

## ***Colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em áreas degradadas pela exploração petrolífera no Estado do Amazonas, Brasil***

A recuperação de áreas degradadas na Amazônia é um desafio a ser enfrentado para que a região não sofra tanto impacto das ações antrópicas. As áreas degradadas de clareiras e jazidas causadas pela exploração petrolífera em Urucu servem de referencial para o desenvolvimento de tecnologias de recuperação em toda a Amazônia. O objetivo desse estudo foi avaliar a importância dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nos componentes dos solos que sofrem impactos direto e indireto da exploração petrolífera, a partir da análise nos níveis de colonização radicular de mudas de espécies florestais e frutíferas utilizadas na recuperação das áreas exploradas pela atividade petrolífera, assim como suas características simbióticas. Todos os solos mostraram-se ácidos e com teores elevados de Alumínio, com a maioria indicando a aplicação de adubação, principalmente com Ca, Mg, K, P e Fe. Os baixos índices de hifas fúngicas encontrados nas raízes das plantas usadas na restauração ambiental das clareiras e jazidas sugerem que a simbiose com os fungos pouco ou nada contribuem para a nutrição das plantas naquelas condições edafoclimáticas.

**Palavras-chave:** Áreas degradadas; Restauração ambiental; Recuperação ambiental; Fertilidade dos solos; Espécies florestais da Amazônia.

## ***Root colonization's by arbuscular mycorrhizal fungi (FMAs) in areas degraded by oil exploration in the Amazonas State, Brazil***

The recovery of degraded areas in the Amazon is a challenge to be faced so that the region does not suffer as much impact from human actions. The degraded areas on clearings and deposits caused by oil exploration in Urucu serve as a reference for the development of recovery technologies throughout the Amazon. The objective of this study was to evaluate the importance of arbuscular mycorrhizal fungi (FMAs) in soil components that suffer direct and indirect impacts from oil exploration, from the analysis of the levels of root colonization of seedlings of forest and fruit species used in the recovery of areas exploited by the oil activity, as well as its symbiotic characteristics. All soils proved to be acidic and with high levels of aluminum, with the majority indicating the application of fertilization, mainly with Ca, Mg, K, P and Fe. The low levels of fungal hyphae found in the roots of plants used in the environmental restoration areas suggest that symbiosis with fungi contribute little or nothing to the nutrition of plants in those edaphoclimatic conditions.

**Keywords:** Degraded areas; Environmental restoration; Environmental recovery; Soil fertility; Forest species in the Amazon.

Topic: **Ciências do Solo**

Received: **02/02/2021**

Approved: **25/02/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Gisele Silva de Medeiros**   
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5337233106185883>  
<http://orcid.org/0000-0002-8705-0558>  
[gisele.medeiros@icmbio.gov.br](mailto:gisele.medeiros@icmbio.gov.br)

**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](mailto: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](mailto:luiz.oliveira@inpa.gov.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0004

### **Referencing this:**

MEDEIROS, G. S.; MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, L. A.. Colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em áreas degradadas pela exploração petrolífera no Estado do Amazonas, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.2, p.27-34, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0004>

## **INTRODUÇÃO**

A recuperação de áreas degradadas na Amazônia é um dos principais problemas causados pela ocupação antrópica na região. Para que as áreas já desmatadas possam contribuir para o desenvolvimento sustentável, é necessário que sejam usadas espécies de plantas capazes de se desenvolverem nesses solos pobres e por vezes degradados. Os solos das clareiras da base petrolífera de Urucu servem de referencial para o desenvolvimento de novas tecnologias na recuperação de áreas degradadas e entender a relação entre as plantas usadas nessas clareiras e os fungos micorrízicos arbusculares pode contribuir para a recuperação das áreas antropizadas na Amazônia.

Nos solos de exploração de petróleo e gás natural em Urucu, estão presentes microrganismos capazes de interagir entre si e influenciar no habitat contribuindo para a recuperação de áreas degradadas. A diversidade microbiana pode ser um importante indicador de qualidade do solo (ZILLI et al., 2003) e do estágio de recuperação de clareiras antropizadas (OLIVEIRA et al., 2019), já que os aspectos ambientais desempenham um importante papel na determinação das interações entre microrganismos e as trocas nas populações de microrganismos no solo. A grande vantagem das raízes micorrízicas em relação as não micorrízicas é que as micorrízicas apresentam duas vias para a absorção dos nutrientes: pela planta e pelos FMA (SMITH et al., 2011; BUCKING et al., 2003).

Neste contexto, as associações plantas- fungos micorrízicos arbusculares se apresentam como uma promissora estratégia para ecossistemas em processo de revegetação, onde as deficiências nutricionais representam uma importante limitação ao desenvolvimento das plantas. Eles podem contribuir na revegetação e crescimento das espécies micorrizadas, pela maior capacidade de absorção de nutrientes, manutenção da diversidade vegetal, melhor capacidade das plantas micorrizadas em competir por nutrientes e água e contribuição para uma eficiente ciclagem de nutrientes e estabilidade do solo (OLIVEIRA et al., 2010b). Os fungos micorrízicos arbusculares são particularmente importantes em regiões tropicais e as micorrizas podem desempenhar um papel crucial para a sobrevivência, crescimento e desenvolvimento das plantas (LEAL et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010a).

Mudas com sistemas radiculares vigorosos e com altas taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares podem ser de fundamental importância para que possam suportar as situações adversas no primeiro ano após serem introduzidas nas clareiras e jazidas e assim favorecer o crescimento das mesmas.

O objetivo deste estudo foi avaliar as características simbióticas das populações de fungos micorrízicos de solos coletados em áreas de clareiras nas áreas degradadas de Urucu, município de Coari/AM.

## **METODOLOGIA**

Para avaliar a presença desses fungos nas plantas usadas para a recuperação das jazidas e clareiras de Urucu foram realizadas coletas de solos e raízes de espécies florestais em áreas dentro e nas margens de seis clareiras/jazidas, para as avaliações de fertilidade na profundidade de 0-10 cm (EMBRAPA, 1997). Foram realizadas coletas nas épocas chuvosa (maio) e seca (novembro) no ano de 2010, com cinco repetições para

as avaliações de análise química e colonização micorrízica arbuscular das espécies componentes das clareiras/jazidas (Tabela 1).

**Tabela 1:** Dados das clareiras/jazidas de urucu usadas para avaliação da fertilidade e colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares.

CL/JAZ	Área (ha)	Reflorestada	Nº Esp.	Período	Espécies Florestais
RUC 40	1,8	dez/98	21	Chuvoso	Angico, mata-pasto, faveira orelha de macaco, palheteira, abiurana, açaí, munguba, buriti, pau d'arco, bacaba, embaúba, goiaba de anta, azeitona, pau de balsa, andiroba, ingá, ingá de macaco, ucuúba, vermelhinho, visgueiro e mungubarana.
LUC 22	2,3	jun/01	12	Chuvoso	Paleteira, angico, faveira, andiroba, angelim, pau d'arco, goiaba de anta, sucupira, azeitona, embaúba, cumarú e acapurana.
JAZ 05	4,21	jan/01	29	Chuvoso	Macucu, munguba, pau de balsa, sorva, mungubarana, ingá, ingá de macaco, lacre, mata-pasto, açaí, sucupira, buriti, bacaba, angico, angelim pedra, arapari, acapurana, copaíba, patauí, ucuúba, embaúba, goiaba de anta, pau d'arco, bacuri, vermelhinho, azeitona, palheteira, visgueiro e fava orelha-de-macaco.
RUC 37H	2,83	jul/96	13	Seco	Azeitona, abiurana, cedrorana, ingá, faveira, angico, embaúba, mututi, pau d'arco, lacre, andiroba, seringa e angelim pedra.
JAZ 44	0,18	mai/01	12	Seco	Palheteira, angico, faveira, acapurana, araçá-boi, taxi, angelim pedra, leucena, ingá, embaúba, goiaba de anta e pau d'arco.
JAZ-21	1,32	fev/00	12	Seco	Matapasto, ingá, lacre, goiaba de anta, pau d'arco, sucúúba, mututi, embaúba, jatobá, andiroba, azeitona e angico.

As análises químicas foram feitas a partir de amostras de solos secos, destorroados e peneirados (TFSA). Nas análises químicas foram determinados os teores trocáveis de Ca, Mg, K, Al, P disponível, pH, Fe, Zn e Mn, obedecendo à metodologia descrita pela Embrapa (1997). O pH do solo foi determinado em H<sub>2</sub>O na proporção solo: solução de 1:2,5 e as leituras das amostras foram realizadas no potenciômetro.

A avaliação da colonização micorrízica foi feita com lavagem e clarificação (KOH a 10%), e para quantificar a percentagem de colonização radicular foi utilizada metodologia segundo Kormanik et al. (1980).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos critérios de Cochrane et al. (1985), considerando o pH e os teores de nutrientes nos solos das clareiras/jazidas estudadas no presente estudo, todos eles são considerados ácidos e de baixa ou média fertilidade (Tabela 2), confirmando a situação de degradação proveniente do processo de retirada da camada superficial para facilitar a perfuração de poços para a extração de petróleo e gás natural.

**Tabela 2:** Características químicas dos solos amostrados das clareiras cultivadas na Província Petrolífera de Urucu em maio/2010 (chuvoso) e novembro/2010 (seco).

Época	Local	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fe	Zn	Mn
			----- cmolc.kg <sup>-1</sup> -----			-----g.kg <sup>-1</sup> -----				
maio/10	RUC 40	4,6B	3,61M	0,26M	2,3A	0,18M	1,6B	432A	4,1S	3,2B
maio/10	LUC 22	4,5B	3,61M	0,31M	2,1A	0,10M	2,9M	573A	1,2B	1,5B
maio/10	Jazida 5	4,5B	0,97B	0,02B	1,2M	0,05B	12,7A	123A	0,2B	2,0B
nov/10	RUC 37H	4,8B	2,96M	0,37M	1,8A	0,21M	3,2M	318A	1,9B	1,2B
nov/10	Jazida 44	3,9B	1,20M	0,16B	1,1M	0,15M	13,1A	323A	0,7B	0,6B
nov/10	Jazida 21	4,2B	3,80M	0,69M	2,2A	0,39A	675,3A	240A	30,1B	3,7B

A classificação dos valores segundo Cochrane et al. (1985): A = alto; B = baixo; M = médio; S = satisfatório.

Os teores de Ca e Mg são considerados médios segundo Cochrane et al. (1985), exceto para a coleta da Jazida 5 no mês de maio, considerado baixo pelos critérios desses autores, sendo bem superiores aos

encontrados naturalmente nos solos daquela área, conforme documentado por Moreira et al. (2006), sugerindo que nessas clareiras e jazidas houve a aplicação de calcário dolomítico. Como os pHs desses solos estão baixos e os teores de Al altos, pode-se inferir que as doses desse corretivo foram baixas ou então, sua aplicação ocorreu há muito tempo, mantendo-se apenas um efeito residual na forma de teores elevados de Ca e Mg, com o efeito de neutralização da acidez desaparecendo com o tempo entre sua aplicação e a amostragem realizada para o presente estudo.

Os resultados relacionados com a elevada acidez reforçam a afirmação de que a maior parte dos solos da região amazônica é distrófica e de baixa fertilidade (SANCHEZ et al., 1982; MOREIRA et al., 2009) além de elevados teores de Al.

Os teores médios e altos de K e P presentes na maioria dos solos amostrados e, dos teores altos de Fe nos solos, segundo os valores estabelecidos por Cochrane et al. (1985), reforçam a observação de que essas áreas foram também adubadas com esses nutrientes. No entanto, esses adubos não continham quantidades suficientes de Zn e Mn, devido aos baixos teores encontrados. Ou então, o efeito residual de suas aplicações já desapareceu nos solos. Os baixos teores de Zn e Mn em todas as clareiras amostradas também podem ser reflexo da retirada da camada superficial do solo e diminuição drástica da matéria orgânica. Esses dois elementos e o Cu estão geralmente presentes na camada do solo contendo matéria orgânica e como essa camada é retirada para facilitar a perfuração de poços (OLIVEIRA et al., 2010a), era de se esperar que seus teores seriam baixos.

Dentro das clareiras/jazidas, a colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das espécies amostradas no período chuvoso variou entre 0,0% e 44,4%, com a azeitona apresentando a maior colonização, seguida pelo mata pasto com 40,8% ambos no RUC 40 e a palheteira não apresentou colonização (Tabela 3). As demais espécies apresentaram baixos níveis de colonização, não ultrapassando 30,0% de taxa de colonização. Os baixos índices de colonização podem convergir como um indício de que as condições edafoclimáticas e as características genéticas das plantas e fungos não favorecem a simbiose plantas-fungos nas clareiras amostradas.

**Tabela 3:** Colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies cultivada dentro das clareiras na Província de Urucu.

Clareira/ Jazida	Período	Espécies	Hifas	----- % -----		Col. Total
				Vesículas		
RUC 40	chuvoso	Azeitona ( <i>Syzygium jambolana</i> DC.)	5,2	44,4		44,4
		Angico ( <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	1,6	17,6		17,6
		Ingá ( <i>Inga edulis</i> ) Mart.	2,4	11,2		12,4
		Mata pasto ( <i>Senna reticulata</i> ) (Willd.) H. S. Irwin ; Barneby	6,8	40,8		40,8
		Pau balsa ( <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urban	2,0	16,0		16,0
		<b>Médias da RUC 40</b>	<b>3,6</b>	<b>26,0</b>		<b>26,2</b>
LUC 22	chuvoso	Andiroba ( <i>Carapa guianensis</i> Aublet)	10,0	15,6		22,0
		Visgueiro <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	1,6	6,0		6,8
		Azeitona ( <i>Syzygium jambolana</i> DC.)	0,0	22,8		22,8
		Palheteira ( <i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,0	0,0		0,0
		Lacre ( <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	1,7	28,6		28,6
		<b>Médias da LUC 22</b>	<b>2,7</b>	<b>14,6</b>		<b>16,0</b>
Jazida 5	chuvoso	Pau d'arco ( <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nich.	3,6	18,8		18,8

		Angico ( <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	5,8	13,8	13,8
		Ingá ( <i>Inga edulis</i> ) Mart.	9,2	15,2	15,2
		Goiaba de anta ( <i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	1,6	11,6	11,6
		Palheteira ( <i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,4	22,4	22,4
		<b>Médias da Jazida 5</b>	<b>4,1</b>	<b>16,4</b>	<b>16,4</b>
RUC37H	seco	Azeitona ( <i>Sizygium jambolana</i> DC.)	0,0	4,0	4,0
		Goiaba de anta ( <i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	5,2	9,5	9,5
		Lacre ( <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	3,4	4,3	4,3
		Imbaúba ( <i>Cecropia peltata</i> ) L, C. glaziovi Snethlage	0,0	7,2	7,2
		Mata pasto ( <i>Senna reticulata</i> ) (Willd.) H. S. Irwin ; Barneby	1,8	20,7	20,7
		<b>Médias da RUC 37H</b>	<b>2,1</b>	<b>9,1</b>	<b>9,1</b>
Jazida 44	seco	Ingá chinelo ( <i>inga cinnamomea</i> Spruce ex Benth.)	3,9	25,9	25,9
		Angico ( <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	7,1	50,7	50,7
		Angelim pedra ( <i>Dinizia excelsa</i> Ducke)	6,8	21,6	21,6
		Lacre ( <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	2,8	29,6	29,6
		Azeitona ( <i>Sizygium jambolana</i> DC.)	0,4	29,6	29,6
		<b>Médias da Jazida 44</b>	<b>4,2</b>	<b>31,5</b>	<b>31,5</b>
Jazida 21	seco	Angelim pedra ( <i>Dinizia excelsa</i> Ducke)	3,6	18,8	18,8
		Angico ( <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.)	5,8	13,8	13,8
		Ingá ( <i>Inga edulis</i> ) Mart.	9,2	15,2	15,2
		Goiaba de anta ( <i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	1,6	11,6	11,6
		Lacre ( <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,4	22,4	22,4
		<b>Médias da Jazida 21</b>	<b>4,1</b>	<b>16,4</b>	<b>16,4</b>

Em contrapartida, a existência de apenas uma espécie com taxa de colonização nula (0,0%) confirma a ocorrência generalizada das micorrizas arbusculares em plantas vasculares, reafirmando o caráter cosmopolita dessa simbiose. A associação entre FMA e raízes de plantas está presente na maioria das plantas superiores (COLODETE et al., 2014). As micorrizas arbusculares são o tipo mais comum, ocorrendo em 80 % das espécies de plantas vasculares e resultam da colonização das raízes por fungos simbióticos obrigatórios (OEHL et al., 2011). Segundo Van der Heijden et al. (1998), as associações micorrízicas devem sempre ser consideradas quando se busca entender a ecologia e a evolução das plantas, suas comunidades e ecossistemas.

Os baixos índices de hifas encontrados sugerem que a simbiose com os fungos pouco ou nada contribuem para a nutrição das plantas, confirmando outros dados encontrados em Urucu em estudos anteriores (MOREIRA et al., 2006). Com relação à taxa de colonização por vesículas, as maiores taxas foram obtidas na coleta do RUC 40, azeitona e mata pasto.

A colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das espécies amostradas no período seco variou entre 4,0 e 50,7%. A maior média de taxa de colonização (31,5%) das espécies vegetais amostradas dentro da clareira foi encontrada na JAZ 44, apesar da jazida estudada ter apresentado elevado teor de fósforo, o que normalmente diminui a colonização micorrízica (ABBOTT et al., 1991; BRUNDRETT, 1991; SAGGIN JÚNIOR et al., 1994). As menores taxas de colonização ocorreram no RUC 37H, com a azeitona apresentando 4,0% e o lacre 4,3%.

As demais espécies não ultrapassaram 30,0% de taxa de colonização. A média geral da taxa de colonização foi considerada baixa para a época, em torno de 20,0%, considerando que o mês de novembro possui níveis menores de pluviosidade em relação ao mês de maio, tornando o período não propício para a

emissão de novas raízes finas e absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Analisando as espécies amostradas por cada clareira/jazida e as estruturas que compõe os fungos, as hifas apresentaram taxas bem inferiores em relação à taxa de colonização por vesículas. Deve-se enfatizar aqui, que as hifas são estruturas fúngicas responsáveis pela exploração radicular pela água e nutrientes do solo, enquanto que as vesículas são as estruturas fúngicas responsáveis pelo armazenamento de nutrientes e energia do fungo. Isso significa que nas associações plantas – fungos vesículo-arbusculares, os fungos estão mais na situação de armazenamento de nutrientes para seu próprio uso do que em contribuir para uma melhor capacidade das plantas em explorarem a baixa fertilidade e umidade dos solos.

A colonização radicular por hifas não ultrapassou 10% e as menores taxas ocorreram no RUC 37H, apesar do solo dessa clareira apresentar o menor teor de P, fator determinante para que houvesse a maior colonização de hifas das espécies vegetais, tendo em vista que esse nutriente interfere negativamente na colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (SMITH et al., 2010; MOREIRA et al., 2019).

A colonização radicular com vesículas variou de 4,0% a 50,7 e assim como as hifas, as menores taxas foram observadas no RUC 37H e em contrapartida as maiores ocorreram na JAZ 44, uma explicação possível para uma taxa de colonização média de 31,5%, mesmo com uma elevada concentração de P (> 10 mg de P dm<sup>3</sup> de solo). Uma explicação para esses resultados seria que não é o P do solo que regula a colonização micorrízica, mas a quantidade absorvida pela planta (BAGYARAJ, 1992). No entanto, os mecanismos pelo qual o P regula o desenvolvimento da simbiose micorrízica ainda não são conhecidos (KIRIACHEK et al., 2009).

Nas áreas às margens das clareiras/jazidas (Tabela 4), as ocorrências de hifas não ultrapassam 7,0 % de taxa de colonização no período chuvoso.

**Tabela 4:** Colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies encontradas às margens das clareiras na Província de Urucu.

Clareira/ Jazida	Período	Espécies	Hifas	Vesículas		Col. Total
				----- % -----		
RUC 40	chuvoso	Envira ( <i>Xylopiá bentamii</i> R. E. Fries	4,0	0,0	4,0	
		Ucuúba branca ( <i>Viola venosa</i> Warb.)	1,0	1,0	2,0	
		Araçá ( <i>Myrcia graciliflora</i> Sagot.)	3,0	0,0	3,0	
		Taxi ( <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	3,0	1,0	4,0	
		Cacau do mato ( <i>Theobroma sylvestre</i> Aubl.)	2,0	0,0	2,0	
		<b>Médias da RUC 40</b>	<b>2,6</b>	<b>0,4</b>	<b>3,0</b>	
LUC 22	chuvoso	Cacau ( <i>Carapa guianensis</i> Aublet)	3,0	1,0	4,0	
		Araçá ( <i>Myrcia graciliflora</i> Sagot.)	6,0	0,0	6,0	
		Imbaúba ( <i>Cecropia concolor</i> Hort. Schoenbr.)	4,0	1,0	4,0	
		Abiurana ( <i>Lacunaria acreana</i> Ducke )	2,0	0,0	2,0	
		Visgueiro ( <i>Parkia pendula</i> Benth.)	4,0	1,0	5,0	
		<b>Médias da LUC 22</b>	<b>3,8</b>	<b>0,6</b>	<b>4,2</b>	
Jazida 5	chuvoso	Ucuúba ( <i>Iryanthera elliptica</i> Ducke)	3,0	1,0	4,0	
		Pau mulato ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K. Schum.	6,0	1,0	7,0	
		Macucu ( <i>Licania parviflora</i> ) Benth..	3,0	0,0	3,0	
		Bacuri ( <i>Rheedia brasiliensis</i> Planch. ; Triana	2,0	1,0	3,0	
		Pau roxo ( <i>Peltogyne paniculata</i> ssp. <i>paniculata</i> M. F. Silva)	2,0	0,0	2,0	
		<b>Médias da Jazida 5</b>	<b>3,2</b>	<b>0,6</b>	<b>3,8</b>	
RUC 37H	seco	Jitó ( <i>Guarea carinata</i> Ducke )	12,0	4,0	16,0	
		Imbaúba ( <i>Cecropia concolor</i> Hort. Schoenbr.)	5,0	6,0	11,0	
		Envireira ( <i>Iryanthera grandis</i> Ducke)	5,0	12,0	17,0	

		Mata-mata ( <i>Eschweilera coriacea</i> Martius)	6,0	3,0	9,0
		Louro preto ( <i>Aniba burchellii</i> Kosterm.)	4,0	3,0	7,0
		<b>Médias da RUC 37H</b>	<b>6,4</b>	<b>5,6</b>	<b>12,0</b>
Jazida 44	seco	Breu amarelo ( <i>Protium giganteum</i> Engl.)	5,0	0,0	5,0
		Macucu ( <i>Couepia guianensis</i> Aubl.)	5,0	0,0	5,0
		Sangue de touro ( <i>Iryanthera laevis</i> Markgraf)	4,0	2,0	6,0
		Seringueira ( <i>Hevea guianensis</i> Aubl.)	2,0	1,0	3,0
		Mututi ( <i>Swartzia discocarpa</i> Ducke)	6,0	3,0	9,0
		<b>Médias da Jazida 44</b>	<b>4,4</b>	<b>1,2</b>	<b>5,6</b>
Jazida 21	seco	Virola ( <i>Virola cuspidata</i> Warb)	4,0	1,0	6,0
		Ingá guamo ( <i>Inga scabriuscula</i> Benth.)	3,0	2,0	5,0
		Sucupira ( <i>Bowdichia nitida</i> Spruce)	5,0	2,0	7,0
		Macucu ( <i>Couepia guianensis</i> Aubl.)	4,0	5,0	9,0
		Abiurana ( <i>Lacunaria acreana</i> Ducke)	2,0	2,0	4,0
		<b>Médias da Jazida 21</b>	<b>3,8</b>	<b>2,4</b>	<b>6,2</b>

O pau mulato apresentou maior taxa de colonização total (7,0%) e as menores taxas (2,0%) foram observadas na ucuúba branca, cacau do mato, abiurana e pau roxo. Os índices de colonização total radicular por FMA são baixos em todas as espécies coletadas às margens da clareira para esse período, sendo as espécies vegetais estudadas, pouco beneficiadas por esta simbiose. No período seco, a maior colonização por hifas ocorreu no jító com 12%. As menores colonizações com essas estruturas foram encontradas na seringueira e abiurana, com apenas 2% de colonização.

As vesículas ocorreram em 0,0% a 12% das raízes. Os dados das espécies vegetais coletados às margens das clareiras no mês de novembro apresentaram taxa de colonização micorrízica para hifas, superior em todas as espécies/clareiras amostradas em relação às vesículas. Com exceção da RUC 37H, todas as espécies vegetais amostradas dentro das clareiras (Tabela 3) apresentaram taxas de colonização total micorrízica superior às mesmas espécies amostradas às margens das clareiras (Tabela 4), corroborando com os estudos de que diversos fatores podem afetar a colonização micorrízica em raízes de plantas, estando entre eles: a incidência de luz (GEHRING, 2003), a disponibilidade de água (ENTRY et al., 2002), bem como fatores relacionados com o fungo, a planta e fatores químicos e físicos dos solos (BEDINI et al., 2009).

## CONCLUSÕES

Todos os solos mostraram-se ácidos e com teores elevados de Alumínio, com a maioria indicando a aplicação de adubação, principalmente com Ca, Mg, K, P e Fe. Os baixos índices de hifas encontrados sugerem que a simbiose com os fungos pouco ou nada contribuíram para a nutrição das plantas.

**AGRADECIMENTOS:** À CAPES pela concessão de bolsa ao primeiro autor durante o mestrado em Agricultura no Trópico Úmido (INPA); e, FINEP e PETROBRAS pelo apoio financeiro que viabilizou o estudo.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D.. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.35, n.2-3, p.121-150, 1991. DOI: [http://doi.org/10.1016/0167-8809\(91\)90048-3](http://doi.org/10.1016/0167-8809(91)90048-3)

BAGYARAJ, J.. Ecology of vesicular: arbuscular mycorrhizae. In: ARORA, D. K.; RAI, B.; MUCKERJI, K. G.; KNUDSEN, G. R.; DEKKER, M.. Handbook of Applied Mycology. **Journal of Environmental Quality**, v.21, n.4, p.740-741, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq1992.00472425002100040035x>

BEDINI, S.; PELLEGRINO, E.; AVIO, L.; PELLEGRINI, S.; BAZZOFFI, P.; ARGESE, E.; GIOVANNETTI, M.. Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intradices*. **Soil Biol. Biochem.**, v.41, n.7, p.1491-1496, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.04.005>

BRUNDRETT, M.. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v.21, p.171-313, 1991.

BUCKING, H.; HEYSER, W.. Uptake and transfer of nutrients in ectomycorrhizal associations: interactions between photosynthesis and phosphate nutrition. **Mycorrhiza**, v.13, p.59-68, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00572-002-0196-3>

COCHRANE, T. T.; SÁNCHEZ, L. G.; AZEVEDO, L. G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L.. **Land in Tropical América**. A teoria na América Tropical. Planaltina: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. Colômbia (EMBRAPA-CPCA). 1985.

COLODETE, C. M.; DOBBS, L. B.; RAMOS, A. C.. Aplicação das Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza**, v.12, n.1, p.31-37, 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

ENTRY, J. A.; RYGIIEWIEZ, P. T.; WATRUD, L. S.; DONNELLY, P. K.. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. **Advances in Environmental Research**, v.7, p.123-138, 2002.

GEHRING, C. A.. Growth responses to arbuscular mycorrhizae by rain forest seedlings vary with light intensity and tree species. **Plant Ecology**, v.167, p.127-139, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1023/A:1023989610773>

KIRIACHEK, S. G.; AZEVEDO, L. C. B.; PERES, L. E. P.; LAMBAIS, M. R.. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1-16, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100001>

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.

LEAL, P. L.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O.. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon. Brazil. **Braz. J. Microbiol.**, v.40, n.1, p.111-121, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1517-838220090001000019>

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; FAGEIRA, N. K.. Potential of rubber plantations for environmental conservation in Amazon Region. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, v.3, n.1, p.1-5, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2006.

MOREIRA, S. D.; FRANÇA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; LEAL, F. D. S.; SILVA, E. B.. Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus doses on coffee growth under a non-sterile soil. **Rev. Caatinga**, v.32, n.1, p.72-80, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n108rc>

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; PALENZUELA, J.; INEICHEN, K.; SILVA, G. A.. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v.2, p.191-199, 2011. DOI: <http://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W.. Colonização das raízes de plantas da Amazônia por fungos micorrízicos arbusculares. In: **Conhecimento, conservação e uso de fungos**. Manaus: INPA, 2019. p.53-59.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Micorrizas arbusculares no bioma Amazônia In: **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010b. p.251-277.

OLIVEIRA, L. A.; SAID, M. M.; SILVA, J. M.. Recuperação/Restauração de áreas alteradas/degradadas na Amazônia Brasileira. In: **Tecnologias para a recuperação de ecossistemas e conservação da biodiversidade na Amazônia brasileira**: III Reunião Científica da Rede CTPetro Amazônia. Manaus: INPA, 2010a. p.1-5.

SAGGIN JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E.. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.27-36, 1994.

SANCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILLACHICA, J. H.; NICHOLAIDES, J. J.. Amazon basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v.216, p.821-827, 1982.

SMITH, S. E.; FACELLI, E.; POPE, S.; SMITH, F. A.. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant and Soil**, v.326, p.3-20, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11104-009-9981-5>

SMITH, S. E.; SMITH, F. A.. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. **Annual Review of Plant Biology**, v.62, p.227-250, 2011. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103846>

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. R.. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. **Ecology**, v.79, p.2082-2091, 1998.

ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C.; NEVES, M. C. P. N.. Diversidade microbiana como indicador da qualidade do solo. **Cad. Ciência e Tecnologia**, v.20, p.391-411, 2003.