2,4
	Visgueiro (<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,9	3,2	3,2
	Média	0,3	3,4	3,4
Clareira18/22	Angelim pedra (<i>Dinizia excelsa</i> Ducke)	0,4	5,2	5,2
	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	0,0	0,0	0,0
	Acapurana (<i>Capsiandra comosa</i> var. <i>lautifolia</i> (Benth.) Cowan)	0,0	0,0	0,0
	Sucupira (<i>Diptotropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff)	0,0	0,8	0,8
	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,9	0,4	0,9
	Média	0,3	1,3	1,4
Jazida 25	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	0,0	0,4	0,4
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	0,0	3,1	3,1
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	0,4	0,4
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	0,0	0,0
	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	0,0	0,0	0,0
	Média	0,0	0,8	0,8

Tanto a ausência como o baixo nível de colonização micorrízica registrados nesse estudo foram igualmente observados por outros autores. Carneiro et al. (1998), estudando a ocorrência de micorrizas arbusculares em 101 espécies arbóreas e arbustivas nativas do sudeste do Brasil, observaram que 63% delas apresentaram baixos níveis de colonização em condições de campo. Desse total, 21% das espécies não formaram associação durante o período estudado. Avaliando a associação micorrízica em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná, Zangaro et al. (2002) também relataram baixos níveis de colonização em mais de 50% das espécies investigadas.

Em estudos realizados na Amazônia Central, plantas da família Lecythidaceae apresentaram ausência ou baixos índices (menos que 1%) de colonização micorrízica (MOREIRA et al., 1997), fato confirmado por Rodrigues (2002), que observou baixa percentagem de colonização nas raízes de *Cariniana micrantha* (menos

que 1%). Em outros estudos, Amancio (2004), avaliando mudas de acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) observou ausência de colonização micorrízica nessas espécies.

A ausência de fungos micorrízicos em algumas espécies pode estar relacionada com a morfologia da raiz. Baylis (1975) afirmou que plantas geralmente não micorrizadas apresentam pêlos radiculares bem desenvolvidos. No entanto, contradizendo esse fato, Moreira et al. (1997) verificaram que as raízes das plantas da família Lecythidaceae não apresentaram pêlos radiculares e nem colonização micorrízica.

Tabela 7: Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies coletadas na Província Petrolífera de Urucu em novembro de 2004.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Ves.	Col.total
		----- % -----		
RUC 26	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,0	7,6	7,6
	Mata pasto (<i>Cassia reticulata</i> Willd.)	0,0	31,6	31,6
	Azeitona (<i>Syzygium jambolana</i> DC.)	0,0	21,7	21,7
	Paricá (<i>Virola theiodora</i> Warb.)	0,0	24,0	24,0
	Jucá (<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.)	0,0	19,8	19,8
	Média		0,0	21,0
RUC 03/06/13	Mututi (<i>Pterocarpus officinalis</i> Jack.)	0,0	0,4	0,4
	Taxi da várzea (<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rchb.) Kuntze)	0,0	0,0	0,0
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	0,0	0,0	0,0
	Azeitona (<i>Syzygium jambolana</i> DC.)	0,0	8,4	8,4
	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,0	0,0	0,0
	Média		0,0	1,8
Jazida 77	Visgueiro (<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,0	6,8	6,8
	Pau de balsa (<i>Ochroma lagopus</i> S.W.)	0,0	22,7	22,7
	Mungubarana (<i>Pachira aquatica</i> Ducke)	4,1	7,1	11,2
	Azeitona (<i>Syzygium jambolana</i> DC.)	3,6	1,6	3,6
	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	2,0	0,0	2,0
	Média		1,9	7,6
RUC 07	Ingá (<i>Inga edulis</i> Mart.)	0,0	0,0	0,0
	Pau d'arco (<i>Tabebuia serretifolia</i> (G Don) Nichols)	0,0	0,0	0,0
	Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,8	2,4	2,4
	Azeitona (<i>Syzygium jambolana</i> DC.)	0,0	0,4	0,4
	Acapurana (<i>Capsiandra comosa</i> var. <i>lautifolia</i> (Benth.) Cowan)	0,0	0,0	0,0
	Média		0,2	0,6
RUC 41	Ingá xixica (<i>Inga gracilifolia</i> Ducke)	3,2	0,0	3,2
	Angelim (<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes)	0,0	0,0	0,0
	Angico (<i>Pithecellobium trapezifolium</i> (Vahl.) Benth.)	0,0	0,0	0,0
	Visgueiro (<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,0	0,0	0,0
	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	0,8	0,4	0,8
	Média		0,8	0,1
RUC 35	Angico (<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	0,5	0,0	0,5
	Angelim pedra (<i>Dinizia excelsa</i> Ducke)	0,0	0,0	0,0
	Visgueiro (<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,0	0,0	0,0
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	0,0	0,0
	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	0,0	0,0	0,0
	Média		0,1	0,0

O elevado teor de fósforo no solo observado na Clareira 12 (Tabela 1) aparentemente não interferiu no índice de colonização micorrízica (Tabelas 3 a 7), o que normalmente diminui (BRUNDRETT, 1991; SMITH, 1993; RODRIGUES et al., 2003), uma vez que os índices de colonização radicular por FMA foram semelhantes em clareiras e jazidas com diferentes níveis de fósforo no solo.

Como as micorrizas co-evoluíram com as plantas ao longo de milhões de anos, as razões pelas quais elas comportam-se distintamente quanto à colonização radicular certamente são de caráter evolucionário. Porém, fatores de natureza biótica e abiótica têm sido mencionados influenciar tanto na esporulação como na variação da colonização micorrízica nas condições edafo-climáticas da Amazônia (OLIVEIRA, 2001; OLIVEIRA et al., 2003a; 2005).

CONCLUSÕES

A família Myristicaceae apresentou o maior índice de colonização micorrízica (24%), enquanto que as famílias Bignoniaceae e Polygonaceae não foram colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares. Na época seca, as plantas colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares apresentaram maior colonização por hifas, e no período chuvoso, houve maior percentual de vesículas. O baixo nível de colonização micorrízica sugere pouca ou nenhuma contribuição da associação à nutrição nas plantas das clareiras e jazidas avaliadas.

REFERÊNCIAS

- AMANCIO, A. B.. **Crescimento de mudas de acariquara (Minquartia guianensis Aubl.) e copaíba (Copaífera multijuga Hayne) sob diferentes níveis de adubação e inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2004
- BAYLIS, G. T. S.. The magnolioid mycorrhiza in roots systems derived from it. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B.; TINKER, P. B.. **Endomycorrhizas.** London: Academic Press, 1975. p.373-389.
- BROWN, S.; LUGO, A. E.. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v.2, n.1, p.97-111, 1994.
- CARNEIRO, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C.; GOMES, L. J.; CURI, N.; VALE, F. R.. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, v.50, p.21-26, 1996.
- CARNEIRO, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, B.; BOTELHO, S. A.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. S. Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudeste do Brasil. **Cerne**, v.4, n.1, p.129-145, 1998.
- CARRENHO, R.; SILVA, E. S.; TRUFEM, S. F. B. BONONI, V. L. R.. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores and species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.32, n.4, p.262-270, 2001.
- COCHRANE, T. T.; SÁNCHEZ, L. G.; AZEVEDO, L. G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L.. **A teoria na América Tropical.** Brasília: EMBRAPA, 1985.
- EMBRAPA.. **Manual de métodos de análises de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.
- FALCÃO, N. P. S.; PARDO, N. S. B.; FERREIRA, D.; SILVA, A. R. M.; COMERFORD, N. B.. Caracterização da fertilidade dos solos e do estado nutricional de espécies florestais utilizadas no reflorestamento de clareiras na base petrolífera de Urucu, Am. In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO-AMERICANO, 6. **Anais.** Curitiba, 2005. p.618-619.
- FELDMANN, F.; SILVA JR, J. P.; LIEBERE, R.. Spore community composition at natural and agricultural sites in Central Amazonia: a long term study. In: LIBEREI, R.; BIANCA, H. K.; BOEHM, V.; REISDORFF, C.. **Neotropical ecosystems.** Gesstacht: GKSS, 2002. p.669-682.
- FIGUEIREDO, E. M.. **Características químicas de solos e ocorrências de micorrizas vesículo-arbusculares em várzeas de três ilhas do Estado do Amazonas.** Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 1994.
- FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; NILTON, C.; MOREIRA, F. M. S.. Nutrição, Fertilização e microbiologia em espécies florestais. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Anais.** Belo Horizonte, 1999. p.80-110.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B.. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist.**, Oxford, v.84, n.3, p.484-500, 1980.
- GUITTON, T. L.. **Micorrizas vesículo-arbusculares em oito espécies florestais da Amazônia: Efeitos de fatores sazonais e edáficos em plantios experimentais de terra firme na região de Manaus-AM.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1996.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Chuvas acumuladas de Coari no Amazonas no período de 01/01 de 2003 a 31/12 de 2005.** Brasília: INMET, 2005.
- JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D.. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, Cambridge, v.118, n.3, p.471-476, 1991.

KORMANIK, P. P.; BRYAN, W. C.; SCHULTZ, R. C.. Procedures and equipment for staining large number of plant roots for endomycorrhizal assay. **Canadian Journal of Microbiology**, v.26, p.536-538, 1980.

MORAIS, R. R.. **Ecofisiologia de espécies arbóreas crescidas sob condições de plantios na Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2003.

MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, L. A.; BECKER, P.. Ausência de micorrizas vesículo-arbusculares efetivas em Lecythidaceas numa área de floresta primária da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v.5, p.3-8, 1997.

MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2002.

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W.. A importância do uso Adequado dos Solos no Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia. In: FERREIRA, E.J.G; SANTOS, G.M; LEÃO, E.L.M; OLIVEIRA, L. A.. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia**. 1993. p.17-24.

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W.; MOREIRA, F. M. S.. Ocorrências de microrganismos benéficos em ecossistemas amazônicos. In. **Dois Décadas de Contribuições do INPA à pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido**. Manaus: INPA. 1997. p.221-240.

OLIVEIRA, L. A.; GUITTON, T. L.; MOREIRA, F. W.. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.29, n.2, p.183-193, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921999292193>

OLIVEIRA, A. N.. **Fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em plantas de cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal na região de Manaus, AM**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2001.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; FIGUEIREDO, A. F.. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeira em um latossolo amarelo da Amazônia central. **Acta Amazônica**, v.33, n.3, p.345-352, 2003a.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Sazonalidade, colonização radicular e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira na Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, p.145-154, 2003b.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranázeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.1063-1068, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600015>

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of an agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas State, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.36, n.3, p.262-270, 2005a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822005000300011>

RODRIGUES, E. C. P. G.. **Desenvolvimento de mudas de Castanha de macaco (*Cariniana micrantha* Ducke) e Caroba (*Jacaranda Copaia* (Aubl.) D. Don.) em resposta à adubação e inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2002.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S.. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivos consorciados de eucalipto e sesbânia. I: Crescimento, absorção e transferência de N entre as plantas. **R. Bras. Ciênc. Solo**, v.4, p.583-591, 2003.

SILVA JUNIOR, J. P.. **Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associadas à pupunha e ao cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A.. **Biotecnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas**. Brasília: MEC, 1988.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility. In: MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S.; SILVA, A. F.. **Proc. Int. Symposium on Environmental Stress: maize in perspective**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. p.240-280.

SMITH, S. E.. Transport at the mycorrhizal interface. **Mycorrhiza News**, v.5, n.1, p.1-4, 1993.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C.. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1987.

ZANGARO, W.; SILVIO, M. A. N.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M.. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, v.8, n.1, p.77-87, 2002.