

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM SOLOS E RAÍZES DE MUDAS E
PLANTAS DE ÁREAS DEGRADADAS NA BASE PETROLÍFERA GEÓLOGO 'PEDRO
DE MOURA' EM URUCU, MUNICÍPIO DE COARI, AM

GISELE SILVA DE MEDEIROS

Manaus, Amazonas

Maio de 2012

GISELE SILVA DE MEDEIROS

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM SOLOS E RAÍZES DE MUDAS E
PLANTAS DE ÁREAS DEGRADADAS NA BASE PETROLÍFERA GEÓLOGO 'PEDRO
DE MOURA' EM URUCU, MUNICÍPIO DE COARI, AM

ORIENTADOR: LUIZ ANTONIO DE OLIVEIRA, Ph.D.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas

Maior de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

M488 Medeiros, Gisele Silva de
Fungos Micorrízicos Arbusculares em solos e raízes de mudas e plantas de áreas degradadas na Base Petrolífera Geólogo 'Pedro De Moura' em Urucu, Município De Coari, AM.

Gisele Silva de Medeiros. --- Manaus : [s. n.], 2012.
x, 67 f.: il. color.

Dissertação (mestrado) --- INPA, Manaus, 2012
Orientador : Luiz Antonio de Oliveira
Área de concentração : Ciências Agrárias, Agricultura no Trópico Úmido

1. Mudas (plantas) – Raízes. 2. Fungos micorrízicos. 3. Simbiose. 4. Áreas degradadas – Amazônia. 5. Solos. I. Título.

CDD 19. ed. 634.964

SINOPSE

Sinopse:

Foram estudadas as condições nutricionais e micorrízicas de mudas e plantas de espécies florestais e frutíferas utilizadas na regeneração das clareiras de Urucu e características simbióticas das populações de fungos micorrízicos dos solos dessas clareiras e florestas adjacentes. Também foram avaliadas as condições nutricionais e micorrízicas de mudas de espécies florestais e frutíferas utilizadas na regeneração das clareiras de Urucu e características simbióticas das populações de fungos micorrízicos dos solos dessas clareiras e florestas adjacentes.

Palavras-chave: Simbiose, colonização micorrízica arbuscular, solos, raízes.

Às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, Eunice e Josimar, que embora sem o essencial conhecimento do que seja a verdadeira necessidade da ciência, esforçaram-se para dar-me aquilo que não lhes foi dada a oportunidade de obter. O que só os engrandece mais ainda, obrigada e saibam que tudo que sou e conquistei devo a vocês.

Ofereço

*Aos meus grandes amores:
Lorrayne, Lailla e Raphael que
enchem minha vida de alegria e
felicidade.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, que jamais me desamparou e me iluminou em todos os momentos da minha vida.

À Amazônia, pelo amadurecimento, por ter me ensinado a dar valor a pequenas coisas, por ter me tornado uma pessoa melhor.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, que se tornou um local de muitos ensinamentos profissionais e pessoais.

Ao meu querido orientador, Luiz Antonio de Oliveira, por além de orientação ter me oferecido amizade, conselhos profissionais e pessoais, os quais foram importantíssimos para minha vida.

Ao meu fiel escudeiro, pesquisador Francisco Wesen Moreira (Chiquinho), por toda sua dedicação e zelo na assistência prestada na execução de etapas práticas cruciais para o êxito da minha dissertação.

Aos professores Arlem Nascimento de Oliveira, André Luiz Willerding, Newton Paulo de Souza Falcão, pelas sugestões quando da qualificação.

Ao corpo docente do Curso de Agricultura no Trópico Úmido do INPA, pela atenção e ensinamentos.

À CAPES pelos meses de concessão da bolsa e a FINEP pelo financiamento através do projeto Rede CT PETRO/AM.

À PETROBRAS S/A, pelo apoio logístico durante o trabalho de campo e liberação dos dados utilizados nessa dissertação.

À minha única irmã, Juliana Medeiros por tudo que é e representa em minha vida.

Às minhas melhores amigas, Patrícia Rodrigues e Karla Leonor, que sempre participaram de tudo, mesmo distante e me ensinam dia-a-dia o verdadeiro valor da amizade.

Aos meus amigos de turma e hoje para a vida inteira, Raphael Cidade e Janderson Dalazen, pela amizade e companheirismo a mim destinado em todas as horas.

Aos meus amigos e colegas construídos em Manaus: Valdesângela Vieira, Giselle Pereira, Humberto Ludke, Rafaela Feitosa, Valdir Ranauro, Thaianie Sousa, Chelzea Mara e Marcelo Raizer, pelo apoio durante todo esse período.

Ao meu companheiro de laboratório e clube de futebol, Dr. Rogério Costa, pelas

preciosas dicas e incentivo.

Aos amigos de trabalho, Daniel Resende, Camilo Cavalcante, Júlio César, Elder Pena, Enrique Salazar e Márcio Rebello pela compreensão e incentivo na parte final desta jornada.

Aos colegas de trabalho do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, na pessoa do Lauri Corso pela compreensão por todas às vezes que precisei viajar a Manaus para realizar atividades do mestrado.

Aos colegas da FINEP, em especial Maria Lúcia Horta, Guilherme B. P. Jr., Cristina Aragão, Mário Paim, Luiz Antonio Greco, Glória Bataglia e Lúcia Maria Alves por acreditarem em mim desde sempre.

Aos funcionários da equipe de Pesquisas de Ciências Agronômicas pela inestimável colaboração na realização dessa dissertação, em especial João Rocha.

Às secretárias do ATU, Bia e Keilany pelo carinho e atenção.

Aos funcionários do laboratório de Microbiologia do Solo do INPA, em especial Manoel Cursinho, Manoel Paulino e Adilson Dantas, pela ajuda e apoio.

Aos funcionários do Laboratório Temático de Solos e Plantas, Edvaldo, Raimundo e Márcio pela ajuda no decorrer das análises exercidas naquele laboratório.

À equipe administrativa da Rede CTPETRO/AM pelo apoio sempre que necessário.

À minha família, pelo incentivo, orações e companheirismo.

Aos meus demais colegas que ficaram na minha Cidade Maravilhosa, distantes, mas sempre presentes em meu coração.

Enfim, a todos que colaboram de alguma forma, vocês estão guardados no meu coração, se não fosse por vocês nada disso seria possível.

MUITÍSSIMO OBRIGADA!!!

"O papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande."

(Louis Pasteur)

RESUMO

A recuperação de áreas degradadas na Amazônia é o principal problema a ser resolvido causado pela ocupação antrópica na região. Para que as áreas já desmatadas possam contribuir para o desenvolvimento sustentável, tanto na agricultura como outro uso econômico, é necessário que sejam usadas espécies de plantas capazes de se desenvolverem nesses solos pobres e muitas vezes degradados. Os solos das clareiras de urucu servem de referencial para o desenvolvimento de tecnologias de recuperação de todas as áreas ocupadas da Amazônia, onde a agricultura e a pecuária respondem pela maioria dos desmatamentos regionais. O objetivo desse trabalho 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 de oito clareiras e jazidas de Urucu dos níveis de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares de espécies cultivadas na recuperação de áreas degradadas e também, avaliar as condições micorrízicas de 40 mudas de espécies florestais e frutíferas utilizadas na regeneração ambiental e características simbióticas das populações de fungos micorrízicos dos solos dessas clareiras e florestas adjacentes. Para as análises de colonização radicular foram escolhidas as clareiras/jazidas RUC 40, LUC 22, JAZ 5, RUC 37H, JAZ 21, JAZ 14, RUC 21/24 e JAZ 44, onde foram coletadas amostras de solos e raízes na rizosfera de 17 espécies florestais dentro e nas margens das clareiras/jazidas nos meses de maio e novembro de 2010. Os solos se mostraram altamente ácidos, com teores baixos e medianos de K, Ca e Mg devido a adubações com esses elementos. Os teores de Fe foram satisfatórios, enquanto que os do Zn e Mn foram baixos. Quanto aos teores de P, observou-se elevados na Jazida 5, indicando sua aplicação na forma de adubo. A colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das espécies amostradas dentro das clareiras/jazidas no período chuvoso variou entre 0,0% e 44,4%. Com relação às estruturas fúngicas, as taxas de colonização por hifas não ultrapassaram 10% e as com vesículas variaram entre 0,0% e 44,4%. As raízes amostradas no mesmo período, porém nas margens das clareiras/jazidas não ultrapassaram 7,0 % de taxa de colonização. As colonizações radiculares por FMA no período seco, dentro das clareiras/jazidas variaram entre 4,0 e 58,0%, mas com poucas raízes apresentando hifas; nas coletas realizadas as margens das clareiras a taxa de colonização foi de 5,4% a 12,0%. Os baixos índices de hifas fúngicas nas raízes sugerem que os fungos pouca ou nenhuma contribuição estão dando para a capacidade de absorção de água e nutrientes dos solos pelas plantas naquelas condições edafoclimáticas. Para avaliar se o problema da micorrização das plantas começa no viveiro, avaliou-se também, o potencial de colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das mudas selecionadas do viveiro, assim como foi feita a análise estatísticas do diâmetro, altura, biomassa seca das raízes e parte aérea das mudas selecionadas. Foram selecionadas mudas de 40 espécies, analisando-se as colonizações radiculares e as características químicas do solo (substrato) usado nos saquinhos. As colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares em janeiro de 2010 foram bastante semelhantes às observadas em junho de 2009, onde suas taxas de colonização por hifas foram zero ou próximas desse valor, indicando que o problema de pouca ou nenhuma colonização radicular por FMA ocorre também nas mudas dos viveiros.

Palavras chave: Áreas degradadas; Amazônia, Fertilidade dos solos, espécies florestais.

ABSTRACT

The recovery of degraded areas in Amazonia is the main problem to be solved caused by human occupation in the region. For the already devastated areas can contribute to sustainable development, both in agriculture and other economic use, they must be used with plant species that can develop in these soils which are often poor and degraded. The soils of Urucu gaps serve as reference for the development of technologies for recovery of all occupied areas of the Amazon, where agriculture and livestock account for the majority of regional deforestation. The aim of this study was to evaluate the importance of mycorrhizal fungi (AMF) in soil components that suffer direct and indirect impacts of oil exploration, from the analysis of eight clearings and deposits Urucu levels of root colonization by mycorrhizal fungi cultivated species in degraded areas and also to evaluate the conditions of 40 mycorrhizal seedlings of forest and fruit species used in environmental regeneration and symbiotic characteristics of populations of mycorrhizal fungi from soils of these clearings and adjacent forest. For the analysis of root colonization were chosen gaps / deposits RUC 40, LUC 22, JAZ 5, RUC 37H, JAZ 21, JAZ 14, RUC 21/24 and 44 JAZ, where samples were collected from soil and roots in the rhizosphere of 17 forest species in and on the edges of clearings / deposits in the months of May and November 2010. The soils were highly acidic, with low and medium levels of K, Ca and Mg due to fertilization with these elements. The Fe contents were satisfactory, while the Zn and Mn were low. As for the contents of P, it was observed high in JAZ 5, indicating its application in the form of fertilizer. Colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in the roots of the species within the clearings / deposits in the rainy season ranged from 0.0% to 44.4%. With respect to fungal structures, rates of colonization by hyphae did not exceed 10% and with vesicles ranged between 0.0% and 44.4%. The roots sampled in the same period, but on the edges of clearings / deposits did not exceed 7.0% rate of colonization. The root colonization by AMF in the dry season within the clearings / deposits ranged between 4.0 and 58.0%, but with few roots showing hyphae; collections made in the margins of clearings colonization rate was 5.4% to 12.0%. The low rates of fungal hyphae in the roots suggest that fungi are giving little or no contribution to the ability to absorb water and nutrients from the soil by plants in those climatic conditions. To assess whether the problem of mycorrhizal plants begins in the nursery, we evaluated also the potential for colonization by mycorrhizal fungi in the roots of seedlings selected from the nursery, as well as statistical analysis of the diameter, height, dry biomass of roots was taken and shoots of the selected seedlings. The root colonization by AMF in January 2010 were very similar to those observed in June 2009, where their rates of colonization by hyphae were zero or close to this value, indicating that the problem of little or no root colonization by AMF also occurs in seedling nurseries.

Key words: Degraded areas; Amazon; Soil fertility; forestry plant species.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Características dos solos amazônicos	15
2.3. Rizosfera	17
2.4. Ecologia microbiana do solo	18
2.5. Fungos Micorrízicos Arbusculares - FMAs	19
2.5.1. Aspectos gerais	19
2.5.2. Origem do FMA e da Simbiose Micorrízica	20
2.5.3. Importância Econômica	21
3. OBJETIVOS	23
3.1. Geral	23
3.2. Específicos	23
CAPÍTULO 1	24
COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FMA EM ESPÉCIES VEGETAIS DE CLAREIRAS E SUAS RESPECTIVAS ÁREAS ADJACENTES DA PROVÍNCIA PETROLÍFERA DE URUCU	24
I. INTRODUÇÃO	24
II. MATERIAL E MÉTODOS	25
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
VI. CONCLUSÕES	39
A única exceção foi com a sucupira na RUC 21/24, onde as hifas ocorreram em 43,6% das raízes, sugerindo alguma contribuição para a absorção de água e nutrientes do solo.....	39
CAPÍTULO 2	40
COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FMA E CONDIÇÕES NUTRICIONAIS DAS MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DO VIVEIRO DA BASE DE OPERAÇÕES GEÓLOGO PEDRO DE MOURA	40
I. INTRODUÇÃO	40
II. MATERIAL E MÉTODOS	41
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
IV. CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Fatores abióticos e bióticos que interferem na ocorrência de FMA	22
TABELA 2	Dados das clareiras/jazidas coletadas para estudo	27
TABELA 3	Características químicas dos solos amostrados das clareiras cultivadas na Província Petrolífera de Urucu em maio/2010	29
TABELA 4	Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies cultivadas dentro das clareiras na Província de Urucu em maio/2010	30
TABELA 5	Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies nativas as margens da clareira na Província de Urucu em maio/2010	32
TABELA 6	Características químicas dos solos amostrados das clareiras na Província Petrolífera de Urucu em novembro/2010	34
TABELA 7	Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies cultivadas dentro das clareiras na Província de Urucu em novembro/2010	36
TABELA 8	Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies nativas as margens das clareiras na Província de Urucu em novembro/2010	38
TABELA 9	Relação das espécies de mudas analisadas em Urucu e respectivas porcentagens de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em junho/2009	44
TABELA 10	Características químicas das amostras de solos das mudas cultivadas no viveiro da Província Petrolífera de Urucu em junho/2009	46
TABELA 11	Medidas de diâmetro e altura e massa seca da raiz e parte aérea de mudas coletadas no viveiro na Província Petrolífera de Urucu no período de julho/2009	48
TABELA 12	Relação das espécies de mudas analisadas em Urucu e respectivas porcentagens de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em janeiro/2010	51
TABELA 13	Medidas de diâmetro e altura e massa seca da raiz e parte aérea de mudas coletadas no viveiro na Província Petrolífera de Urucu no período de janeiro/2010	53/54
TABELA 14	Características químicas das amostras de solos das mudas cultivadas no viveiro da Província Petrolífera de Urucu em janeiro/2010	55

1. INTRODUÇÃO

O uso racional dos recursos naturais sem grandes perturbações dos ecossistemas é uma questão prioritária na pauta de discussão sobre o meio ambiente, uma vez que o homem necessita retirar da natureza os meios para o seu sustento e desenvolvimento, utilizando tais recursos de forma equilibrada e com um mínimo de impacto ambiental. A atividade de extração de recursos minerais pode promover um forte impacto sobre o ambiente com consequências danosas para as comunidades vegetais e microbianas do solo, de tal maneira que esse ambiente alterado tem dificuldade de retornar ao seu estado original através de seus próprios meios.

As atividades de mineração estão entre as principais responsáveis pela degradação dos solos em todo mundo (Dias e Gryffith, 1998), além de causar uma inevitável alteração na paisagem, decorrente dos processos de exploração. Dessa forma, medidas para a reabilitação das áreas degradadas pela mineração devem ser eficazes e realizadas a fim de acelerar a sucessão natural.

A recuperação de áreas degradadas na Amazônia é o principal problema causado pela ocupação antrópica na região. Para que as áreas já desmatadas possam contribuir para o desenvolvimento sustentável, tanto na agricultura como outro uso econômico, é necessário que sejam usadas espécies de plantas capazes de se desenvolverem nesses solos pobres e muitas vezes degradados. Os solos das clareiras de Urucu servem de referencial para o desenvolvimento de tecnologias de recuperação de todas as áreas ocupadas da Amazônia, onde a agricultura e a pecuária respondem pela maioria dos desmatamentos regionais. Entender como as plantas usadas nessas clareiras se relacionam com fungos micorrízicos arbusculares pode ajudar e contribuir para a recuperação das áreas antropizadas na Amazônia.

A única fonte comercial de exploração de petróleo e gás natural na Amazônia se encontra na base petrolífera da Petrobrás no Rio Urucu (BOGPM – Base Operacional Geólogo Pedro de Moura) no Município de Coari - AM, onde diversas clareiras e jazidas são abertas periodicamente na floresta primária.

A degradação dos ecossistemas é resultado de fatores diversos que atuam sobre o solo e sua vegetação, alterando suas propriedades físico-químicas e principalmente

biológicas, comprometendo o funcionamento dos sistemas simbióticos, tais como as micorrizas arbusculares (Lima *et al.*, 2007; Siqueira *et al.*, 2007). A baixa resiliência é uma característica marcante de um ecossistema degradado, pois a sua recuperação pode ser lenta ou até mesmo não ocorrer, o que demanda a intervenção antrópica por meio de práticas de recuperação do solo e conseqüentemente o monitoramento da sua eficácia (Lima *et al.*, 2007).

Nos solos de exploração de petróleo e gás natural da BOGPM, estão presentes microrganismos capazes de interagir entre si e influenciar no habitat contribuindo para a recuperação de áreas degradadas. A diversidade microbiana, em virtude dos microrganismos estarem na base da cadeia trófica e intrinsecamente associados aos diversos processos ecológicos do solo, figura um importante indicador de qualidade (Zilli *et al.* 2003) e a identificação da diversidade microbiana pode ser importante na avaliação da recuperação, já que os aspectos ambientais desempenham um importante papel na determinação das interações entre microrganismos e as trocas nas populações de microrganismos no solo.

Neste contexto, os fungos micorrízicos arbusculares se apresentam como uma promissora ferramenta para ecossistemas em processo de revegetação, onde as deficiências nutricionais representam uma importante limitação ao desenvolvimento das plantas. Esses fungos podem contribuir na revegetação e crescimento das espécies micorrizadas, motivado 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.

Pesquisas realizadas em todo o planeta com as micorrizas arbusculares têm demonstrado que essa simbiose planta-fungo é de fundamental no desenvolvimento em solos de baixa fertilidade e que sofrem impactos ambientais (Siqueira e Franco, 1988), na ciclagem de nutrientes e no crescimento de plantas (Varma e Hock 1995; Smith e Read 1997). Essas associações são importantes para a sucessão e reabilitação de solos degradados (Franco *et al.* 1992; Janos 1996; Haselwandter e Bowen 1996).

Na recuperação de áreas degradadas, a utilização de uma opção biológica associada a práticas não biológicas pode aperfeiçoar o estabelecimento de mudas transplantadas para o campo (Miao e Marrs, 2000). A adubação do substrato e a

presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem auxiliar o desenvolvimento das mudas no viveiro e na sobrevivência no campo após o transplante.

Estudos sobre os teores de nutrientes nos substratos usados para a produção de mudas, sobre a ocorrência de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e sobre o estado nutricional das plantas na fase de viveiro ainda não foram realizados no viveiro da Base Petrolífera Geólogo 'Pedro de Moura'.

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). Para Oliveira e Oliveira (2000), a associação planta-fungo torna-se de extrema utilidade em solos de baixa fertilidade ou degradado, onde as micorrizas arbusculares favorecem o estabelecimento das plantas, maximizam o uso de nutrientes no solo, como o fósforo (P), cobre (Cu) e zinco (Zn), aumentam a fixação biológica do nitrogênio nas leguminosas e promovem a sustentabilidade do ambiente.

Os solos das clareiras e jazidas da Base Petrolífera Geólogo 'Pedro de Moura' apresentam-se degradados e compactados, resultando, dentre outros fatores, na diminuição de porosidade, aumento da densidade, diminuição da retenção hídrica e da disponibilidade de nutrientes. Com isso, a recuperação dessas áreas degradadas torna-se bastante difícil e a sobrevivência e o crescimento das plantas introduzidas diminui extremamente. Mudas com sistemas radiculares vigorosos e com altas taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares podem ser de fundamental importância para que possam suportar essas situações adversas no primeiro ano após serem introduzidas nas clareiras e jazidas e assim favorecer o crescimento das mesmas.

Existem evidências suficientes dos efeitos benéficos dos microrganismos do solo e seus processos na nutrição e crescimento das plantas, sendo, inclusive, considerados como modificadores da fertilidade do solo, pois atuam na disponibilidade de nutrientes às plantas (Siqueira e Franco, 1988; Oliveira, 1991).

Esta dissertação tem como objetivo principal avaliar as características simbióticas das populações de fungos micorrízicos de solos coletados em áreas diferentes de clareiras pré-selecionadas, assim como reunir os resultados dos estudos já realizados com mudas de viveiro que foram transplantadas para o campo e avaliar as condições nutricionais e micorrízicas de mudas de espécies vegetais utilizadas na regeneração das clareiras de Urucu.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características dos solos amazônicos

Os solos da região amazônica são antigos e alguns originados na era Paleozoica. Os escudos são compostos de rochas que contêm algumas manchas de sedimentos do período Paleozoico ao Mesozoico de 60 a 400 milhões de anos atrás (Schubart *et al.*, 1984).

A evolução dos solos da Amazônia é uma combinação de uma diversidade de fatores geológicos, geomorfológicos, vegetação e clima, a partir do mesozoico, durante o plioceno-pleistoceno até os dias atuais. Essa combinação associada com material de origem, o relevo e o clima, contribui na composição dos solos formados com as seguintes características: extrema pobreza em fósforo; acidez elevada; saturação por alumínio alta; baixa CTC; pobreza em macro e micronutrientes; reduzida fixação de fósforo; lençol freático elevado na grande maioria dos solos; densidade do solo elevada; adensamento e susceptibilidade à compactação; susceptibilidade a erosão nos solos de relevo movimentado e erosão laminar ligeira nas áreas de Savana em Roraima (Vale Júnior *et al.* 2011).

As características químicas e mineralógicas dos solos da Amazônia são, em grande parte, ditadas pela natureza do material de origem. Esses solos mais férteis são apenas uma pequena parte da cobertura pedológica da Amazônia (Schaefer *et al.*, 2000), em geral estes solos são ácidos e pobres quimicamente devido a concentração do P na superfície, sendo este o fator limitante a produção agrícola associado a sua baixa mobilidade, uma vez que parte do P encontra-se na biomassa vegetal.

Na Amazônia, a diversidade de solos é um reflexo dos fatores de formação como relevo, geologia, clima, bióticos e feições da paisagem. Desta forma, as classes de solos se distribuem conforme combinação de fatores, seguindo-se em ordem decrescente de área ocupada os Latossolos, Argissolos, Plintossolos e Espodossolos, predominando o caráter distrófico. Com exceção dos Luvisolos e Cambissolos eutróficos mapeados no estado do Acre, as pequenas manchas de solos eutróficos (Nitossolos, Chenossolos, Luvivossolos) mapeadas em outros estados são pequenas inclusões. Quando se sobrepõe

as terras indígenas da Amazônia Legal sobre o mapa de solos, verifica-se que as etnias se distribuíram sobre as melhores manchas de solos.

A porção mais central (estado do Amazonas), região objeto do trabalho, é caracterizada por uma região sedimentar, ou seja, sedimentos terciários a holocênicos, associados aos LATOSSOLO AMARELO Distrófico e Distrocioso, ARGISSOLO AMARELO Distrófico e PLINTOSSOLOS (Vale Júnior *et al.* 2011).

2.2. Solos de terra firme

Na Amazônia, a maioria dos solos de terra firme é considerada de baixa fertilidade e alta concentração de alumínio, limitando o desenvolvimento das espécies vegetais da região (Oliveira, 1991b).

Estes solos são o resultado do processo de lixiviação que vem ocorrendo há milhões de anos, onde os nutrientes, tais como Ca, Mg, P, K estão em concentrações bem inferiores às requeridas para um bom desenvolvimento de plantas tradicionais e de importância econômica (Oliveira, 1994). Esses nutrientes presentes no solo, e principalmente na biomassa da floresta primária, se encontram em ciclo dinâmico, que é rompido pela conversão da floresta em sistemas agrícolas (Alfaia e Oliveira, 1997).

Cerca de 80% dos solos cultivados da região amazônica são deficientes em nitrogênio e fósforo, dois elementos essenciais às plantas e de difícil aplicação pelos agricultores devido ao alto custo e dificuldade de transporte (Nicholaides *et al.*, 1983). A acidez também influencia no crescimento das plantas. Em geral nos solos ácidos, o suprimento de nutrientes para as plantas é deficiente, enquanto em solos com acidez extremamente alta ocorre por toxidez de alumínio, esse elemento é o principal fator dominante que limita o crescimento (Oliveira, 1994; Chagas-Júnior, 2000). A deficiente nutrição de plantas nos solos ácidos é oriunda da baixa disponibilidade de nutrientes e capacidade de absorção da raiz (Keltjens, 1997).

Na maioria dos solos dos ecossistemas de terra firme, a alta acidez, toxidez de alumínio e baixa fertilidade são os principais fatores que dificultam o bom desenvolvimento das plantas e as associações plantas-microrganismos (Oliveira *et al.*,

1997). A elevada eficiência na reciclagem de nutrientes observada nas florestas tropicais tem sido correlacionada com a sua alta diversidade biológica. A reciclagem de nutrientes se contrapõe à lixiviação dos solos, pois representa um mecanismo de conservação de nutrientes no ecossistema, promovendo ao mesmo tempo, a produtividade biológica e o bom estado nutricional das plantas (Schubart *et al.*, 1984).

Considerando a baixa fertilidade e acidez elevada dos solos amazônicos, por estudos já realizados pelo grupo de microbiologia de solo do INPA (Moreira, 2008) sugerem que os fungos micorrízicos arbusculares podem favorecer a disponibilidade de nutrientes para as plantas nesses solos, aumentando assim, a eficiência do seu uso e tornando-as menos dependentes de adubos químicos (Oliveira *et al.*, 1997).

Na província petrolífera de Urucu, os solos também são ácidos e pobres em nutrientes, situação agravada nas áreas de clareiras e jazidas, cuja camada superficial do solo, onde se concentra a matéria orgânica, é retirada mecanicamente para a limpeza e perfuração do solo em busca de gás e petróleo.

2.3. Rizosfera

Rizosfera é o volume do solo sob influência direta da presença das raízes, com características distintas das do solo (Lynch, 1982; Foster, 1986), é parte altamente dinâmica do solo, onde se desenvolvem as relações mecânicas, químicas e biológicas entre as raízes da planta, o solo, a pedofauna, a pedoflora e as raízes de outras plantas (Larcher, 2004). Constitui-se em um dos mais fascinantes habitat microbiano e é moldada pelo solo, pela planta e pelos micro-organismos (Chauhan *et al.*, 2011)

Microrganismos são seres vivos dominantes nos solos rizosférico, tanto em termos de biomassa, correspondendo a 80% da biomassa total (excluindo raízes), quanto à atividade (respiração), e basicamente determinam o funcionamento do ecossistema terrestre (Bruinsma *et al.*, 2003).

Segundo Barea *et al.* (2005), dois tipos de interações na rizosfera são reconhecidos, as interações envolvendo detritos de material vegetal e que afetam os fluxos de energia e nutrientes; e as interações nas raízes vivas das plantas. A rizosfera representa a região do solo que apresenta gradiente microbiológico, onde ocorrem trocas

metabólicas das raízes com micro-organismos e vice-versa; e entre os micro-organismos. Estas interações decrescem com o distanciamento da influência das raízes (Andrade e Nogueira, 2005; Rovira e Davey, 1974).

2.4. Ecologia microbiana do solo

A ecologia microbiana refere-se à atuação ou atividade dos microrganismos e suas interações entre si e com outros seres vivos dentro de determinado habitat. Cada micro-habitat do solo oferece certa quantidade de nichos para a comunidade microbiana. Em geral, quanto mais simples o habitat, menor será o número de nichos disponíveis e, quanto mais complexo, maior. A presença de um microrganismo em um determinado solo é uma expressão de sua reação com as condições ambientais dominantes, dentro dos limites da sua bagagem genética, permitindo a sobrevivência de forma inativa ou ativa, atuando como saprófita, parasita, simbiote ou comensalista (Cardoso *et al.*, 1992a).

De acordo com Smith (1993) a eficiência da transferência entre planta e fungo é um fator chave, determinante da resposta dos simbioses em termos de eficiência de aquisição de nutrientes, crescimento e aptidão na complexa relação da planta com os micro-organismos. Essencialmente, a eficiência micorrízica é a habilidade do fungo de aumentar a fotossíntese e o crescimento do hospedeiro, através de um melhor fornecimento de nutrientes, principalmente P.

As interações positivas e negativas entre os microrganismos e a fauna do solo são também de grande importância para a ecologia microbiana e os processos microbiológicos no solo, principalmente para a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes (Zangaro *et al.*, 2002).

A atividade que os microrganismos desempenham nos solos está intimamente relacionada com a própria formação dos solos, sua fertilidade, estrutura e condições de sanidade, por meio dos processos de redução, oxidação, produção de enzimas e liberação de produtos metabólicos que provocam modificações importantes nas propriedades do solo, tais como o pH, estrutura, temperatura, etc. (Moreira e Siqueira, 2006)

Segundo Oliveira (1994), poucos estudos sobre ecologia microbiana foram realizados nas regiões dos trópicos úmidos, mas os resultados obtidos indicam uma participação efetiva dos microrganismos do solo na reciclagem dos nutrientes nos ecossistemas tropicais, quer auxiliando na adaptação das plantas aos solos ácidos e de baixa fertilidade (microrganismos benéficos), como no controle das populações de patógenos de plantas (microrganismos fitopatogênicos).

2.5. Fungos Micorrízicos Arbusculares - FMAs

2.5.1. Aspectos gerais

Os FMAs formam relações mutualistas especializadas e caracterizadas por um biotrofismo muito bem balanceado e de natureza estritamente evolutiva (Smith ; Read, 1997).

Embora simbiose micorrízica ocorra há mais de 400 milhões de anos, conforme constatado por evidências fósseis do Devoniano (Pirozinski e Dalpé, 1989), o termo micorriza só foi introduzido em 1885, pelo botânico alemão Albert Bernard Frank (Bagyaraj, 1991). Mesmo assim, só a partir de 1980, os estudos demonstrando os benefícios trazidos pela micorrização passaram a despertar maior interesse.

Com ampla distribuição, os FMA não apresentam especificidade quanto ao hospedeiro, o que indica que os requerimentos nutricionais não são específicos (Bagyaraj, 1991). Assim, uma espécie de planta pode ser colonizada por qualquer espécie de FMA, mas os efeitos da simbiose podem diferir conforme a combinação solo–hospedeiro–fungo. Cultivares de determinado hospedeiro podem também responder diferentemente a determinadas espécies de FMA (Costa *et al.*, 2001).

As populações de FMA nativas do solo podem ser ou não efetivas em estimular crescimento da planta. Em determinado solo, esses fungos podem estar em baixas densidades, ou podem estabelecer colonização extensa, sem proporcionar melhoria no crescimento da hospedeira. Em geral, um mesmo isolado de FMA pode estar associado a muitas espécies de plantas, mas a efetividade dessa combinação pode variar, considerando a habilidade de algumas espécies fúngicas em desenvolver extensa rede

micelial, aumentando a absorção do fósforo (Cavalcante *et al.*, 2002; Sylvia *et al.*, 1993).

2.5.2. Origem do FMA e da Simbiose Micorrízica

As evidências do registro fóssil (Pirozynski, 1991), da biologia molecular (Simon *et al.*, 1993) e das análises filogenéticas (Morton, 2000) estabelecem a origem desses fungos e, dessa forma, da simbiose, há 353-462 milhões de anos durante o período Devoniano.

A simbiose micorrízica é a união orgânica entre raízes das plantas e fungos do solo, com dependência fisiológica íntima e recíproca, seguida pelo crescimento dos simbiontes (Siqueira ; Franco, 1988). Estas associações simbióticas, denominadas simplesmente de micorrizas, ocorrem de forma generalizada na natureza e estão amplamente distribuídas nos mais diversos ambientes terrestres, e na grande maioria das espécies vegetais conhecidas (Linderman, 1994).

Baseando-se nas características morfoanatômicas, ecológicas e funcionais, as micorrizas são divididas em dois grupos: endomicorrizas e ectomicorrizas. As endomicorrizas são subdivididas em: micorrizas arbusculares (FMAs) ou vesículo-arbusculares, ericóides e orquidóides. Nas FMAs, o fungo coloniza as raízes inter e intracelularmente, formando estruturas típicas como os arbúsculos e vesículas que ocorrem em alguns grupos taxonômicos (Furtini-Neto *et al.*, 1998).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) desempenham um importante papel nas transformações dos constituintes dos solos tropicais, podendo ser considerados indicadores biológicos de ecossistemas naturais (Silva, 2005); atuam na decomposição dos resíduos orgânicos e são micro-organismos com alto potencial biotecnológico quando utilizados nos processos de produção de mudas.

Os fungos formam diferentes estruturas para se instalar e multiplicar em um hospedeiro, como as vesículas, hifas, células auxiliares, arbúsculos, haustórios e esporos. Somente as famílias Glomeraceae, Acaulosporaceae e Pacisporaceae são passíveis de formarem vesículas, que são estruturas globosas e funcionam como órgão de armazenamento, podendo atuar como estruturas propagativas (Souza, 2005).

Os efeitos benéficos dos Fungos Micorrízicos Arbusculares têm sido repetidamente demonstrados nas mais variadas condições e espécies vegetais, sobretudo em solos de baixa fertilidade. Conforme revisado por Lopes *et al.* (1983 b), os efeitos benéficos da simbiose das MA podem resultar de um ou mais mecanismos onde se destacam: a) aumento na absorção e melhor conservação de nutrientes; b) aumento na nodulação e fixação do N₂ atmosférico; c) alteração na relação planta-patógenos; d) alterações na relação água-solo-planta; e) aumento na produção de fitormônios; f) modificações anatômicas e fisiológicas do hospedeiro; g) melhor adaptabilidade da planta às condições adversas.

2.5.3. Importância Econômica

Atualmente, está bem documentando na literatura que os fungos micorrízicos arbusculares são importantes no crescimento das plantas (Moreira *et al.*, 2010), na absorção de P, o comprimento e a colonização da raiz (Allen, 1991). Tem sido amplamente aceita pela comunidade científica a importância econômica dos FMA para a agricultura sustentável (Jeffries, 1987; Jeffries *et al.*, 2003), recuperação de áreas degradadas (Jasper, 1994; De Souza ; Da Silva, 1996) e para o uso eficiente de recursos não renováveis, como fósforo (Smith e Read, 1997; Moreira e Siqueira, 2006; Berbara *et al.*, 2006).

Nas regiões tropicais, que tradicionalmente apresentam solos com níveis baixos de fósforo (P), as associações micorrízicas merecem mais atenção considerando que, do ponto de vista econômico, podem minimizar os gastos com insumos, tais como fertilizantes minerais, irrigação e pesticidas (Sieverding, 1991). Os FMA também têm sido estudados em relação ao seu potencial como agentes biocontroladores de doenças e pragas (Fitter e Garbaye, 1994; Zambolim *et al.*, 1992; Maia *et al.*, 2005) e pela capacidade que têm de aumentar a densidade do sistema radicular, ajudando na recuperação, quando as plantas são submetidas a estresse hídrico (Bryla e Duniway, 1997).

Além disso, várias espécies de plantas não conseguem sobreviver em solos de baixa fertilidade natural na ausência da simbiose micorrízica. No entanto, para melhor

explorar esta simbiose nos sistemas de importância econômica, é necessário acessar a diversidade e conhecer a ecologia dos FMA (Moreira *et al.*, 2008). Os FMA são considerados um importante componente na recuperação e restabelecimento da vegetação em ecossistemas frágeis ou degradados, bem como na manutenção da biodiversidade de plantas e no funcionamento do ecossistema (Dandan e Zhiwei, 2007).

Contudo, a ocorrência, diversidade e dinâmica dos FMA no solo, e conseqüentemente a formação da associação micorrízicas, estão sujeitas a vários fatores abióticos e bióticos, conforme a tabela 1 (Silveira, 1998). Lopes *et al.* (1983a) dizem que as MAs resultam de uma condição equilibrada entre o fungo, a planta e o ambiente (clima e solo).

Tabela 1. Fatores abióticos e bióticos que interferem na ocorrência de FMA

Tipo	Componentes	Fatores
Abióticos	Solo	Textura, estrutura, umidade, fertilidade, pH, poluição, salinidade, elementos tóxicos.
	Meio ambiente	Temperatura, luminosidade, poluição atmosférica, precipitação pluviométrica, estação do ano.
	Manejo	Formação de cultivo, sustentabilidade à erosão, fogo, compactação, desmatamento, irrigação, drenagem, adubação e correção, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, pastagem, agrotóxicos.
Bióticos	Planta	Cobertura vegetal, idade, ciclo, diversidade, nutrição, sistema radicular, produção de substâncias alelopáticas.
	Outros organismos	Antagonistas e organismos sinérgicos.

Fonte: Silveira (1998)

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

- Avaliar os níveis de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em espécies vegetais presentes nas clareiras em fase de regeneração e nas mudas do viveiro de Urucu.

3.2. Específicos

- Avaliar a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares de espécies vegetais coletadas dentro e nas margens de algumas clareiras de Urucu;
- Avaliar a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nas mudas do viveiro de Urucu;

CAPÍTULO 1

COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FMA EM ESPÉCIES VEGETAIS DE CLAREIRAS E SUAS RESPECTIVAS ÁREAS ADJACENTES DA PROVÍNCIA PETROLÍFERA DE URUCU

I. INTRODUÇÃO

Na Província Petrolífera de Urucu, sob concessão da empresa de Petróleo Brasileiro S/A – Petrobrás ocorre aberturas de clareiras na floresta primária para prospecção de petróleo e gás natural (Ezawa *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2006), as áreas abertas e utilizadas para exploração de petróleo são genericamente denominadas clareiras ou jazidas. Em algumas destas áreas, quando da retirada da floresta também ocorre remoção da camada superficial do solo, deixando as áreas mais vulneráveis, expondo o solo por longos períodos à insolação solar e erosão superficial devido à alta precipitação pluviométrica que ocorre na região.

As atividades de mineração estão entre as principais responsáveis pela degradação dos solos em todo mundo (Dias ; Gryffith, 1998), além de causar uma inevitável alteração na paisagem, decorrente dos processos de exploração. Com o propósito de recuperar estas clareiras, a Petrobrás vem desenvolvendo de forma sistemática desde 1986 (Ezawa *et al.*, 2006), a revegetação das clareiras usando mudas de espécies florestais produzidas em viveiro.

Este processo foi realizado inicialmente pela Universidade do Amazonas, fazendo uso do plantio de mudas entre 25-40cm de altura, de oito espécies florestais com aplicação de adubação. Passados dez anos, a rede CTPetro iniciou um trabalho de monitoramento de avaliação destes reflorestamento nestas clareiras (Matos *et. al.*, 2011).

A estratégia de reflorestamento tem sido a principal prática para recompor e proteger o solo, evitar a poluição das águas e promover o retorno da vida selvagem (Melo *et al.*, 2000) e da biota edáfica (Melloni *et al.*, 2004) além de incrementar a sucessão vegetal, contribuindo, conseqüentemente, para o fluxo de energia e nutrientes naquele ecossistema (Siqueira *et al.*, 1994), a utilização de espécies nativas para 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 das propriedades físicas, químicas e biológicas, é um grande obstáculo para a regeneração natural da floresta e para os programas de revegetação (Brown ; Lugo, 1994; Alfaia ; Oliveira, 1997; Furtini-Neto *et al.*, 2000; Morais, 2003; Falcão *et al.*, 2005).

Devido à baixa fertilidade natural e o baixo potencial de inoculo no solo, de microrganismos benéficos para as plantas, como os fungos micorrízicos, na maioria das áreas destinadas ao reflorestamento, o conhecimento sobre a capacidade das espécies em formar simbioses com certos fungos do solo 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 baixa resiliência é uma característica marcante de um ecossistema degradado, pois a sua recuperação pode ser lenta ou até mesmo não ocorrer, o que demanda a intervenção antrópica por meio de práticas de recuperação do solo e conseqüentemente o monitoramento da sua eficácia (Lima *et al.*, 2007), desta forma o trabalho desenvolvido teve como objetivo avaliar os níveis de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares de espécies vegetais em distintas áreas de oito clareiras pré-selecionadas de Urucu.

II. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e descrição das áreas estudadas

A área de estudo é a Província Petrolífera do Rio Urucu, Base Operacional Geólogo 'Pedro de Moura' – BOGPM, sob as coordenadas geográficas: 4° 30'S e 64° 30'W, distante aproximadamente 650 km em linha reta de Manaus, localizada na bacia do Rio Urucu, afluente da margem direita do Rio Solimões, no município de Coari, no Estado do Amazonas (PETROBRAS, 2008).

A precipitação em Urucu é alternada entre uma estação chuvosa de dezembro a maio e estação seca de junho a novembro. A distribuição média anual da precipitação é em torno de 2250 mm (figura 1). Há uma pequena variação térmica entre os meses do ano, oscilando entre 25,2 C° e 26,2 C° (Ribeiro *et al.*, 2006). O clima é do tipo Afi pela classificação de Köppen, constantemente úmido, correspondendo ao clima de floresta

tropical.

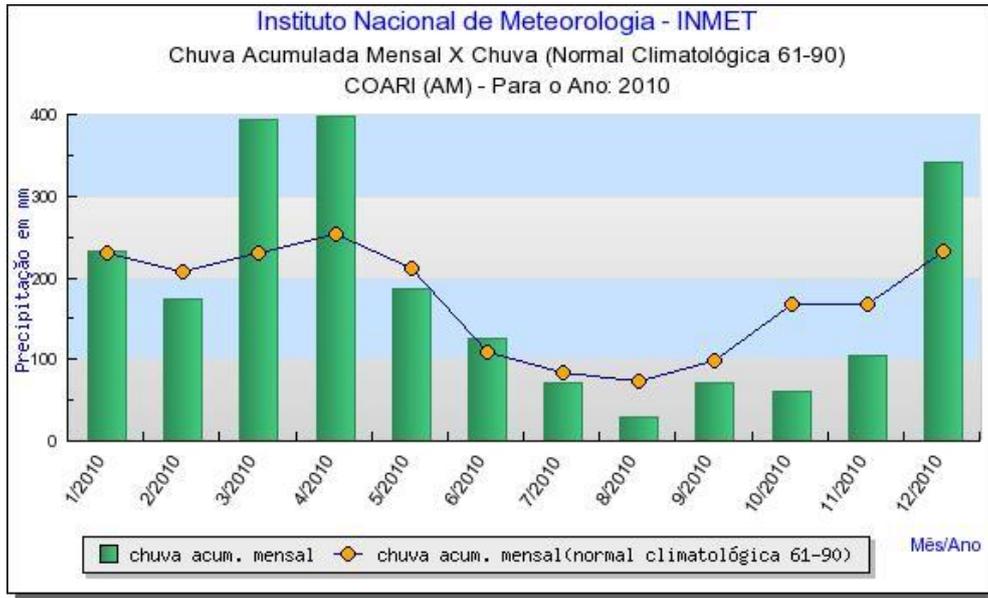


Figura 1: Índice de pluviosidade acumulada em Coari - AM, ano 2010. (Fonte: INMET, 2010).

Os solos são constituídos por sedimentos da formação do Solimões, onde ocorrem duas associações predominantes de classes de solos, sendo estes, podzólico vermelho amarelado álico e podzólico vermelho amarelado álico plântico e podzólico vermelho amarelado álico plântico e hidromórfico cinzento álico (RADAM-BRASIL, 1978). A vegetação natural é do tipo floresta alta e densa de terra firme.

2.2. Coleta dos solos e raízes

A coleta de amostra de solos e raízes foi realizada na rizosfera de cada uma das espécies, na profundidade de 0-10 cm, para a análise de fertilidade (Embrapa, 1997). Foram realizadas 2 coletas, com cinco repetições, para as avaliações de análise química e colonização micorrízica arbuscular das espécies componentes das clareiras. As coletas foram realizadas nas seguintes épocas: maio e novembro de 2010, no município de Coari, Província Petrolífera de Urucu. Após cada coleta o material foi acondicionado em sacos plásticos, identificado e transportado à sombra, evitando o aquecimento pela exposição ao sol.

2.3. Pontos de coletas

Foram coletadas amostras de 17 espécies florestais no interior e nas bordas de 8 clareiras (tabela 2), sendo: RUC 40, LUC 22, JAZ 5, no período chuvoso (maio) e RUC 37H, JAZ 21, JAZ 14, RUC 21/24 e JAZ 44 no período seco (novembro) do ano de 2010.

Tabela 2: 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, matapasto, faveira orelha de macaco, palheteira, abiurana, açai, 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, matapasto, açai, sucupira, buriti, bacaba, angico, angelim pedra, arapari, acapurana, copaiba, 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, ucuúba, mututi, embaúba, jatobá, andiroba, azeitona e angico.
RUC 21/24	0,82	ju/95	10	Seco	Lacre, goiaba de anta, angico, visgueiro, embaúba, abiurana, azeitona, abiurana, ingá e sucupira.
JAZ 14	0,39	jul/01	24	Seco	Pau de balsa, buriti, patauí, goiaba de anta, lacre, açai, angico, faveira, seringueira, ingá, palheteira, acapurana, andiroba, mari-mari, jatobá, vermelhinho, mututi, angelim pedra, visgueiro, pau d'arco, bacaba, embaúba, azeitona e matapasto.

Fonte: Adaptado Conspiza (PETROBRAS, 2010).

2.4. Análise química dos solos

As amostras de solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se assim, a terra fina seca ao ar (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 H₂O na proporção solo: solução de 1:2,5 e as leituras das amostras foram realizadas no potenciômetro.

Para as determinações do Ca, Mg e Al foram realizadas extrações com KCl 1 M. O Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). O Al foi determinado por titulação com NaOH. Para as determinações do P, K, Zn, Mn e Fe foram realizadas extrações com solução de Mehlich 1 (HCl 0,05 M + H₂SO₄ 0,0125 M). O P foi determinado em espectrofotômetro por colorimetria com molibdato de amônia e ácido ascórbico. O K, Zn, Mn e Fe foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

2.5. Avaliação dos fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das plantas

Foram utilizadas cinco espécies com cinco repetições de cada espécie, totalizando 25 plantas por clareira, coletando solo e raízes, colhendo-se aproximadamente 200 mg de raízes finas (<2mm de diâmetro) de cada planta. Para avaliar a colonização micorrízica, 50 segmentos de raízes foram lavados e clarificados com KOH a 10% e coradas em lactoglicerol com azul tripano para auxiliar na visualização das hifas, vesículas e arbúsculos. Adotou-se o método da lâmina para quantificar a percentagem de colonização radicular com o auxílio de lupa e microscópio, segundo Kormanik *et al.* (1980).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos critérios de Cochran *et al.* (1985), as análises dos teores de macronutrientes nos solos das clareiras/jazidas amostradas no presente estudo se mostraram ácidos (tabela 3). Os teores de Ca e Mg apresentaram valores medianos a baixos nos solos amostrados. Os teores medianos desses dois elementos nos solos da RUC 40 e LUC 22 sugerem o uso de calcário dolomítico.

Tabela 3. Características químicas dos solos amostrados das clareiras cultivadas na Província Petrolífera de Urucu em maio/2010.

Época	Local	pH (H ₂ O)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Mn
			----- cmolc.kg ⁻¹ -----			-----g.kg ⁻¹ -----				
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

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

No entanto, a aplicação deste também poderia auxiliar na redução da acidez do solo, elevando o pH, o que não foi observado, uma vez que o pH foi baixo em todos os solos amostrados e os teores de Al altos, sugerindo que a calagem não foi feita recentemente, persistindo na época da coleta dos solos, apenas o efeito residual da mesma nos teores de Ca e Mg. Foram encontrados valores medianos de K nos solos estudados, com exceção na JAZ 5 considerado baixo (<0,15 cmolc.de K.kg-1 de solo). Quanto aos teores de P, observou-se elevados teores na Jazida 5, indicando sua aplicação na forma de adubo, interferindo, inclusive, na disponibilidade de Al nesse solo.

Com relação aos micronutrientes, observou-se elevados teores de Fe nos três solos analisados, enquanto que os de Zn e Mn foram baixos, exceto o de Zn no solo da clareira RUC 40, considerado suficiente. Os baixos teores de zinco podem ser reflexo da retirada da camada superficial do solo e diminuição drástica da matéria orgânica. Quanto aos teores de manganês, todas as jazidas/clareiras amostradas se apresentaram com índices baixos desse elemento, segundo os critérios de Cochran *et al.* (1985).

Tabela 4. Colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies cultivadas dentro das clareiras na Província de Urucu em maio/2010.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Vesículas	Col.
		----- % -----		
RUC 40	Azeitona (<i>Sizygium 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
	Médias da RUC 40	3,6	26,0	26,2
LUC 22	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>Sizygium 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
	Médias da LUC 22	2,7	14,6	16,0
Jazida 5	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
	Médias da Jazida 5	4,1	16,4	16,4

A colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das espécies amostradas 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 (tabela 4). A palheteira não apresentou colonização por FMA. 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.

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. Levantamentos indicam

que 80% das famílias de plantas apresentam espécies que formam micorrizas arbusculares (Berbara *et al.*, 2006). 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.

A análise das colonizações por espécie em cada clareira/jazida, distinguindo as estruturas dos fungos (hifas e vesículas, pois não houve presença de arbúsculos), aponta que as colonizações radiculares por FMA não ultrapassaram 10% para hifas e variaram entre 0,0% e 44,4% para vesículas.

Ao analisarmos os dados por clareiras/jazidas, observa-se que as espécies vegetais coletadas no RUC 40 apresentaram médias 3,6%, 26,0% e 26,2% e nas coletas do LUC 22 médias 2,7%, 14,6% e 16,0 respectivamente para hifas, vesículas e colonização total, sendo os primeiros índices, os maiores e os últimos os menores nas médias das plantas analisadas de espécies cultivadas dentro das clareiras.

As hifas são consideradas as principais estruturas que auxiliam as raízes em absorverem água e nutrientes do solo, enquanto que as vesículas são estruturas de reserva dos fungos. 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, 2006). Com relação à taxa de colonização por vesículas, as maiores taxas foram obtidas na coleta do RUC 40, azeitona e mata pasto.

Apesar de todas as espécies vegetais terem sido coletadas no período chuvoso, média pluviométrica para o mês por volta de 190 mm de chuvas (figura 1), as taxas de colonização não foram satisfatórias para o período. Desta forma, algum fator ligado ao solo, às plantas e aos fungos, assim como à interação entre eles pode ter influenciado negativamente a colonização radicular por FMA nessa coleta amostrada na tabela 4.

Na tabela 5, ao se analisar as ocorrências de hifas, que são as estruturas do fungo capazes de estender o alcance do sistema radicular para absorverem água, nutrientes e compostos orgânicos entre a planta e o fungo do solo, observa-se que suas presenças são muito baixas em todas as espécies vegetais avaliadas, não ultrapassando 7,0 % de taxa de colonização.

Tabela 5. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies nativas às margens das clareiras na Província de Urucu em maio/2010.

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Vesículas ----- % -----	Col.
RUC 40	Envira (<i>Xylopia bentamii</i> R. E. Fries)	4,0	0,0	4,0
	Ucuúba branca (<i>Virola 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
	Médias da RUC 40		2,6	0,4
LUC 22	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
	Médias da LUC 22		3,8	0,6
Jazida 5	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. paniculata M. F. Silva)	2,0	0,0	2,0
	Médias da Jazida 5		3,2	0,6

A espécie vegetal pau mulato foi quem apresentou maior taxa de colonização total e as menores taxas (2,0%) foram obtidas pela 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, sendo as espécies vegetais estudadas, pouco beneficiadas por esta simbiose.

É importante mencionar que a dependência micorrízica de uma planta varia com a espécie de fungo inoculada; para uma mesma planta, a resposta pode variar desde zero até altamente positiva (Sieverding, 1991).

A diferença na taxa de colonização total a partir da localidade de coleta dos dados (dentro ou nas margens) aponta que uma mesma clareira pode apresentar

ambientes variados, diversos fatores podem afetar a colonização micorrízica em raízes de plantas, estando entre eles as características do solo, a espécie vegetal (Lovato *et al.*, 1992), a incidência de luz (Gehring, 2003) e a disponibilidade de água (Entry *et al.*, 2002). Os efeitos da intensidade luminosa podem afetar os níveis de colonização micorrízica e as respostas de crescimento de plantas (Smith e Gianinazzi-Pearson, 1990).

Tanto a ausência como o baixo nível de colonização micorrízica registrados nesse estudo têm sido 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. Em estudos anteriores em clareiras e jazidas de Urucu, Moreira (2006) também observou essas baixas ocorrências de hifas fúngicas nas raízes das plantas.

Segundo Siqueira *et al.* (1989), o uso da terra pode exercer efeitos diferenciados sobre os FMAs, podendo causar modificação na estrutura das comunidades fúngicas, alterando a distribuição e dominância das espécies, sendo às alterações bióticas e abióticas do ambiente edáfico uma possível explicação para as baixas porcentagens de colonização por FMA em Urucu.

A predominância de baixos índices de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares na maioria das espécies estudadas são um indicativo de que as condições edafoclimáticas e as características genéticas das plantas e fungos não favorecem essa simbiose plantas-fungos nas áreas estudadas e na época amostrada. (Oliveira *et al.*, 1999; Oliveira e Oliveira, 2003; 2004; 2005 a,b; Moreira, 2006).

Com relação aos resultados das análises nos solos das clareiras/jazidas amostradas na tabela 6, o pH em H₂O varia entre 3,9 a 4,8, caracterizando o caráter extremamente ácido destes solos.

Tabela 6. Características químicas dos solos amostrados das clareiras na Província Petrolífera de Urucu em novembro/2010

Época	Local	pH (H ₂ O)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Mn
			----- cmolc.kg ⁻¹ -----			----- g.kg ⁻¹ -----				
nov/10	RUC 37H	4,8B	2,96M	0,37M	1,8 ^a	0,21M	3,2M	318A	1,9B	1,2B
nov/10	Jazida 44	3,9B	1,20M	0,16B	0,1B	0,15M	13,1 A	323A	0,7B	0,6B
nov/10	Jazida 21	4,2B	3,80M	0,69M	2,2 ^a	0,39A	675,3 A	240A	30,1B	3,7B
nov/10	RUC 21/24	4,3B	3,88M	0,29M	4,1 ^a	0,24M	1,7B	379A	4,3B	2,8B
nov/10	Jazida 14	4,5B	2,81M	0,32M	2,5 ^a	0,17M	6,6M	322A	3,0B	0,1B

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

Os teores de Ca e Mg são considerados médios segundo Cochran *et al.* (1985), sendo bem superiores aos encontrados naturalmente nos solos daquela área, conforme documentado por Moreira (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 estão altos, pode-se inferir que as doses desse corretivo foram baixas ou então, sua aplicação foi há muito tempo atrás, mantendo-se apenas um efeito residual na forma de teores mais 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 e Al reforçam as observações de Cochran ; Sanchez (1982), que afirmam que 70% dos solos da região amazônica são ácidos e apresentam toxicidade causada pelos elevados teores de Al.

Os teores médios e altos dos dois macronutrientes K e P e, do micronutriente Fe, segundo os valores estabelecidos por Cochran *et al.* (1985), reforçam a observação de que essas áreas foram também adubadas. 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 podem ser reflexo da retirada da camada superficial do solo e diminuição drástica da matéria orgânica.

A colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das espécies amostradas em novembro de 2010 dentro das clareiras variou entre 4,0 e 58,0% (tabela 7). A sucupira apresentou a maior taxa de colonização, seguida pelo angico com 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 e Robson, 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%;

Siqueira (1994) afirma que os níveis de fósforo no solo interferem na colonização radicular por FMAs e que os efeitos deste nutriente na colonização diferem entre as espécies. Por essa razão, segundo o autor, a quantidade de P requerida para inibir a colonização depende da capacidade de absorção e translocação pela espécie vegetal.

As demais espécies, com exceção da goiaba de anta, 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 no mês de novembro os índices pluviométricos são pequenos (<100mm/mês) 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 taxa bem inferiores em relação à taxa de colonização por vesículas, exceto a sucupira que mostrou igualdade entre colonização de hifas e vesículas no percentual de 43,6%.

A colonização radicular por hifas variou de 0,0% a 43,6%, com as menores taxas ocorrendo no RUC 37H e as maiores no RUC 21/24. Foi nesta clareira onde se observou o menor teor de P, ser fator determinante para a maior colonização de hifas das espécies vegetais.

Tabela 7. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies cultivadas dentro das clareira na Província de Urucu em novembro/2010

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas	Ves. %	Col.
RUC 37H	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
	Médias da RUC 37H	2,1	9,1	9,1
Jazida 44	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
	Médias da Jazida 44	4,2	31,5	31,5
Jazida 21	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
	Médias da Jazida 21	4,1	16,4	16,4
RUC 21/24	Goiaba de anta (<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	6,8	48,8	48,8
	Ingá (<i>Inga edulis</i>) Mart.	0,0	10,8	10,8
	Azeitona (<i>Sizygium jambolana</i> DC.)	1,6	13,6	13,6
	Lacre (<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	1,6	13,2	13,2
	Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i>) Spruce	43,6	43,6	58,0
	Médias da RUC 21/24	10,7	26,0	26,0
Jazida 14	Pau d'arco (<i>Tabebuia serratifolia</i>) (vahl) Nich.	0,0	9,6	9,6
	Andiroba (<i>Carapa guianensis</i>) Aublet	4,0	16,0	16,0
	Vermelhinho (<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin ; Barneby)	6,4	21,2	21,2
	Mata pasto (<i>Senna reticulata</i>) (Willd.) H. S. Irwin ; Barneby	8,4	20,0	20,0
	Açaí (<i>Euterpe oleracea</i>) Mart.	13,2	20,8	22,8
	Médias da Jazida 14	6,4	17,5	17,5

A colonização radicular com vesículas variou de 4,0% a 50,7 e assim como as hifas, as menores taxas foram obtidas no RUC 37H e em contrapartida as maiores foram atingidas 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 dm³ 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, 1991). No entanto, os mecanismos pelo qual o P regula o desenvolvimento da simbiose micorrízica ainda não são conhecidos (Kiriachek *et al.*, 2009).

A colonização micorrízica das coletas realizadas nas mesmas áreas da tabela 7, porém às margens das clareiras (Tabela 8), foi de 5,4% a 12,0%, taxas bem menores em relação às coletas realizadas no mesmo período, dentro das clareiras.

A maior colonização por hifas ocorreu no jító, seguido pelo aracá com 11% e uchi morcego 8%. As menores colonizações com essas estruturas foram encontradas na seringueira, abiurana e sucupira, 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 do RUC 37H, todas as espécies vegetais amostradas dentro das clareiras (tabelas 5 e 7) apresentam taxas de colonização total micorrízica superior as mesmas espécies amostradas as margens das clareiras (tabelas 6 e 8), 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.

Tabela 8. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies nativas as margens das clareiras na Província de Urucu em novembro/2010

Clareira/ Jazida	Espécies	Hifas -----	Ves. %	Col. -----
RUC 37H	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 burchelii</i> Kosterm.)	4,0	3,0	7,0
	Médias da RUC 37H		6,4	5,6
Jazida 44	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
	Médias da Jazida 44		4,4	1,2
Jazida 21	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
	Médias da Jazida 21		3,8	2,4
RUC 21/24	Moela de mutum (<i>Lacunaria macrostachya</i> (Tul.) A. C. Smith)	4,0	0,0	4,0
	Abiurana (<i>Lacunaria acreana</i> Ducke)	2,0	0,0	2,0
	Araçá (<i>Myrcia graciliflora</i> Sagot.)	11,0	4,0	15,0
	Barrote (<i>Tetragastris panamensis</i> O. Kuntze)	3,0	1,0	4,0
	Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i>) Spruce	2,0	0,0	2,0
	Médias da RUC 21/24		4,4	1,0
Jazida 14	Breu vermelho (<i>Protium tenuifolium</i> Engl.)	4,0	0,0	4,0
	Ingarana (<i>Quararibea ochrocalyx</i> Visch.)	5,0	0,0	5,0
	Paineira (<i>Ochroma lagopus</i> Sw.)	6,0	2,0	8,0
	Uchi de morcego (<i>Humiriastrum cuspidatum</i> (Benth.) Cuatr.	8,0	2,0	10,0
	Muirapiranga <i>Eperua duckeana</i> (Benth.)	3,0	4,0	7,0
	Médias da Jazida 14		5,2	1,6

VI. CONCLUSÕES

A maioria dos solos das clareiras e jazidas analisadas apresentou elevada acidez e baixa fertilidade, com alguns apresentando indicação de adubação, principalmente com Ca, Mg, K e P.

Os baixos índices de hifas encontrados sugerem que a simbiose com os fungos pouco ou nada contribuem para a nutrição das plantas.

A única exceção foi com a sucupira na RUC 21/24, onde as hifas ocorreram em 43,6% das raízes, sugerindo alguma contribuição para a absorção de água e nutrientes do solo.

CAPÍTULO 2

COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FMA E CONDIÇÕES NUTRICIONAIS DAS MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DO VIVEIRO DA BASE DE OPERAÇÕES GEÓLOGO PEDRO DE MOURA

1. INTRODUÇÃO

A utilização de espécies nativas para reflorestamento ou recomposição florística de áreas desmatadas em Urucu é um processo usado pela Petrobras de grande importância para reverter o impacto ambiental e conservar a biodiversidade. O rápido declínio da fertilidade do solo, com deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas, é um grande obstáculo para a regeneração natural da floresta e para os programas de revegetação (Alfaia e Oliveira, 1997; Moraes, 2003; Falcão *et al.*, 2005), principalmente nas clareiras de Urucu, onde a camada superficial geralmente é removida para a perfuração dos poços.

Devido à baixa fertilidade natural e ao baixo potencial de inoculo, de microrganismos benéficos para as plantas no solo, como os fungos micorrízicos, na maioria das áreas destinadas ao reflorestamento, o conhecimento sobre a capacidade das espécies em formar simbioses com certos fungos do solo 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).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nas mudas do viveiro de Urucu usadas na restauração das clareiras e jazidas e a ocorrência de correlação entre as taxas de colonizações micorrízicas e os teores de nutrientes das mudas do viveiro de Urucu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e descrição das áreas estudadas

A área de estudo é a Província Petrolífera do Rio Urucu, Base Operacional Geólogo 'Pedro de Moura' – BOGPM, explorada pela Petrobras na extração de gás natural e petróleo na Amazônia, sob as coordenadas geográficas: 4° 30'S e 64° 30 'W, distante aproximadamente 650 km em linha reta de Manaus, localizada na bacia do rio Urucu, afluente da margem direita do rio Solimões, no município de Coari, Estado do Amazonas (PETROBRAS, 2008).

A precipitação em Urucu é alternada entre uma estação chuvosa de dezembro a maio e estação seca de junho a novembro. A distribuição média anual da precipitação é em torno de 2250 mm (figura 1). Há uma pequena variação térmica entre os meses do ano, oscilando entre 25,2 C° e 26,2 C° (Ribeiro *et al.*, 2006). O clima é do tipo Afi pela classificação de Köppen, constantemente úmido, correspondendo ao clima de floresta tropical.

2.2. Coleta das mudas

Foram coletadas cinco mudas de 40 espécies florestais ou frutíferas, sendo 20 espécies no período seco (junho/2009) e 20 espécies no período chuvoso (janeiro/2010) (tabelas 9 e 11), presentes no viveiro da Base Petrolífera Geólogo 'Pedro de Moura'. Destas mudas foram analisados o tamanho da raiz (tendo como critério a raiz de maior tamanho), a massa seca da raiz e da parte aérea e a altura da parte aérea.

A altura da parte aérea e o tamanho da raiz foram obtidos com régua, e o diâmetro do colo foi obtido com paquímetro. Todas as plantas foram utilizadas na obtenção das massas fresca e seca, com o emprego de uma balança de precisão de 0,01g. A massa seca das plantas foi obtida pela secagem do material armazenado em sacos de papel, em estufa a 70 °C (BOHM, 1979).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 5 repetições por cada muda analisada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as

médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os teores foliares de macro e micronutrientes do solo, bem como a presença de fungos micorrízicos nas raízes também foram avaliados.

Para avaliar a colonização micorrízica, 50 segmentos de raízes foram lavados e clarificados com KOH a 10% e coradas em lactoglicerol com azul tripano para auxiliar na visualização das hifas, vesículas e arbúsculos. Adotou-se o método da lâmina para quantificar a percentagem de colonização radicular com o auxílio de lupa e microscópio, segundo Kormanik *et al.* (1980).

As raízes tiveram suas taxas de colonização avaliadas através do método de Brundrett *et al.* (1994). Nesta etapa, as raízes coloradas foram colocadas em lâminas para observação ao microscópio óptico, modelo Zeiss, utilizando o aumento de 10 vezes. Foram consideradas colonizações positivas, a presença de hifas, vesículas e esporos observados no interior da epiderme da raiz.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as mudas das espécies avaliadas em junho de 2009 (período seco) estavam com suas raízes colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares, por vesículas, hifas ou ambas (tabela 9). No entanto, predominou a ocorrência de vesículas, que são estruturas das células estruturas globosas ou alongadas do córtex para armazenamento de energia do fungo simbiote da planta, ricas em lipídeos, o que sugere tratar-se de órgãos de reserva (Bonfane-Fasolo, 1984) podendo ter sua formação dentro ou fora das células do córtex (Siqueira *et al.*, 2002).

Ao se analisar as ocorrências de hifas, que são as estruturas do fungo capazes de estender o alcance do sistema radicular para absorverem água e significativo impacto sobre a estruturação e estabilidade de agregados em solos (Jastrow *et al.*, 1998), nutrientes compostos orgânicos entre a planta e o fungo do solo, observa-se que suas presenças são muito baixas ou ausentes na maioria das espécies vegetais avaliadas. Os maiores valores foram de 21,2% das raízes de jacarandá violeta e 12,8% no buriti. Nas demais espécies, os valores encontrados foram inferiores a 8% das raízes.

Esses resultados são semelhantes aos observados em condições de campo nas clareiras e jazidas de Urucu, confirmando assim, que a pouca ocorrência dessa simbiose nas áreas desmatadas para a prospecção de petróleo e gás natural é proveniente do sistema de preparo das mudas que não favorece essa associação plantas-fungos micorrízicos arbusculares.

Os baixos percentuais de colonização micorrízica é um indicativo de que as condições edafoclimáticas e as características genéticas das plantas e fungos não favorecem essa simbiose plantas-fungos e pode ser um indicativo da falta de associação das plantas por não emitirem novas raízes nesse período. A presença predominante de vesículas pode significar que os fungos micorrízicos arbusculares estão na fase de armazenamento de energia para seu próprio uso, sem contribuírem efetivamente para a nutrição das plantas, uma vez que essa contribuição vem através da presença e extensão de suas hifas (Siqueira e Franco 1988).

Tabela 9. Relação das espécies de mudas analisadas em Urucu e respectivas porcentagens de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em junho 2009

Nome comum	Nome científico	Família botânica	Colonização micorrízica	
			Hifas	Vesículas
			----- % -----	
Açaí da mata	<i>Euterpe edulis</i> Mart	Arecaceae	3,2	26,4
Açaí branco	<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	Arecaceae	7,6	61,6
Patoá	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	Arecaceae	0,0	10,0
Bacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart	Arecaceae	3,6	3,2
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	6,4	12,0
Buritirana	<i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	Arecaceae	0,8	58,0
Camu-camu	<i>Myrciaria dubia</i> H. B. K. (McVough)	Myrtaceae	2,0	19,2
Pizzifeira	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	Arecaceae	7,2	38,0
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	0,0	40,0
Tento	<i>Ormosia nobilis</i> Tul.	Fabaceae	0,0	4,8
Bacuri	<i>Scheelea phalerata</i> Mart.	Arecaceae	0,0	3,2
Buriti	<i>Mauritia flexuosa</i> Linn. F.	Arecaceae	12,8	49,6
Ingá de macaco	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	Fabaceae	0,0	7,2
Ingá gurgel	<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae	0,0	3,2
Ingá laurina	<i>Inga rubiginosa</i> (Rich.) DC	Fabaceae	0,8	7,2
Jacarandá violeta	<i>Dalbergia nigra</i> Allem. Ex. Benth.	Fabaceae	21,2	38,0
Abiurana	<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires	Sapotaceae	0,0	3,2
Vermelhinho	<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin ; Barneby	Fabaceae	0,0	42,0
Pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Bignoniaceae	0,0	78,8
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	0,0	38,0

Apesar de ter sido realizada na época seca, deve ser considerado que nesse período chove em toda a região, embora com menos intensidade que na época chuvosa e, nos dias de falta de água, as mudas são irrigadas no viveiro, eliminando a possibilidade da umidade ser um fator influenciador na associação plantas-fungos das mudas.

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 (Oliveira *et al.* 1999, 2003a,b; Zangaro *et al.* 2000; Feldmann *et al.*, 2002) 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.

Ao se analisar os teores de macro e micro nutrientes no solo (substrato) usado para a produção de mudas (tabela 10), observa-se valores médios a altos de Mg, sugerindo a aplicação de algum adubo contendo esse elemento, como o sulfato ou cloreto de Mg. Não há razão para supor a aplicação, pelo menos recente, de calcário dolomítico, uma vez que o pH das amostras analisadas e são baixos em todas elas e, os teores de Ca são baixos na maioria das mesmas. Os elevados teores de Al reforçam essa suposição.

Por outro lado, os teores médios a altos de K fazem supor a aplicação desse elemento na forma de adubo, enquanto que os elevados teores de P indicam a sua aplicação no substrato usado para o desenvolvimento das mudas, possivelmente com traços de Fe, uma vez que os teores desse microelemento são elevados no substrato.

Elevados teores de P e Fe podem influenciar negativamente a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (Siqueira e Franco, 1988; Smith e Read, 1997), o que poderia explicar, pelo menos em parte, essa ausência ou baixa ocorrência de hifas fúngicas nas raízes das mudas nos substratos de solos usados.

Tabela 10. Características químicas das amostras de solos das mudas cultivadas no viveiro da Província Petrolífera de Urucu em junho/2009

ESPÉCIES	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Mn
	H ₂ O	-----cmolc.kg-----				-----mg.kg-----			
Açaí da mata	4,8B	0,22B	1,01M	3,0A	0,18M	22,5A	386 A	0,1B	3,2B
Açaí branco	4,0B	0,53M	2,74A	3,6A	0,16M	52,9A	112 A	0,2B	1,2B
Patoá	4,1B	0,20B	0,30M	5,2A	0,17M	21,9A	270 A	0,1B	1,7B
Bacaba	3,8B	0,33B	0,46M	2,6A	0,50A	28,9A	314 A	0,1B	1,6B
Genipapo	4,2B	0,08B	0,54M	4,2A	0,15B	9,8M	373 A	0,1B	2,0B
Buritirana	4,1B	0,34B	0,71M	2,9A	0,19M	38,5A	63S	0,1B	3,2B
Camu-camu	4,2B	0,34B	0,70M	2,1A	0,05B	34,0A	327 A	0,3B	3,8B
Pizzifeira	3,9B	0,15B	0,56M	2,3A	0,36M	15,2A	85S	0,1B	1,7B
Jatobá	3,9B	0,25B	0,61M	4,3A	0,15B	25,0A	64S	0,2B	0,7B
Tento	3,8B	0,30B	0,77M	3,2A	0,16M	24,8A	368 A	0,1B	1,3B
Bacuri	4,1B	0,31B	0,60M	4,2A	0,33M	30,3A	301 A	0,1B	2,2B
Buriti	3,8B	0,16B	0,36M	5,3A	0,28M	16,4A	69S	0,2B	2,9B
Ingá de macaco	4,0B	0,38B	1,15A	3,5A	0,44A	38,9A	370 A	0,2B	3,3B
Ingá Gurgel	4,1B	0,28B	0,61M	3,5A	0,34M	28,8A	250 A	0,3B	1,6B
Ingá laurina	4,1B	0,17B	0,95A	4,3A	0,27M	17,9A	486 A	0,2B	1,0B
J. Violeta	3,9B	0,38B	0,77M	2,5A	0,32M	38,5A	255 A	0,1B	1,8B
Abiurana	4,2B	0,20B	0,55M	2,3A	0,43A	20,3A	264 A	0,1B	3,1B
Vermelhinho	4,5B	0,23B	0,47M	2,4A	0,17M	24,0A	290 A	0,1B	1,1B
Pau d'arco	4,0B	0,43M	0,86M	2,5A	0,15B	43,3A	307 A	0,4B	2,1B
Jatobá	3,8B	0,37B	0,95A	2,2A	0,58A	32,0A	299 A	0,2B	1,3B

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

As colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares em janeiro de 2010 (tabela 14) foram bastante semelhantes às observadas em junho de 2009. Apenas o pau de balsa (18,4%) apresentou uma colonização radicular por fungos radiculares acima de 2% das raízes, se forem consideradas as hifas. A maioria das espécies não apresentou essa estrutura fúngica nas raízes.

Os resultados obtidos pelas médias das medidas de altura e diâmetro e massa seca da raiz e da parte aérea de mudas coletadas em julho de 2009 se encontram na tabela 11. Com relação ao diâmetro, somente o tento diferiu estatisticamente (Tukey 0,05) das demais. Na análise da altura, a goiaba de anta, carapanaúba, taperebá e inga de sapo formam um grupo que se assemelha estatisticamente, sendo diferente das demais espécies. O cardeiro apresentou diferença significativa com relação a todas as espécies submetidas à análise estatística de Tukey (5%). Na análise da biomassa da massa seca da raiz, o taperebá e o ingá de macaco diferiram das demais espécies. Quanto à biomassa seca da parte aérea, o cardeiro diferiu das demais espécies.

Tabela 11. Diâmetro e alturas e massa seca da raiz e da parte aérea de mudas coletadas no viveiro na Província de Urucu no período seco em julho de 2009.

Nome comum	Nome científico	Família	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Massa seca da raiz (g)	Massa seca da parte aérea (g)
Angico	<i>Pithecellobium trapezifolium</i> (Vahl.) Benth.	Leguminosae mimosoideae.	5,10 dj	18,8 fi	0,30 c	1,40 def
Lacre	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Clusiaceae	4,16 gj	20,2 fi	0,90 c	2,04 cdef
Pau de balsa	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urban	Angiospermae Malvaceae	5,53 ci	20,4 fi	0,98 c	2,37 cdef
Visgueiro	<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	Fabaceae	4,45 fj	17,2 ghi	0,53 c	1,33 ef
Sucupira	<i>Diploptropis martiusii</i> Benth.	Fabaceae	4,59 ej	23,8 eh	0,71 c	1,94 cdef
Goiaba de anta	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	Melastomataceae	3,53 ij	37,8 bcd	0,28 c	1,77 cdef
Omecia	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.)	Burseraceae	4,79 ej	29,8 def	0,73 c	3,57 bcde
Breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	Burseraceae	4,43 fj	27,6 dg	0,35 c	1,62 cdef
Tento	<i>Ormosia costulata</i> (Miq.) Kleinh.	Leguminosae papilionoideae	7,6 bcd	20,8 fi	1,11 c	2,85 bcdef
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	Bombacaceae	12,97 a	94,4 a	5,65 bc	8,68 a
Angelim pedra	<i>Diniza excelsa</i> Ducke	Leguminosae mimosoideae.	4,45 fj	10,4 i	1,60 c	1,39 def
Carapanaúba	<i>Aspidosperma carapanauba</i> Pichon	Apocynaceae	9,03 b	43,4 bc	1,88 c	2,67 bf

Fava velutina	<i>Parkia velutina</i> Benoist	Leguminosae papilionoideae	6,72 bf	18,0 fi	1,37 c	2,29 cf
Taxi preto	<i>Tachigalia paniculata</i> Aiubl	Leguminosae caesalpinioideae	3,62 hij	13,8 hi	0,46 c	1,61 cf
Mari-mari	<i>Cassia leiandra</i> Benth.	Leguminosae caesalpinioideae	2,63 j	34,2 cde	0,23 c	0,64 f
Taperebá	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	7,13 be	45,4 bc	18,74 a	4,21 bcd
Angelim da mata	<i>Hymenolobium sericeum</i> Ducke	Leguminosae papilionoideae	6,12 ch	25,0 eh	1,33 c	3,55 b-e
Mungubarana	<i>Pachira aquatica</i> Aubl	Bombacaceae	7,91 bc	19,0 fi	1,56 c	1,29 ef
Maparajuba	<i>Manilkara amazonica</i> (Hub.) Standl	Sapotacea	4,31 fj	18,6 fi	0,44 c	0,89 ef
Ingá de macaco	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	Leguminosae mimosoideae.	6,26 cg	35,4 be	12,30 ab	5,37 b
Ingá de sapo	<i>Zygia inaequalis</i> (Humb. ; Bonpl. ex Willd.)	Leguminosae mimosoideae	5,45 ci	46,6 b	1,18 c	4,38 bc
Ingá peludinha	<i>Inga scabriuscula</i> Benth	Leguminosae mimosoideae	4,76 ej	36,0 be	1,39 c	2,70 bf

Obs. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A intensidade de raízes com vesículas também foi menor, de um modo geral, da observada em junho de 2009. Somente quatro espécies apresentaram mais de 20% das raízes com essas estruturas fúngicas, em contraste com nove em junho.

Ao se verificar as análises químicas dos solos dessas mudas (tabela 12), observou-se a mesma situação da ocorrida em junho, exceto para o substrato usado com angelim da mata, que estava com pH 5,5 e Al baixo, embora os teores de Ca e Mg não sugeriram a aplicação de calcário.

Tabela 12. Relação das espécies de mudas analisadas em Urucu e respectivas porcentagens de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em janeiro/2010

Nome comum	Nome científico	Família botânica	Colonização Micorrízica	
			Hifas	Vesículas
			----- % -----	
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	Fabaceae	0,4	2,4
Lacre	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	Clusiaceae	0,0	58,4
Pau de balsa	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urban.	Bombacaceae	18,4	55,2
Visgueiro	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp	Fabaceae	0,8	17,6
Goiaba de anta	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Melastomataceae	0,0	9,6
Breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March	Burseraceae	0,8	9,6
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	Bombacaceae	0,0	17,6
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Fabaceae	0,0	0,8
Carapanauba	<i>Aspidosperma nitidum</i> Benth. Ex Müll. Arg.	Apocynaceae	0,8	14,4
Fava velutina	<i>Erythrina velutina</i> Willd	Fabaceae	0,0	1,2
Taxi preto	<i>Tachigalia paniculata</i> Aublet	Fabaceae	0,0	1,6
Mari-mari	<i>Cassia grandis</i> L.	Fabaceae	0,0	0,0
Taperebá	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	1,6	46,4
Ameslão	<i>Trattinnickia Burseraefolia</i> Mart.	Burseraceae	0,0	0,0
Angelim da mata	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Fabaceae	0,0	14,0
Mungubarana	<i>Bombacopsis nervosa</i> (Vitt.) Robyns	Bombacaceae	0,0	44,8
Maparajuba	<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standley	Sapotaceae	0,0	0,0
Ingá de macaco	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	Fabaceae	0,0	8,0
Ingá de sapo	<i>Inga pizizifera</i> Benth.	Fabaceae	0,0	2,8
Ingá peludinha	<i>Inga rubiginosa</i> (Rich) DC.	Fabaceae	0,0	6,8

Na tabela 13, que mostra as médias das medidas de altura e diâmetro e massa seca da raiz e da parte aérea de mudas coletadas em janeiro de 2010, o diâmetro das espécies açai da mata, bacaca, buritirana e buriti se assemelham significativamente entre si e diferem estatisticamente das demais espécies analisadas. Todos os resultados de viabilidade obtidos com relação à altura e biomassa da massa seca não apresentaram diferenças significativas, com exceção da espécie de tento e pau d'arco respectivamente. A biomassa seca da parte aérea não apresentou diferença em nenhuma espécie avaliada.

Tabela 13. Medidas de diâmetro e alturas e massa seca da raiz e da parte aérea de mudas coletadas no viveiro na Província de Urucu no período chuvoso em janeiro de 2010.

Nome Comum	Nome científico	Família	Diâmetro (mm)	Alturas (cm)	Massa seca da raiz (g)	Massa seca da parte aérea (g)
Açaí da mata	<i>Euterpe precatoria</i> Martt.	Arecaceae	11,96 a	34,60 abcde	2,83 bc	3,13 bcdef
Patoá	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	Arecaceae	7,51 cd	9,80 j	1,01 cde	2,52 cdef
Bacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Arecaceae	10,90 ab	25,80 efghi	0,89 cde	3,60 bcd
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	7,05 cde	21,20 fghij	3,37 b	3,21 bcdef
Buritirina	<i>Mauritia huebneri</i> Mart,	Arecaceae	11,91 a	28,20 defg	1,48 bcde	3,53 bcde
Camu-camu	<i>Myrciaria dubia</i> H. B. K. (McVough)	Myrtaceae	5,64 defg	22,60 efghij	2,27 bcde	1,34 ef
Ingá de macaco	<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Leguminosae mimosoideae.	4,66 fgh	39,80 abcd	0,37 e	3,28 bcdef
Açaí-branco	<i>Euterpe olearacea</i> Mart.	Arecaceae	9,33 bc	33,20 bcdef	1,73 bcde	3,03 bcdef
Bacuri cascudo	<i>Rheedia acuminata</i> Planch. ; Triana	Guttiferae	4,24 fgh	13,40 ij	0,59 de	1,57 def
Ingá-sapo	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart	Leguminosae mimosoideae.	5,85 def	44,60 ab	0,68 de	4,22 abc

Buriti	<i>Mauritia flexuosa</i> L.	Arecaceae	10,66 ab	22,40 efghi	1,55 bcde	2,01 def
Ingá gurgel	<i>Inga thibaudina</i> DC.	Leguminosae mimosoideae.	3,03 h	27,00 defgh	0,43 e	1,71 def
Pizzifeira	<i>Chamaecyparis pisifera</i> ; thyoides.	Cupressaceae	4,64 fgh	33,00 bcdef	0,90 cde	3,34 bcdef
Ingá laurina	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Leguminosae mimosoideae.	4,81 efgh	30,20 cdefg	0,73 de	2,24 cdef
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. stilbocarpa (Hayne) Lee et Lang	Fabaceae	4.83 efgh	24,60 efghi	1,18 cde	3,65 bcd
Tento	<i>Ormosia costulata</i> (Miq.) Klein	Leguminosae mimosoideae.	7,55 cd	41,4abc	1,17 cde	6,42 a
Violeta	<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	Fabaceae	3,80 fgh	46,80 a	2,42 bcd	5,19 ab
Abiurana	<i>Pouteria guyanensis</i> Aubl.	Sapotaceae	3,72 fgh	25,00 efghi	0,84 de	1,59 def
Vermelhinho	<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin ; Barneby	Leguminosae,. Caesalpinoideae	3,56 fgh	19,60 ghij	0,73 de	1,64 def
Pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl)	Bignoniaceae	3,40 gh	14,60 hij	5,62 a	1,27 f

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os teores de K e P sugerem uma adubação com esses dois elementos, possivelmente com resíduos de Fe, uma vez que os teores desse microelemento são elevados.

Tabela 14. Características químicas das amostras de solos das mudas cultivadas no viveiro da Província Petrolífera de Urucu no período chuvoso (janeiro/2010)

ESPÉCIES	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Mn
	H ₂ O	-----cmolc.kg-----				-----mg.kg-----			
Angico	4,2B	0,35B	0,81M	1,9 A	0,21M	23,2A	205A	0,1B	1,2B
Lacre	3,7B	0,08B	0,49M	2,2 A	0,27M	8,8M	387A	0,1B	2,3B
Pau de balsa	4,3B	0,33B	0,71M	1,8 A	0,14B	33,7A	413A	0,2B	0,9B
Visgueiro	4,8B	0,29B	1,09 A	1,7 A	0,35M	29,0A	408A	0,2B	1,4B
Goiaba de anta	3,8B	1,00M	0,97 A	3,5 A	0,28M	47,3A	41S	0,1B	1,1B
Breu branco	3,7B	0,45M	1,16 A	2,0A	0,38M	45,5A	401A	0,2B	2,2B
Cardeiro	3,8B	0,23B	0,94 A	3,2 A	0,30M	21,6A	425A	0,5B	1,7B
Angelim pedra	4,0B	0,39B	1,24 A	2,6 A	0,33M	39,9A	63S	0,2B	1,9B
Carapanauba	3,9B	0,12B	0,40M	3,0A	0,38M	12,7A	317A	0,1B	2,7B
Fava velutina	4,1B	0,47M	2,08 A	1,0M	0,59A	47,9A	95A	0,3B	1,0B
Taxi preto	3,7B	0,20B	0,54M	2,5 A	0,71A	24,5A	136A	0,2B	2,1B
Mari-mari	3,7B	0,35B	0,27M	2,9 A	0,63A	35,6A	246A	0,2B	3,0B
Taperebá	3,9B	0,35B	0,68M	2,4 A	0,38M	38,9A	74S	0,2B	1,3B
Ameslão	4,1B	0,37B	1,21 A	1,5M	0,41A	37,2A	255A	0,2B	2,1B
Angelim da mata	5,5M	0,37B	0,45M	0,3B	0,51A	38,6A	75S	0,2B	3,1B
Mungubarana	4,1B	0,43M	0,99 A	4,79A	0,54A	43,1A	445A	0,4B	3,1B
Maparajuba	4,0B	0,43M	0,91 A	1,67A	0,56A	44,8A	293A	0,2B	1,1B
Ingá de macaco	3,8B	0,20B	0,37M	2,3A	0,64A	24,3A	65S	0,2B	1,1B
Ingá de sapo	4,0B	0,35B	0,51M	2,3A	1,19A	32,4A	336A	0,2B	2,2B
Ingá peludinha	4,8B	0,21B	0,53M	3,8A	0,14B	18,4A	359A	0,1B	3,0B

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

4. CONCLUSÕES

As mudas do viveiro da BOGPM, a serem usadas na cobertura das jazidas e clareiras de Urucu apresentaram baixa ocorrência ou ausência de fungos micorrízicos arbusculares em suas raízes, indicando que essa associação plantas-fungos não está contribuindo efetivamente na nutrição e sobrevivência da vegetação introduzida nessas áreas antropizadas.

A presença de hifas nessas mudas, de um modo geral, foi zero ou próximas desse valor.

O fato de apenas três das 40 espécies não apresentarem colonização radicular por FMA confirma a ocorrência generalizada das micorrizas arbusculares em plantas vasculares, confirmando-a como uma simbiose quase universal.

São necessários mais estudos com essas espécies nas condições de Urucu, como um balanceamento da adubação, que não coloque muito fósforo no solo, bem como a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares no substrato usado para a produção de mudas, para que essa simbiose fungos-plantas possa dar alguma contribuição na nutrição e sobrevivência das plantas introduzidas nas jazidas e clareiras de Urucu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, L.K.; Robson, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 35(2/3):121-150.

Alfaia, S.S.; Oliveira, L.A. 1997. Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia. In. *Duas Décadas de Contribuições do INPA à pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido*. Ed. INPA, Manaus, AM. p.179-191.

Allen, M.F. 1991. *The ecology of mycorrhizae*. San Diego, Cambridge University Press.

Andrade, G.; Nogueira, M. A. *Bioindicadores para uma análise de risco ambiental: organismos geneticamente modificados e grupos funcionais de microrganismos do solo*. Biotec. Ci. Desenv., v.34, p.11-19, 2005.

Bagyaraj, J. 1991. Ecology of vesicular – arbuscular mycorrhizae. *Handbook of applied*

mycología soil and plants. v 1, p. 13 – 14.

Barea, J. M.; Pozo, M. J.; Azcón, R.; Azcón-Aguilar, C.; *Microbial cooperation in the rhizosphere*. *Journal of Experimental Botany*, v. 56, n. 447, p. 1761-1778, 2005.

Berbara, R.L.L.; Souza, F.A.; Fonseca, H.M.A. 2006. *Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição*. In: M.S. Fernandes. (Org.). *Nutrição Mineral de Plantas*. 1ª Ed. Viçosa, MG. p.53 -88.

Bonfante-Fasolo, P. *Anatomy and morphology of VA mycorrhizae*. In: POWELL, C. L.; Bagyaraj, D. J.. (Ed.) *VA Mycorrhiza*. CRC Press, Boca Raton, 1984. Cap.2, p.5-33.

Brown, S.; Lugo, A.E., 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*, Tucson, V.2, p 97-111.

Bruinsma M.; Kowalchuk G. A.; van Veen J. A. *Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil*. *Biology and Fertility of Soils*, v.37, p.329 – 337, 2003.

Brundrett, M.; Melville, L; Peterson, L. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. *Waterloo: Mycologue Publications*.

Bryla, D.R.; Duniway, J.M. *Effects of mycorrhizal infection on drought tolerance and recovery in safflower and wheat*. *Plant and Soil* 197:95–103, 1997.

Cavalcante, U.M.T., Maia, L.C., Melo, A.M.M. ; Santos, V.F. *Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37(5):643–649, 2002.

Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C. 1992a. Ecologia microbiana do solo. In: *Microbiologia do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.33-40.

Carneiro, M.A.; Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.S.; Carvalho, B.; Botelho, S.A.; Junior, O.J.S. 1998. *Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudeste do Brasil*. *Cerne*, 4(1):129-145.

Chagas-Junior, A.F. 2000. *Efeito da inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfato na fisiologia de quatro espécies de plantas de importância econômica da Amazônia*. Dissertação

de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 96pp.

Chauhan, P. S.; Chaudry, V.; Mishra, S.; Nautiyal, C. S. *Uncultured bacterial diversity in tropical maize (Zea mays L.) rhizosphere*. Journal of Basic Microbiology, 2011. v. 51, p. 15–32, 20

Cochrane, T.; Sanchez, P. 1982. Land resource, soil and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. In: Hecht, S. (Eds). *Amazon: agriculture and land use*. Cali: Ciat. p.137-209.

Cochrane, T.T.; Sánchez, L.G.; Azevedo, L.G; Porras, J.A.; Garver, C.L. 1985. *Land in Tropical América. A teoria na América Tropical*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. Colômbia (EMBRAPA)-CPCA). Planaltina, D.F. BRASIL 444p.

Costa, C.M.C., Maia, L.C., Cavalcante, U.M.T.; Nogueira, R.J.M.C. *Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (Malpighia emarginata D.C.)*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 36(6):893–901, 2001.

Dandan, Z.; Zhiwei, Z. 2007. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. *Appl. Soil Eco*, 37(2):118-128.

De Souza, F.A.; Da Silva, E.M.R. 1996. Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In J. O. Siqueira [ed.], *Avanços e Aplicações na pesquisa com micorrizas*. Editora UFLA, Lavras, MG. p. 255-290.

Dias, L.E. ; Griffith, J.J. 1998. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Dias, L.E. ; Mello, J.W.V., eds. *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p.1-7.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solos*. 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ. 212 pp.

Entry, J. A.; Rygiewiez, P. T.; Watrud, L. S.; Donnelly, P. K. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Advances in Environmental Research*, 7:123-138.

Ezawa, H.K.H.; Filho, N.L.; Sena, J. S. 2006. Avaliação do processo sucessional nas áreas sob recuperação em Urucu/AM. *Relatório técnico*.

Falcão, N.P.S.; Pardo, N.S.B.; Ferreira, D. . Silva, A.R.M.; Comerford, N.B. 2005. Caracterização da fertilidade dos solos e do estado nutricional de espécies florestais utilizadas no reflorestamento de clareiras na base petrolífera de Urucu, AM. *In: Anais VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano*. 24 a 28 de outubro de 2005. Curitiba. PR. Brasil. p.618-619.

Feldmann, F.; Silva JR, J. P.; Liberei, R. 2002. Spore community composition at natural and agricultural sites in Central Amazônia – a long term study. *In: Liberei, R.; Bianca, H. K.; Boehm, V.; Reisdorff, C. (Ed.). Neotropical ecosystems*. Gessthacht: GKSS. p.669-682.

Figueiredo, E.M. 1994. *Características químicas de solos e ocorrências de micorrizas vesículo-arbusculares em várzeas de três ilhas do Estado do Amazonas*. Dissertação de Mestrado, INPA/UFA, Manaus, Amazonas. 132pp.

Fitter, A.H.; Garbaye, J. *Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms*. Plant and Soil 159:123–132, 1994.

Foster, R.C. 1986. The ultrastructure of the rhizoplane and rhizosphere. *Annual Review of Phytopathology*. California, USA. 21:211-234.

Franco, A. A.; Campello, E. F. C.; Silva, E. M. R. da ; Faria, S. M. de 1992. *Revegetação de solos degradados*. Comunicado Técnico Embrapa Solos, Rio de Janeiro.

Furtini-Neto, A.E.; Fernandes, L.A.; Silva, M.L.N.; Nascente, C.M.; Vasconcellos, C.A. 1998. Acúmulo de nutrientes pelo milho sob sistemas de preparo do solo e doses de nitrogênio em latossolo vermelho-escuro fase cerrado. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 47, p. 34.

Furtini-Neto, A.E., Siqueira, J.O., Curi, N., Moreira, F.M.S. 2000. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. *In: Nutrição e Fertilização florestal*. Eds. J. Leonardo de M. Gonçalves e Vanderlei Benedetti. Ipef, 427 p.

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.

Haselwandter, K.; Bowen, G. D. 1996. *Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation*. Forest Ecology and Management 81: 1-17.

Janos, D. P. 1996. *Mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics*. Pp. 129-162. In: J. C. Frankland; N. Nagun ; G. M. Gadd. (eds.). *Fungi and Environmental Change*. British Mycological Society, Cambridge.

Jasper, D. A. 1994. Management of mycorrhizas in revegetation. In A. D. Robson, L. K. Abbott, ; N. Malajczuk [eds.], *Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, p.211-220.

Jasper, D. A.; Abbott, L. K.; Robson, A. D. 1991. *The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, in soils from different vegetation types*. New Phytologist, Cambridge, 118(3):471-476.

Jastrow, J.D.; Miller, R.M.; Lussenhop, J. *Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie*. Soil Biol. Biochem., 30:905-916, 1998.

Jeffreis, P.; Gianinazzi, S.; Perotto, S.; Turnau, K.; Barea, J. M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 37:1-16.

Jeffries, P. 1987. Use of Mycorrhizae in Agriculture. *Critical Reviews in Biotechnology*, 5:319-357.

Keltjens, W.G. 1997. Plant adaptation and tolerance to acid soils; its possible al avoidance - A review. In: *Plant-Soil Interactions at Low pH*. Brazilian Soil Science Society, p.109-117.

Kiriachek, S.G.; Azevedo, L.C.B., Peres, L.E.P.; Lambais M.R. 2009. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1-16.

Kormanik, P.P.; Bryan, W.C.; Schultz, R.C. 1980. Procedures and equipment for staining large number of plant roots for endomycorrhizal assay. *Canadian Journal of Microbiology*, 26:536-538.

Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RiMa, 2004. 531p.

Leal, P.L.; Stürmer, S.L.; Siqueira, J.O. 2009. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon. *Brazil. Braz. J. Microbiol*, 40(1):111-121.

Lima, R. L. F. A. *et al.* Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 02, p. 257-268, 2008.

Linderman, R.G. 1994. Role of VAM fungi in biocontrol. In: Pflieger, F.L. ; Linderman, R.G. (Eds.) *Mycorrhizae and Plant Health*. St. Paul: APS Press. pp.1-25

Lopes, E.S.; Dias, R.; Freitas, S.S. 1983a. Influência dos microrganismos na nutrição dos cultivos nos trópicos. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo*, 16, Ilhéus. Anais, CEPLAC-SBCS, Ilhéus, BA, p.78-95.

Lopes, E.S.; Siqueira, J.; Zambolim, L. 1983b. Características das Micorrizas Vesículo-Arbusculares e seus Efeitos no Crescimento das Plantas. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, SP. 7: 1-9.

Lovato, P. E.; Guillemain, J. P.; Gianinazzi, S. 1992. Application of commercial arbuscular endomycorrhizal fungal inoculants to the establishment of micropropagated grapevine rootstock and pineapple plants. *Agronomie*. 12:873-880.

Lynch, J.M. 1982. Interaction between bacteria and plants in the root environment. In: Rhode-Robert, M. E., Skinner, F. A., (Ed.). *Bacteria and plants*. London. p.1-23.

Maia, L.C., Silveira, N.S.S.; Cavalcante, U.M.T. *Interaction between arbuscular fungi and root pathogens*. In: RAI, M.K. Handbook of Microbial Biofertilizers. New York. Haworth Press. 2005, p. 325–351.

Matos, F.D.A., Amaral, I.L., Silva K. E., Soares, M. L. C., Mari, M.L.G., Filho, D.A.L. ; Nogueira, C.L.B. *Recuperação vegetal em clareiras petrolíferas na Amazônia*. Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental. 2001. Guarapari, ES.

Melloni, R.; Nóbrega, R.S.A.; Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. 2004. Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas endofíticas em solos de mineração de bauxita, em reabilitação. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:85-93.

Miao, Z.; ; Marrs, R. 2000. Ecological restoration and land reclamation in open-costa mines in Shanxi Province, China. *Journal of Environmental Management*, Beijing, v. 59, n. 3, p. 205-215.

Morais, R. R. 2003. *Ecofisiologia de espécies arbóreas crescidas sob condições de plantios na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas. 158pp.

Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. 2006. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras: Ed. UFLA, Lavras, MG. 539pp.

Moreira, F.W. 2006. *Características químicas dos solos e colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em plantas introduzidas em clareiras da província Petrolífera de Urucu, Amazonas*. Dissertação de Mestrado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas. 66pp.

Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. 2008. *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Ed. UFLA, Lavras, MG. 768pp.

Moreira, F.M.S.; Husing, J.; Bignell, D.E. 2010. *Manual de Biologia dos Solos Tropicais*. Ed. UFLA, Lavras, MG. 367pp.

Morton, J.B. 2000. Evolution of endophytism in arbuscular mycorrhizal fungi of Glomales. *In: Microbial Endophytes*, p.121-140.

Nilcholaides, J.J.I.; Sanchez, P.A.; Bandy D.E.; Villachia, J. H., Coutu, A.J.; Valverde, C.S. 1983. Crop production systems in the Amazon Basin. *In: E. Moran (ed.) The Dilemma of Amazonian Development*, Westview. p.101-153.

Oliveira, L.A. 1991a. Phosphorus related to plant growth and plant-microorganism associations in Amazonian soils. *In: Anais de Workshop "Phosphorus Cycles In Terrestrial and aquatic Ecosystems: Regional Workshop 3: South and Central América"*, Caracas, Venezuela. Phosphorus Cycles Scientific Advisory Committee. p.186-195.

Oliveira, L.A. 1991b. Ocupação racional da Amazônia: o caminho para preservar. *In: Val, L. A.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds). Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. 1:47-52.

Oliveira, L.A. 1994. Ecologia microbiana nos solos dos trópicos úmidos. In: microbiologia do solo: desafios para o século XXI; *Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo*. Londrina. p.211-233.

Oliveira, L.A. Moreira, F.W. Moreira, F.M.S. 1997. Ocorrências de microrganismos benéficos em ecossistemas amazônicos. In. *Duas Décadas de Contribuições do INPA à pesquisa Agrônoma no Trópico Úmido*. Manaus: INPA. p.221-240.

Oliveira, L.A.; Guitton, T.L.; Moreira, F.W. 1999. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. *Acta Amazonica*, 29:183-193.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2000. Influência da colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMAS) na absorção de nutrientes pelo cupuaçu e guaraná em um Sistema Agroflorestal da Amazônia. In: *Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*, 3. Resumos. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental. p.204-206.

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

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2004. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. (28):1063-1068.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2005a. 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*. (36):262-270.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2005b. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em cinco cultivares de bananeiras em um latossolo da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. (29):481-488.

Oliveira Júnior, O. A., Cairo, P. A. R., Novaes, A. B. *Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos*. 2011. *Revista Árvore*, v.35, n.6, p.1173-1180.

PETROBRAS. 2008. *Biodiversidade na Província Petrolífera de Urucu*. Orgs. Oliveira S.F.L. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. 195pp.

Pirozynski, K.A. 1981. Interactions between fungi and plants through the ages. *Canadian Journal of Botany*, 59:1824-1827.

RADAM – BRASIL. 1978. Programa de interação nacional. *Levantamento de recursos naturais*. Vol 18 (Manaus-RADAM/Projeto-DBPM). Ministério de Minas e Energia, 626pp.

Ribeiro, G. A.A.; Teixeira, P.C.; Rodrigues, M.R.L. 2006. Caracterização das propriedades químicas de diferentes solos da província petrolífera da bacia do rio Urucu-AM. *Relatório técnico*.

Rovira, A. D.; Davey, C. B. Biology of tree rhizosphere. In: CARSON, E. W. (Ed.). *The plant root and its environment*. University Press of Virginia, Charlottesville, p. 153 -204. 1974.

Saggin-Junior, O.J.; Siqueira, J.O.; Guimarães, P.T.G.; Oliveira, E. 1994. 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.

Schaefer, C.E.G.R; Lima, H.N.; Vale Júnior, J.F; Melo, J.W.V. 2000. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. *Ciênc. da Terra*. 12:63-104.

Schubart, H.O.R.; Franken, W.; Luizão, F.J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, 2:26-32.

Sieverding, E. 1991. *Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems*. Eschborn, Fed. Rep. of Germany: Friedland Bremer, 371pp.

Silva, C.F. da. 2005. *Indicadores da qualidade do solo em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, Rio de Janeiro, RJ.93pp.

Silveira, A.P.D. 1998. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: Melo, I.S. de; Azevedo, J.L. de (Eds.). *Ecologia microbiana*. Jaguariúna: EMBRAPA-CPNMA, p. 61-83.

Simon, L.; Bousquet, J.; Lévesque, R. C.; Lalonde, M. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363:67-69.

Siqueira, J.O. ; Franco, A.A. 1988. *Biotechnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas*. Brasília: MEC/ABEAS 236pp.

Siqueira, J.O.; Colozzi-filho, A.; Oliveira, E. 1989. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24(12): 1489-1498.

Siqueira, J.O. Micorrizas arbusculares. 1994. In: Araújo, R.S. ; Hungria, M., eds. *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília, EMBRAPA, p.151-194.

Siqueira, J.O.; Lambais, M.R.; Stürmer, S.L. 2002. Fungos Micorrízicos Arbusculares. *Biotechnologia Ciência e Desenvolvimento*, 25:12-21.

Siqueira, J. O. *et al.* Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: CERETTA, C. A; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 219-306.

Smith, J. 1993. After the demise of empiricism: The problem of judging social and educacional inquiry. *Nordwood*, NJ: Ablex.

Smith, S. E. ; Gianinazzi-Pearson, V. 1990. Phosphate uptake and arbuscular activity in mycorrhizal *Allium cepa* L.: Effects of photon irradiance and phosphate nutrition. *Australian Journal of Plant physiology*. 17:177-188.

Smith, S.E.; Read, D.J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. 2nd ed. Academic press, London, p.470-489.

Souza, F.A. de. 2005. *Biology, ecology and evolution of the family Gigasporaceae, arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota)*. Tese de Doutorado, Netherlands Institute of Ecology, Leiden University, Netherlands. 157p.

Sylvia, D.M., Wilson, D.O., Graham, J.H., Maddox, J.J., Millner, P., Morton, J.B., Skipper, H.D., Wright, S.F. ; Jarstfer, A.G. *Evaluation of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi in diverse plants and soils*. *Journal of Biology and Biochemistry* 25:705–713, 1993.

Vale Júnior , J. F.; Souza, M. I. L.; Nascimento, P. P. R. R.; Cruz, D. L. S.; *Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável* In: Revista Agro@mbiente On-line, v. 5, n. 2, p.158-165, 2011. Revisão Temática Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR

Varma, A.; Hock, B. (Eds.). *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology*. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 747p.

Van der Heijden, M.G.A; Boller T, Wiemken; A, Sanders I.R.1998. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology* 79:2082-2091.

Zambolim, L., Reis, M.A. ; Costa, L.M. *Substratos para multiplicação de inóculo do fungo micorrízico vesículo-arbuscular Glomus etunicatum*. Fitopatologia Brasileira 17:28-31, 1992.

Zangaro, W.; Silvio, M.A.N.; Domingos, J.C.B.; Nakano, E.M. 2002. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. *Cerne*. 8(1):77-87.

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. Ci. Tecnol., 20:391-411, 2003.