



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**MARIANA GONÇALVES MARTINS**

**DIVERSIDADE E ATIVIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS NA  
PROVÍNCIA PETROLÍFERA DE URUCU - AMAZÔNIA**

Prof. Dr. Ricardo Luis Louro Berbara

Orientador

Seropédica – RJ

Janeiro/2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**MARIANA GONÇALVES MARTINS**

**DIVERSIDADE E ATIVIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS NA  
PROVÍNCIA PETROLÍFERA DE URUCU - AMAZÔNIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenharia Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. Ricardo Luis Louro Berbara

Orientador

Seropédica – RJ

Janeiro/2014

**DIVERSIDADE E ATIVIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS NA  
PROVÍNCIA PETROLÍFERA DE URUCU – AMAZÔNIA**

**MARIANA GONÇALVES MARTINS**

Comissão examinadora:

Monografia aprovada em 23 de Janeiro de 2014.

---

Prof. Dr. Ricardo Luis Louro Berbara  
UFRRJ/IA/DS  
Orientador

---

M. Sc. Camila Pinheiro Nobre  
UFRRJ/IA/DS  
Membro

---

M. Sc. Daniel Costa de Carvalho  
UFRRJ/IF/DCA  
Membro

## DEDICATÓRIA

A minha avó Zélia e a família Martins, que sempre foram desejosos de uma neta/filha/irmã com título de Engenheira.

## AGRADECIMENTOS

Era uma menina cercada de amor, e por isso não poderia deixar de agradecer por todos que com ela desbravaram com coragem o percurso do amadurecimento, do tornar-se mais comprometida e o do saber renunciar quando preciso.

Aos meus irmãos

de vida, de luta,

de sempre...

Camila Nobre, Ricardo Berbara, Orlando Tavares, Daniela Paes, Joyce Ayla, Thais Pinho, Gabriel Oliveira, Priscila Sá, Milena Scaramussa, Thalita Faria, Denise de Souza, Marcio Fonseca...

Ao professor Marcos Baccis e a Petrobras por tornarem possível esse projeto.

E a minha família que sempre esteve presente: família Martins.

O meu mais sincero e generoso:

Muito obrigada!

## RESUMO

Os microorganismos do solo desempenham um papel essencial na produtividade de ecossistemas agrícolas e no funcionamento dos ecossistemas naturais, podendo este ser benéfico ou danoso. Entre os microorganismos do solo com papel benéfico estão os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) que incrementam o estabelecimento e a nutrição vegetal na grande maioria dos ecossistemas terrestres. A glomalina é um potencial indicador de qualidade dos solos. Esta glicoproteína é produzida, em maior quantidade, nas paredes das hifas dos FMA e é liberada ao solo à medida que o micélio e glomerosporos se degradam tendo três funções principais: (a) função celular, (b) função de proteção, e (c) agregação das partículas do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade e diversidade de glomerosporos de FMA e os teores de glomalina em diferentes coberturas vegetais. Amostras de solo foram coletadas em seis diferentes coberturas vegetais na província petrolífera de Urucu, na Amazônia (Julho/2009). Vinte amostras simples foram coletadas, na profundidade 0-20 cm, para dar origem a uma composta. Os teores de glomalina foram mais elevados nas áreas de Gramínea (G), Mata (M) e Mata em 1/3 de encosta. Foram identificadas 28 espécies de FMA distribuídos em seis gêneros: *Acaulospora*, *Ambispora*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora*. A maior riqueza de espécies foi encontrada na Gramínea (G), Área de empréstimo (J) e Reflorestamento (R). Esse resultado evidencia que apesar da intensa alteração ambiental ocorrida com o desmatamento, todas as áreas estudadas apresentaram elevada riqueza de espécies, indicando que as práticas adotadas favoreceram a conservação deste importante grupo funcional do solo.

**Palavras-Chave:** Indicador de qualidade; Uso da terra; Glomerosporos.

## ABSTRACT

Soil microorganisms play an essential role in the productivity of agricultural ecosystems and the functioning of natural ecosystems, which may be beneficial or harmful. Among soil microorganisms with beneficial role are mycorrhizal fungi (AMF) that enhance the establishment and plant nutrition in most terrestrial ecosystems. Glomalin is a potential indicator of soil quality. This glycoprotein is produced in larger quantities in the hyphae walls of AMF and it is released to the soil as mycelium and glomerospores degrade, having three main functions: (a) cell function, (b) function protection and (c) the aggregation of soil particles. The objective of this study was to evaluate the density and diversity of AMF glomerospores and glomalin levels in different vegetable toppings. Soil samples were collected at six different vegetation cover in the Província Petrolífera de Urucu, Amazon (July/2009). Twenty single samples were collected at 0 -20cm depth to make a composite sample. The levels of glomalin were higher in areas of Grassy (G), Wood (M), Woods in third slope. Twenty eight AMF species distributed in six genera: *Acaulospora*, *Ambispora*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Glomus* and *Scutellospora*. The highest levels of species richness were found in Grassy (G), landing Area (J) and reforestation (R). This result shows that despite the intense environmental change occurred with deforestation, all areas studied showed high levels of species richness, indicating that human practices improve conservation of this important functional group of soil.

**Keywords:** Quality indicator; Land use; Glomerospores.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Indicador de Qualidade do Solo</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 Glomalina</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4 Província Petrolífera de Urucu</b> .....	<b>6</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Localização e descrição da área de estudo</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2 Coleta das Amostras</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3 Extração e Quantificação da Glomalina</b> .....	<b>12</b>
<b>3.4 Extração de Glomerosporos</b> .....	<b>13</b>
<b>3.5 Identificação das Espécies</b> .....	<b>13</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1 Teores de Glomalina</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2 Diversidade de Glomerosporos</b> .....	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>21</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>22</b>



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Base de operações da Petrolífera de Urucu, Amazonas..... 10
- Figura 2.** Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (BOGPM), Urucu, Amazonas ..... 12
- Figura 3.** Teores de proteína relacionada à glomalina total (GT) e a glomalina facilmente extraível (GFE) em  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de solo em diferentes coberturas vegetais na Amazônia. (mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B), área de empréstimo (J), gramínea (G) e reflorestamento (R). Barras encimadas de mesma letra não diferem significativamente entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade ..... 15
- Figura 4.** Distribuição das espécies por gêneros de fungos micorrízicos arbusculares..... 16
- Figura 5.** Aspecto geral dos distintos tipos de glomerosporos de fungos micorrízicos arbusculares. A) *Acaulospora morrowiae*. B) *Funneliformis halonatum*. C) *Acaulospora scrobiculata*. D) *Acaulospora foveata*. E) *Glomus sp2*. F) *Acaulospora excavata*... ..... 17

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Ocorrência e densidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontrados em diferentes formações vegetais na Amazônia. (mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B), área de empréstimo (J), gramínea (G) e reflorestamento (R)..... 18

**Tabela 2.** Índices de diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ), índice de Simpson (C), índice de Equitabilidade (I) e número de espécies (S) encontrados em diferentes formações vegetais na Amazônia. (mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B), área de empréstimo (J), gramínea (G) e reflorestamento (R) ..... 19

## 1. INTRODUÇÃO

As práticas de manejo utilizadas em um sistema de produção podem afetar a densidade e diversidade dos organismos edáficos, tanto os promovendo, quanto os reduzindo. Dentre as diferentes práticas de uso da terra, os sistemas agroflorestais desempenham um papel importante na manutenção da fertilidade dos solos por aumentar a sua atividade biológica (Vohland & Schroth, 1999). Vários fatores influenciam na sustentabilidade do solo, mas segundo Siddiqui & Pichtel (2008), o principal contribuinte é a atividade microbiana, especialmente pelos microrganismos indígenas, que contribuem significativamente para a fertilidade do solo.

Um dos principais tipos de microrganismos indígenas são os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Estes microrganismos estão presentes em todos os ecossistemas, como florestas tropicais e temperadas, desertos, dunas, pradarias e sistemas agrícolas (Brundrett, 1991). Estes possuem papel crucial na manutenção dos ecossistemas terrestres por formarem associação com raízes da maioria das plantas denominada micorriza (Smith & Read, 1997). Foi demonstrada a importância dos FMA na determinação da composição florística e na produtividade dos ecossistemas terrestres, observando que a diversidade desses fungos está correlacionada com a de plantas e que até 90% do P absorvido pelos vegetais é disponibilizado pela associação micorrízica (Heijden et al, 1998). Apesar da associação micorrízica não ser específica, a dinâmica das espécies de FMA pode demonstrar seu papel no equilíbrio das comunidades vegetais (Colozzi-filho & Balota, 1994), sendo estimado em cerca de 20.000 as espécies de plantas que dependem dessa simbiose para seu crescimento e sobrevivência (Heijden et al, 1998).

A eficiência da simbiose e a persistência dos FMA no meio dependem de complexas relações entre os simbiossomas e o ambiente. Modificações na cobertura vegetal, no microclima e no manejo dos ecossistemas podem alterar a densidade dos fungos micorrízicos no ambiente. Essas modificações também podem interferir na eficiência com que a associação micorrízica intervém nos fluxos de nutrientes e no crescimento vegetal (Azcón Aguilar & Barea, 1997).

Sabemos muito pouco sobre a diversidade dos microrganismos do solo, suas propriedades, comportamento no ambiente do solo e na rizosfera e a interação desses com as plantas mediante a disponibilidade de nutriente. Portanto, é cada vez maior o

interesse em estudos sobre a biologia, diversidade e atividade dos microorganismos do solo, principalmente os que cumprem alguma função na ciclagem de nutrientes e produtividade dos ecossistemas, como por exemplo, os fungos micorrízicos arbusculares (Zatorre, 2009).

O objetivo desse trabalho foi verificar a produção de proteínas relacionadas a glomalina junto a densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em seis diferentes tipos de cobertura vegetal na província petrolífera de Urucu, Coari (AM). Visa ainda inferir sobre a conseqüência das diferentes coberturas vegetais na densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na província de Urucu (AM).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Indicador de Qualidade do Solo

O solo é considerado o ecossistema mais complexo e dinâmico do planeta, cuja heterogeneidade de habitats, varia na escala de nanômetros até quilômetros, abriga enorme biodiversidade, desempenhando papel essencial para a continuidade dos processos da biosfera e para existência da vida no planeta (Moreira et al., 2008). A atividade do homem no uso da terra afeta a cobertura do solo e a interação desta com a superfície e subsuperfície do solo, pois o uso da terra envolve a manipulação dos atributos químicos (Lambin et al., 2003), físicos e biológicos do solo.

A Sociedade Americana de Ciência do Solo conceitua a qualidade do solo como a capacidade de um determinado solo funcionar, dentro de um sistema natural ou manejado, de forma a manter a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar além de suportar a saúde humana e habitacional (Karlen et al., 1997). O conceito de qualidade do solo surgiu no final da década de 70 e durante os 10 anos seguintes esteve bastante associado ao conceito de fertilidade (Karlen et al., 2003). Acreditava-se que um solo rico quimicamente seria um solo com alta qualidade, isto porque tinha a capacidade de prover a produção agrícola. Entretanto, a percepção de qualidade do solo evoluiu, principalmente nos últimos 10 anos, percebendo-se que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade, mas, também, possuir boa estruturação e abrigar uma alta diversidade de organismos.

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações no sistema de manejo, a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (Bayer & Mielniczuk, 2008), o que depende do uso dos indicadores (Schoenholtz et al., 2000).

Dessa forma, a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (Sposito & Zabel, 2003).

Segundo Visser e Parkinson (1992), as características ideais de um bom indicador de qualidade do solo são:

- responder, de forma rápida e acurada, a um distúrbio no solo;

- Refletir os aspectos do funcionamento do ecossistema;
- Ser economicamente viável; e
- Ter distribuição universal e independente de sazonalidade.

Alguns autores (Cattelan & Vidor, 1990; Moreira & Siqueira, 2002) demonstraram que a biomassa microbiana responde de maneira diferenciada aos manejos agrícolas adotados em cada agroecossistema. Em um agroecossistema, a variação da diversidade microbiana ao longo das estações do ano ainda não é bem compreendida, já que em cada estação parece ocorrer uma comunidade microbiana dominante acompanhada de outras pouco abundantes que, muitas vezes, estão abaixo do nível de detecção dos métodos atuais de avaliação (Torsvik & Øvreås, 2002). Tais variações estão diretamente ligadas ao regime hídrico e ao clima da região, à estrutura e manejo do solo, e ao teor e à qualidade dos resíduos vegetais aportados (Rogers & Tate III, 2001; Tiedje et al., 2001). Um solo com teor elevado de matéria orgânica tende a manter a população microbiana mais estável ao longo do ano, provavelmente, em decorrência da riqueza de nichos ecológicos e pela heterogeneidade das fontes de carbono (De Fede et al., 2001; Grayston et al., 2001).

Pode-se entender então que a diversidade de microrganismos é crítica para o funcionamento do ecossistema, porque há a necessidade da manutenção de processos ecológicos como a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, agregação do solo e controle de patógenos dentro do ecossistema (Kennedy, 1999). Dessa forma, é extremamente importante a busca de métodos de avaliação da diversidade de microrganismos no solo e também de formas de utilização desses dados como indicadores do estado da qualidade do solo.

## **2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)**

Dentre os organismos do solo, os pertencentes ao Reino Fungi representam a maior biomassa total. Eles estão envolvidos em vários processos, tais como: decomposição da matéria orgânica (Cromack & Caldwell, 1992), amonificação e nitrificação do nitrogênio orgânico (Read, 1989), intemperismo dos solos através da excreção de ácidos orgânicos, estrutura do solo pelo crescimento das hifas, e produção de proteínas (Miller & Jastrow, 1992; Wright & Upadhyaya, 1998)

Os FMA pertencem ao Filo Glomeromycota (Schüßler et. al., 2001), desenvolvem relações simbióticas com cerca de 80% das plantas superiores (Harley &

Smith 1983; Schüßler et al., 2001), são simbioses obrigatórias e recebem carbono, sob a forma de hexose - açúcares simples, proveniente dos produtos da fotossíntese das plantas terrestres . Segundo Bago et al. (2000), essa quantidade representa, cerca de 5 bilhões de toneladas de carbono por ano, que são estimados para o consumo por fungos para completar o seu ciclo de vida. Em contrapartida, o fungo fornece nutrientes para a planta, incluindo os essenciais como o fósforo (P) e nitrogênio (N), aumentam a tolerância ao estresse hídrico e a eficiência fotossintética (Solaiman & Saito 1997; Smith & Read, 1997). Melhoram o crescimento do sistema radicular e até mesmo uma planta inteira, muitas vezes controlando certos patógenos de plantas (Allen, 1991; Hwang et al., 1992; Newsham et al., 1995; Borowicz, 2001; Parniske, 2008).

Como os FMA dependem do hospedeiro para a sua própria existência, não existe dúvida da importância central da simbiose para os fungos micorrízicos. Espécies vegetais têm sido classificadas quanto à dependência micorrízica em facultativas, obrigatórias ou não micorrízicas (Smith & Read, 1997). Como resultado destes múltiplos níveis de dependência da planta ao fungo micorrízico, a associação acaba por influenciar na modelação da estrutura da paisagem sendo um dos componentes definidores da diversidade de espécies vegetais e da produtividade primária (Van der Heijden, 2003; Berbara et al., 2006). Representam um grupo importante, pois têm uma ampla distribuição e podem contribuir significativamente para a biomassa microbiana do solo e os processos de ciclagem de nutrientes nas plantas (Harley & Smith, 1983; Schüßler et al., 2001), e exercem papel importante na sustentabilidade de vários ecossistemas (Vandenkoornhuyse et al., 2002).

### **2.3 Glomalina**

Em 1996, pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, que trabalhavam na produção de anticorpos monoclonais visando a identificação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), observaram que um destes anticorpos reagiu com uma substância presente na superfície das hifas de FMA (Wright & Upadhyaya, 1996). Estes pesquisadores observaram também que diversos outros fungos do solo testados não reagiram com este anticorpo. Esta substância foi denominada “glomalina” em referência a ordem taxonômica Glomales a qual os FMA pertenciam na época em que foi descoberta (Morton & Benny, 1990).

Após sua descoberta, a glomalina tem sido detectada em grandes quantidades em diversos solos (Nichols, 2003, Wright & Upadhyaya, 1998), o que tem sido atribuído ao fato dos FMA colonizarem 80% das plantas vasculares e apresentarem uma distribuição global (Vodnik et al., 2008). As quantidades relativamente altas da glomalina no solo podem também ser resultado do comportamento recalcitrante desta biomolécula no solo (Rilling et al., 2001), conseqüentemente, com reduzida taxa de decomposição (Steinberg & Rilling, 2003).

A principal função atribuída a glomalina é a de agregação do solo, sendo essa proteína bastante sensível as alterações no uso do solo, podendo se utilizado como bom indicador de qualidade. Em estudos de campo sobre a atividade dos FMA, a quantificação da glomalina apresenta-se como uma avaliação rápida, barata, objetiva e relativamente fácil de ser realizada em comparação à outras variáveis como densidade de glomerosporos, comprimento de hifas, colonização radicular e potencial de inóculo (Purin & Rilling, 2007).

#### **2.4 Província Petrolífera de Urucu**

A Bacia Petrolífera de Urucu está localizada ao sul do Rio Amazonas, no Município de Coari. Esta região apresenta uma matriz de floresta tropical úmida bem preservada, embora seja uma área de intensa atividade de exploração de petróleo e gás natural, com a presença de inúmeras clareiras e poços. (PETROBRAS, 2013).

A sua base operacional mais conhecida como Base de Operação Geólogo Pedro de Moura (BOGPM) e comumente chamada de Base Petrolífera de Urucu fica a 653 km em linha reta de Manaus, localizada na bacia do Rio Urucu, afluente da margem direita do Rio Solimões no estado do Amazonas. Em Urucu há maior disponibilidade de água do que deficiência e destaca também a pequena variação das temperaturas médias do ar. O clima é tropical úmido, tipo Af pela classificação de Köppen, apresentando chuvas relativamente abundantes durante todo o ano (média de 2250 mm), sendo que a precipitação no mês em que menos chove é sempre superior a 60 mm. A temperatura média anual da região é de aproximadamente 26°C (Vieira & Santos, 1987)

A condição climática da bacia do Rio Urucu, tais como, temperatura, precipitação, umidade e balanço hídrico, associada a diferentes formas de relevo e de solo locais, tornam o ambiente favorável para o desenvolvimento e o crescimento de uma vegetação de floresta tropical com grande diversificação e abundância de espécies.



As características do meio físico são importantes pela sua interação com os elementos bióticos, nos ciclos de nutrientes e da água que influenciam na sustentabilidade dos sistemas naturais. (PETROBRAS, 2013).

A busca por petróleo na Amazônia remonta ao ano de 1917, porém os primeiros indícios de óleo e gás foram encontrados apenas em 1925, o que levou à intensificação das pesquisas. A criação da Petrobras, em 1953, inaugurou uma nova era da pesquisa, porém todas as descobertas revelavam-se subcomerciais. Contudo, somente em 1978 ocorreu a primeira descoberta significativa de gás natural, no município de Carauari, às margens do Rio Juruá, no estado do Amazonas, e, em julho de 1986, foram descobertos indícios de petróleo associados a outra grande reserva de gás natural, desta vez nas proximidades das cabeceiras do Rio Urucu, um pequeno rio de águas avermelhadas, próximo ao divisor de águas das bacias do Juruá e do Purus, contrariando as previsões teóricas, graças à capacitação e ao desempenho de técnicos da Petrobras. A possibilidade de escoar o petróleo, ao contrário do que acontecia com o gás natural, deu impulso ao processo de produção, iniciando o planejamento para o desenvolvimento da atividade e para a construção da Base de Operação Geólogo Pedro de Moura (BOGPM). (PETROBRAS, 2013).

A BOGPM constitui o único Ativo de Produção de petróleo e gás da Petrobras na Região Amazônica e pertence à Unidade de Exploração e Produção da Amazônia (UN-AM). A produção média de petróleo em Urucu é de 56,5 mil barris por dia, enquanto a de gás natural é de 9,7 milhões de metros cúbicos por dia. Esse volume faz do Amazonas o segundo produtor terrestre de petróleo e o terceiro produtor nacional de gás natural, e do município de Coari, o maior produtor terrestre. O petróleo de Urucu é de alta qualidade, resultando em seu aproveitamento especialmente para a produção de gasolina, nafta petroquímica, óleo diesel e GLP (gás de cozinha). (PETROBRAS, 2013).

Os principais impactos ambientais potenciais da instalação e operação da BOGPM e das atividades de exploração e produção são: a infra-estrutura física, como a construção de instalações, de estradas de circulação interna, acessos aos poços de óleo e gás, áreas de poços e às jazidas - que fornecem matéria-prima para a construção das estradas e acessos -, e a poluição como os riscos de acidente, de contaminação com resíduos, efluentes e emissões atmosféricas. No entanto, os programas sociais e ambientais, planejados antes do início das atividades, em conjunto com os estudos ambientais e o procedimento de licenciamento ambiental, vêm garantindo o adequado

gerenciamento ambiental da área. Pelo desempenho ambiental na BOGPM, a Petrobras foi a primeira empresa de petróleo do mundo a receber simultaneamente os certificados ISO 14.001 e BS 8800. (PETROBRAS, 2013).

Em relação à gestão de impactos sobre a biodiversidade na BOGPM, as principais preocupações relacionam-se aos efeitos diretos sobre os habitats, decorrentes da abertura de clareiras para a construção de poços e obtenção de material de empréstimo para construção e manutenção de estradas, dutos e instalações. Todas estas precauções são tomadas para prevenir contaminações químicas, por meio de uma gestão eficiente de efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas. Assim, a recuperação das áreas degradadas é extremamente importante para a redução destes impactos e para garantir a proteção da biodiversidade. O processo de recuperação de áreas degradadas em Urucu envolve uma relação permanente entre a Petrobras e os diversos grupos de pesquisa que atuam no local ao longo destes 20 anos. As pesquisas desenvolvidas na unidade subsidiam a definição das bases ecológicas do processo de recuperação, a seleção das espécies que serão produzidas no viveiro e utilizadas nos plantios, as técnicas de controle de erosão e manejo do solo, as metodologias para o plantio, o número de mudas, os grupos ecológicos e proporção das espécies, bem como o aprimoramento das práticas de coleta e beneficiamento de sementes e produção de mudas no viveiro. (PETROBRAS, 2013).

Para a recomposição das clareiras abertas para exploração e produção, há um viveiro com aproximadamente 86 mil mudas de espécies nativas da Região Amazônica e constitui a base do programa de replantio intensivo que pode chegar a mais de mil mudas plantadas por dia. São 60 espécies diferentes, sendo que, para algumas delas, a multiplicação em viveiro é obtida em larga escala. Essas espécies foram selecionadas pelos pesquisadores contemplando os diferentes grupos ecológicos, considerando as características de velocidade de crescimento, tolerância à insolação e às condições de solo. Na BOGPM, além do plantio inicial, é feita a manutenção e, sempre que necessário, o adensamento do plantio, com a introdução de espécies secundárias, na medida em que aumenta o sombreamento e as características do solo ficam mais favoráveis. A eficácia das técnicas que potencializam os processos naturais depende das condições de conservação do entorno. Neste particular, as áreas degradadas da bacia do Rio Urucu estão em vantagem, por estarem inseridas em uma matriz florestal consideravelmente bem preservada. (PETROBRAS, 2013).

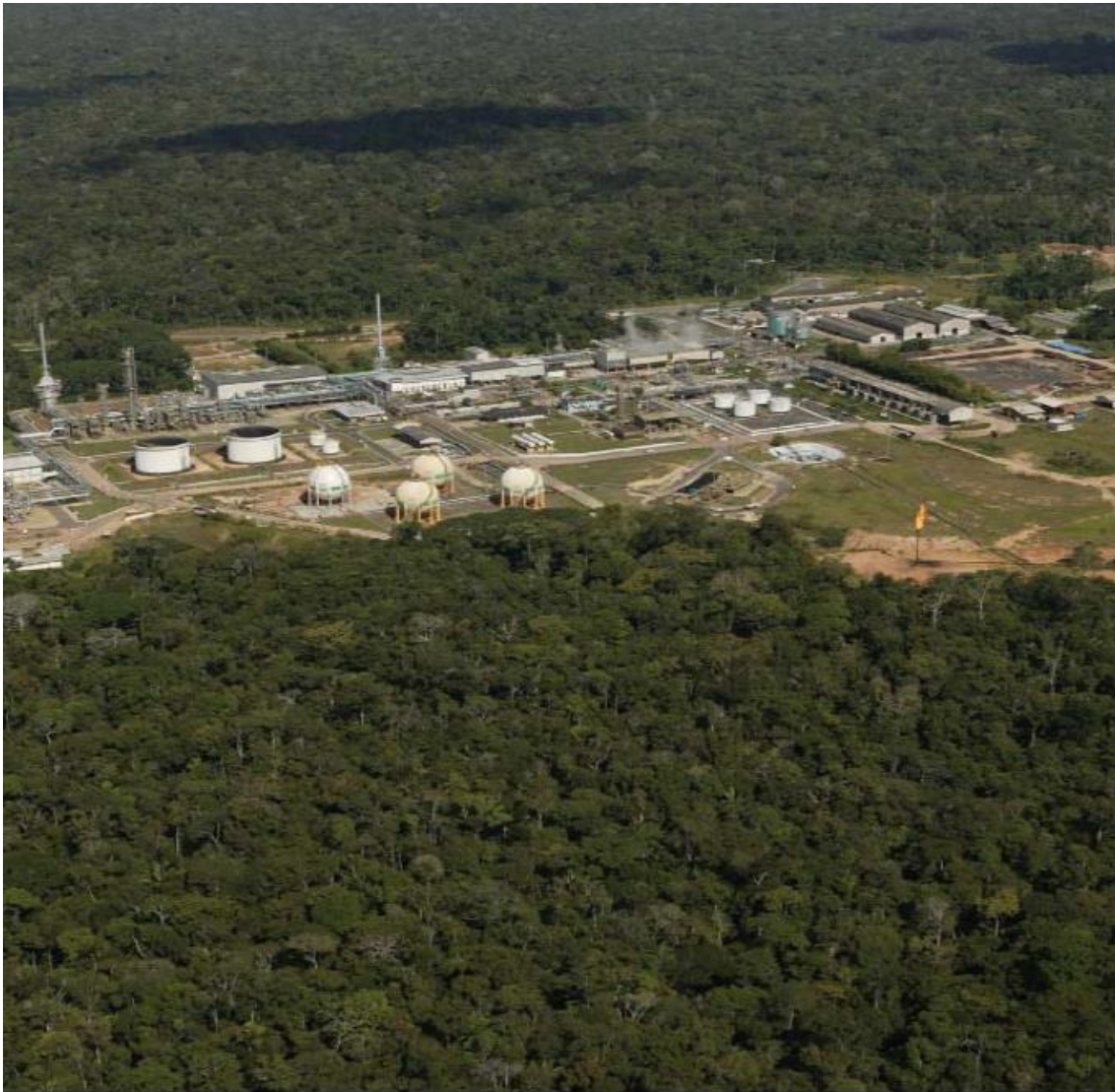
Atualmente, existe um convênio entre a Petrobras e a Rede CTPetro Amazônia, que congrega sete instituições científicas com pesquisas sobre a dinâmica de clareiras, impactos das clareiras sobre o solo e corpos hídricos, desenvolvimento de técnicas de restauração das áreas abertas pela exploração e produção e transporte de óleo e gás natural, com uma caracterização da biodiversidade. Os resultados contribuem para a avaliação das ações de redução de impactos, permitindo a revisão das técnicas e o aprimoramento dos processos. Estes estudos são de extrema importância para o conhecimento da biodiversidade e do estado de conservação desta região após vários anos de operação. Os levantamentos de fauna e flora realizados na bacia do Rio Urucu trouxeram contribuições e avanços no estudo da biodiversidade em vários aspectos, no Brasil e na região neotropical, diminuindo lacunas de conhecimento dos respectivos grupos para a região da Amazônia oriental, como aranhas, insetos, peixes, répteis, aves e plantas (mono e dicotiledôneas). (PETROBRAS, 2013).

O grau de conservação da área, considerando a biodiversidade local e na escala de paisagem, indica que a região mantém-se bem preservada. Isto significa que as ações planejadas para minimizar os impactos indiretos, ou seja, as atividades de extração do petróleo e gás em si, obtiveram sucesso até o momento em relação à redução de impactos sobre a biodiversidade, pois a região ainda retém a diversidade original de suas plantas e animais, com poucos elementos exógenos registrados. Os resultados dos estudos desenvolvidos na BOGPM revelam que esta área ainda é bastante íntegra e de grande importância para a conservação da biodiversidade amazônica. (PETROBRAS, 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e descrição da área de estudo

Localizada as margens do rio Urucu no município de Coari, Amazonas a BOGPM representa um pólo industrial de exploração de petróleo e gás natural pertencente à Petrobras. O clima é tropical úmido, tipo Af pela classificação de Köppen, apresentando chuvas relativamente abundantes durante todo o ano (média de 2250 mm), sendo que a precipitação no mês em que menos chove é sempre superior a 60 mm. A temperatura média anual da região é de aproximadamente 26°C (Vieira & Santos, 1987).

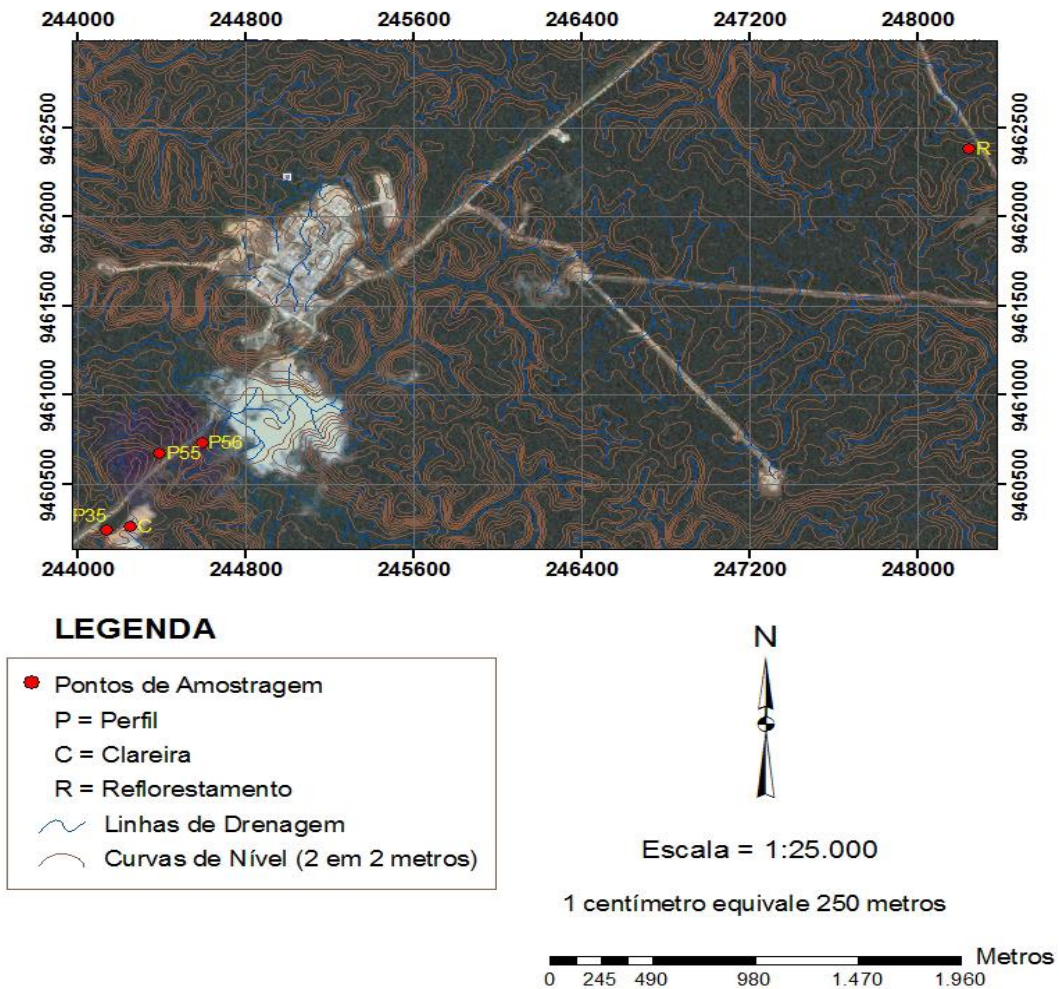


**Figura 1:** Base de operações da Petrolífera de Urucu, Amazonas.

Fonte: Petrobras, 2013.

### 3.2 Coleta das Amostras

Os tratamentos foram coletados em seis diferentes tipos de cobertura vegetal: mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B) demonstrados como Perfil (Figura 2), gramínea (G), área de empréstimo (J) ou clareira (C) e reflorestamento (R). Vinte amostras simples foram coletadas, na profundidade 0-20 cm, para dar origem a uma composta. A coleta do material foi realizada na época seca, em Julho/2009. As áreas de empréstimo são caracterizadas pelo desmatamento para prospecção de gás natural e de petróleo, ocorrendo retirada de grandes quantidades de terra para construção de estradas, que propiciam manutenção aos gasodutos e infraestrutura na realização dos trabalhos. Nestes locais, após a retirada da terra, a empresa realiza o reflorestamento com espécies nativas da região. A área de reflorestamento estudada foi implantada em 2001 (8 anos de idade) utilizando-se as seguintes espécies nativas da região: ingá (*Inga sp.*), goiaba-de-anta (*Bellucia dichotoma*), lacre (*Vismia guianensis*), samaúma (*Ceiba pentandra*), buriti (*Mauritia vinifera*), açazeiro (*Euterpe oleracea*) e andiroba (*Carapa guianensis*).



**Figura 2:** Base de Operações Geólogo Pedro de Moura, Urucu, Amazonas.

Fonte: Loureiro, 2011.

### 3.3 Extração e Quantificação da Glomalina

A extração da glomalina foi realizada segundo a metodologia de Wright e Upadhyaya, 1998. Foram estimadas duas frações, a glomalina facilmente extraível (GFE) e a glomalina total (GT).

Para cada fração pesou-se 1g de terra fina seca ao ar (TFSA). A GFE foi obtida utilizando-se 8mL de solução de citrato de sódio 20mM, pH 7,0 a temperatura de 121° C por 30 minutos. A GT foi obtida utilizando-se 8mL de solução de citrato de sódio 50mM, pH 8,0 a temperatura de 121°C por 60 minutos. Foram necessários 3 ciclos para a extração completa da fração GT até que as amostras apresentassem a coloração

amarelo-claro. A fração GFE foi centrifugada por 15 minutos a 5000 rpm e a fração GT por 10 minutos a 5000 rpm. Os sobrenadantes de cada tratamento foram coletados e foi quantificado o teor de glomalina usando o soro-albumina bovina para a curva padrão e posterior leitura no espectrofotômetro.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey à 5% de probabilidade. SEAG (UFV, 1999).

### **3.4 Extração de Glomerosporos**

Para a determinação da concentração de glomerosporos, pesou-se 50 gramas de cada amostra de solo. O número de glomerosporos foi determinado segundo o método do peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) e da centrifugação em solução de sacarose (Daniels & Skipper, 1982) a 50%. A contagem dos glomerosporos foi realizada em Placa de Petri com o auxílio do microscópio estereoscópio. Em cada tratamento foram realizadas três extrações e contagens.

### **3.5 Identificação das Espécies**

Após a contagem, os glomerosporos foram separados por cor e tamanho e montados em lâmina com resina PVLG e PVLG + Reagente de Melzer para posterior identificação. Estas lâminas, após estarem completamente secas foram identificadas em microscópio óptico com base nos caracteres morfológicos. Utilizou-se o manual de Schenck & Peres (1990) e websites especializados (INVAM).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

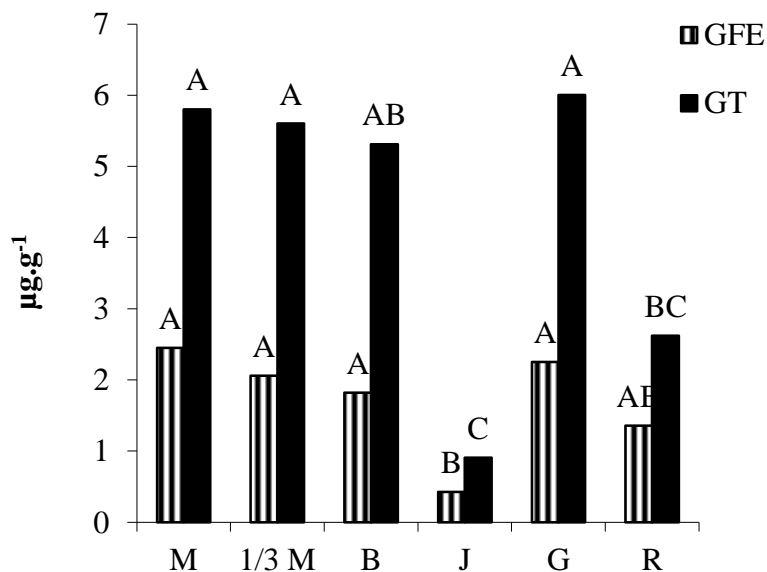
### 4.1 Teores de Glomalina

Em ambas as frações, glomalina total (GT) e glomalina facilmente extraível (GFE) apresentaram comportamento semelhante (Figura 3). A área de mata (M) e a gramínea (G) apresentaram os maiores valores tanto de GT como de GFE em relação aos demais tratamentos avaliados. Para a mata a GT foi de  $5,8\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e GFE de  $2,5\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e gramínea de GT  $6,1\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e GFE de  $2,4\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . A área de empréstimo (J) apresentou os menores valores para GT ( $0,9\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e GFE ( $0,04\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), sendo de todos os tratamentos a área mais impactada com intensa retirada de solo (Figura 3).

A quantidade de glomalina, medida pelo método de Bradford, pode variar de 2 a 15 mg de BRSP. g de solo<sup>-1</sup>, valores estes medidos em vários tipos de solos (Wright & Upadhyaya, 1998; Wright et al., 1999; Rillig et al., 2001). Normalmente, em solos sob vegetação natural, a preservação e aporte da matéria orgânica tendem a ser máximo. Ambientes perturbados, como ocorrem em áreas de empréstimo podem ocasionar o decréscimo do conteúdo da proteína. Wright et al, (1999) observaram que a produção de glomalina foi menor em área com certo grau de distúrbio do que em área cultivada, sugerindo que a concentração de glomalina pode ser uma medida específica da qualidade do solo quando comparada com áreas impactadas.

Portanto, neste estudo a glomalina mostrou ser extremamente sensível a mudanças no uso e cobertura do solo, podendo ser utilizada como indicador de qualidade do solo.



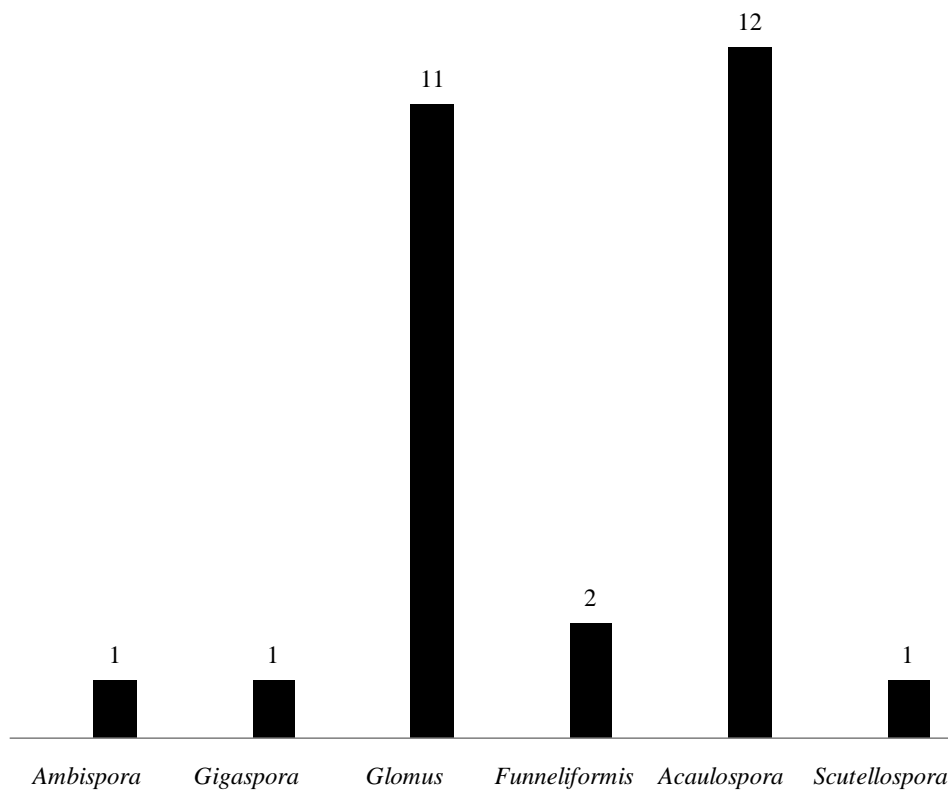


**Figura 3:** Teores de proteína relacionada à glomalina total (GT) e a glomalina facilmente extraível (GFE) em  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de solo em diferentes coberturas vegetais na Amazônia. (mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B), área de empréstimo (J), gramínea (G) e reflorestamento (R). Barras encimadas de mesma letra não diferem significativamente entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2 Diversidade de Glomerosporos

Vinte e oito espécies foram identificadas na área estudada. Dentre as quais 11 do gênero *Glomus*, 12 no gênero *Acaulospora*, o gênero *Funneliformis* com 2 espécies e *Ambispora*, *Scutellospora* e *Gigaspora* com apenas uma espécie (Figura 4).

Segundo Lira et al. (dados não publicados) os ecossistemas brasileiros apresentam um total de 133 espécies de FMA que já foram identificadas, o que representa 53% do número total de 251 espécies. Em Urucu essa representatividade é de 11, 1%. Esta observação mostra que o Brasil tem importante fonte de diversidade de FMA e reforça a necessidade de mais estudos.

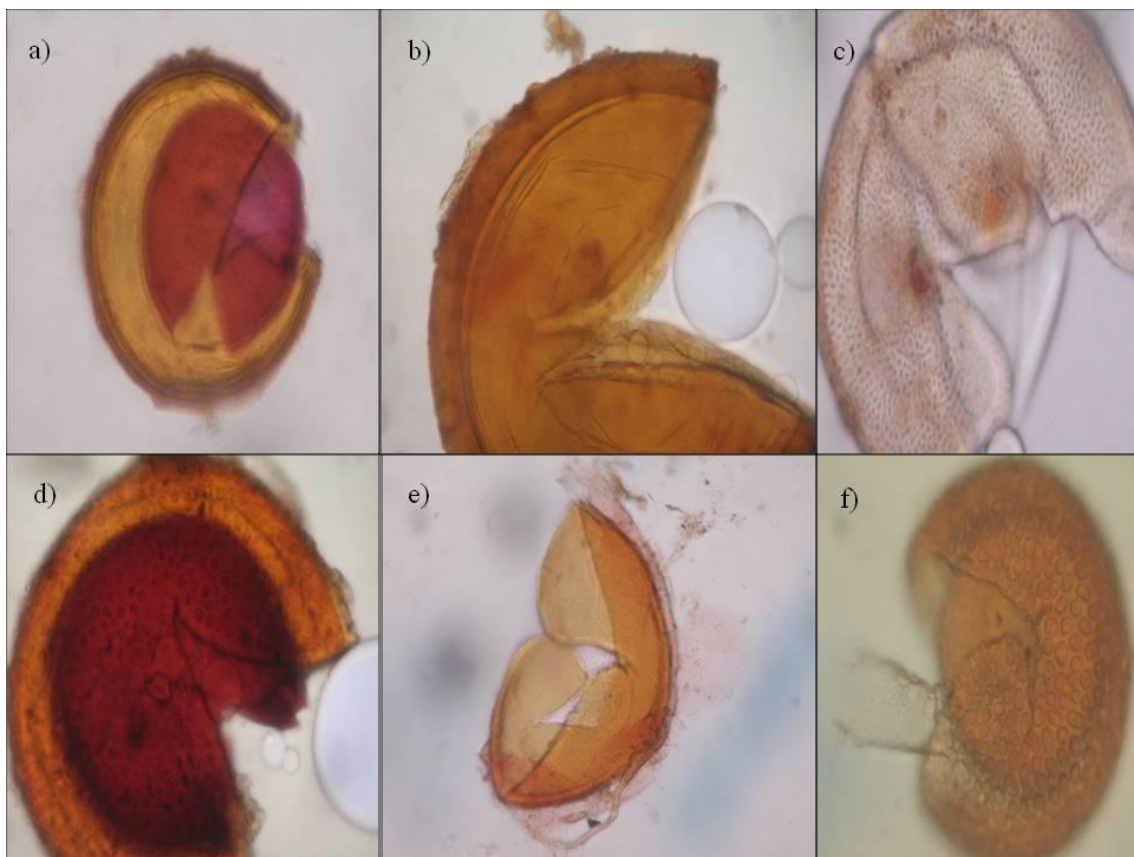


**Figura 4:** Distribuição das espécies por gêneros de fungos micorrízicos arbusculares.

Peña-Venegas (2001) em trabalho na Amazônia colombiana encontrou diferenças na composição das espécies de micorriza sob diferentes coberturas, concluindo que o principal motivo dessa diferença estava relacionado com a vegetação. Em outro estudo, na Amazônia colombiana, Peña-Venegas et al. (2007) identificaram 18 espécies diferentes de FMA, sendo 11 do gênero *Glomus*, quatro de *Acaulospora*, e *Archaeospora*, *Scutellospora* e *Gigaspora* com apenas uma espécie de cada. Vários autores têm demonstrado que os gêneros mais representativos de solos tropicais com textura, argilosa a média, são *Glomus* e *Acaulospora*, enquanto que os gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora* são menos frequentes (Bhatia et al., 1996, citado por Klironomos et al., 2000). De modo geral, sob condições de campo, as diferentes espécies de FMA têm diferentes tolerâncias e se comportam de maneira distinta quando varia a condição ambiental (Klironomos et al., 2000).

Na revisão do Sturmer & Siqueira (2008), observa-se que a espécie *Acaulospora scrobiculata*, em dados de 15 estudos em diferentes ecossistemas, foi o fungo mais frequentemente identificado em ecossistemas brasileiros em áreas degradadas (Caproni

et al., 2003). Corroborando o estudo de Sturmer & Siqueira (2008), as espécies mais freqüentes encontradas nas áreas mais impactadas foram *Acaulospora morrowiae* e *A. scrobiculata* (Tabela 1 e Figura 5) e também do gênero *Glomus*, principalmente *Glomus sp2*. *Glomus macrocarpum* foi a única encontrada em todas as diferentes coberturas vegetais, sendo essa espécie considerada a mais generalista quanto aos diferentes tipos de solo. De acordo com Carrenho (1998), estes gêneros apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a diferentes variações nos teores de matéria orgânica, calagem, textura, e demonstram ter espécies resistentes a perturbações ambientais.



**Figura 5:** Aspecto geral dos distintos tipos de glomerosporos de FMA. A) *Acaulospora morrowiae*. B) *Funneliformis halonatum*. C) *Acaulospora scrobiculata*. D) *Acaulospora foveata*. E) *Glomus sp2*. F) *Acaulospora excavata*.

Fonte: Goto, 2009 e Nobre, 2010 (dados não publicados).

**Tabela1.** Ocorrência e densidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes formações vegetais na Amazônia. (mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B), área de empréstimo (J), gramínea (G) e reflorestamento (R))

Espécies	M	1/3 M	B	G	J	R
<i>Ambispora</i> sp	-	-	-	-	-	X
<i>Gigaspora</i> sp	-	-	X	-	X	-
<i>Glomus clarum</i>	-	-	-	-	X	-
<i>Funneliformis halonatum</i>	-	-	-	X	X	-
<i>F. geosporum</i>	-	-	-	-	X	-
<i>G. macrocarpum</i>	X	X	X	X	X	X
<i>G. microcarpum</i>	-	-	-	X	-	-
<i>Glomus</i> sp1	X	X	X	-	-	-
<i>Glomus</i> sp2	-	-	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp3	-	-	-	X	-	-
<i>Glomus</i> sp4	-	-	-	X	-	-
<i>Glomus</i> sp5	-	X	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp6	-	X	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp7	-	-	-	-	-	X
<i>Glomus</i> sp8	-	-	-	-	X	-
<i>Acaulospora delicata</i>	-	-	-	X	X	-
<i>A. excavata</i>	-	-	-	x	-	-
<i>A. foveata</i>	-	-	-	X	-	-
<i>A. mellea</i>	-	-	-	X	-	X
<i>A. morrowiae</i>	X	-	X	X	X	X
<i>A. scrobiculata</i>	-	-	-	X	X	X
<i>A. undulata</i>	-	-	-	-	-	X
<i>Acaulospora</i> sp1	-	-	-	-	X	-
<i>Acaulospora</i> sp2	-	-	-	X	-	-
<i>Acaulospora</i> sp3	-	-	-	X	-	-
<i>Acaulospora</i> sp4	-	-	-	X	-	-
<i>Acaulospora</i> sp5	-	-	-	X	-	-
<i>Scutellospora</i> sp1	-	-	X	-	-	-
Densidade	49	135	28	93	72	83

Segundo Turco et al. (1994), os índices de diversidade microbiana têm sido usados para descrever o estado das comunidades microbianas e o efeito das perturbações naturais ou antropogênicas. Estes atributos podem atuar como indicadores microbiológicos por mostrarem a estabilidade da comunidade e descrever a dinâmica ecológica de uma comunidade e os seus impactos.

A utilização do índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) é considerada ideal quando se deseja estudar os efeitos das perturbações sofridas pelos ecossistemas, pois é

um índice que atribui maior peso às espécies não dominantes, consideradas como espécies raras, que são as primeiras a sofrerem os efeitos dos impactos ambientais (Caproni, 2001). O índice de Simpson (C), que representa a dominância das espécies, apresentou uma tendência inversa ao do índice H'. Sturmer & Siqueira (2008) afirmam que depois da riqueza o índice de equitabilidade (I) é o mais importante, pois mede a abundância relativa de cada espécie e, ao mesmo tempo, considera a raridade ou não, e a sua abundância dentro da comunidade. O índice I tenta resumir em um único índice a riqueza e a uniformidade (Caproni, 2001).

Nas coberturas vegetais mais impactadas foram encontradas uma diversidade maior do que as de floresta clímax (Tabela 2) mostrando que as espécies de menor importância para a manutenção de um ecossistema primário sofreram uma seleção natural. A dominância de espécies (C) foi menor nas áreas mais impactadas, aumentando à medida que o ambiente é mais estável. A área de Mata em topo de relevo foi a que apresentou melhores índices de dominância de espécies e equitabilidade sendo a área mais estável dentre as demais coberturas estudadas.

**Tabela 2.** Índices de diversidade de fungos micorrízicos arbusculares. (índice de diversidade de Shannon (H'), índice de Simpson (C), índice de Equitabilidade (I) e número de espécies (S) encontrados em diferentes formações vegetais na Amazônia. (mata em topo de relevo (M), mata em 1/3 de encosta (1/3 M), mata em baixada (B), área de empréstimo (J), gramínea (G) e reflorestamento (R)).

	M	1/3 M	B	J	G	R
H'	0,20	0,43	0,58	0,63	1,00	0,59
C	0,75	0,41	0,34	0,41	0,13	0,36
I	0,43	0,71	0,74	0,63	0,83	0,70
S	3	4	6	11	16	8

Clapp et al. (1995) apontam a variação da cobertura vegetal como fator que afeta diretamente a multiplicação dos fungos como foram encontrados nos resultados deste trabalho (Tabela 1).

Munyanziz et al. (1997) observaram que em florestas não perturbadas a densidade de glomerosporos de FMAs foi muito baixa e aumentou com a ocorrência de baixo ou moderado grau de perturbação. A produção de glomerosporos por uma determinada espécie pode variar com o estágio de desenvolvimento da planta

hospedeira (Smith & Read, 1997). O número de glomerosporos de uma determinada espécie de FMA pode não refletir sua importância funcional ou sua proporção relativa dentro da comunidade (Morton et al., 1995; Douds & Millner, 1999).

## 5. CONCLUSÕES

Os atributos ligados aos fungos micorrízicos arbusculares, principalmente a glomalina, demonstraram ser bons indicadores de qualidade do solo, pois são extremamente afetadas pela mudança no uso do solo.

Áreas com menor cobertura vegetal e mais impactadas foram as que apresentaram maior diversidade de espécies, mostrando que a alteração de manejo/cobertura interfere diretamente na composição da comunidade de FMA.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae**, v. 68, n.1, p. 1-24. 1997.
- BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. **Plant Physiology**, v. 124, p. 949-958, 2000
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecosistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre-RS: Metrópole, 2008, p.9-26.
- BERBARA, R. L. L.; DE SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In FERNANDES, M. S. (Ed), **Nutrição Mineral de Plantas**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53-88.
- CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. O.; RIBEIRO, SILVA, E. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 937-945, 2003.
- CARENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Arbuscular mycorrhizal fungi in citric plants (*Citrus sinensis* L. Osbeck/*C. limonia* Osbeck) treated with fosetyl-Al and metalaxyl. **Mycological Research**, v. 102, p. 677-682, 1998.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 14, n. 1, p. 133-142, 1990.
- CLAPP, J. P.; YOUNG, J. P. W.; MERRYWEATHER, J. W.; FITTER, A. H. Diversity of fungal symbionts in arbuscular mycorrhizas from a natural community. **New Phytologist**, v.130, p. 259-265, 1995.
- COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: M. HUNGRIA.; R. S. ARAÚJO. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Eds. p. 383-418. EMBRAPA, 1994.
- CROMACK, K., CALDWELL, B.A. The role of fungi in litter decomposition and nutrient cycling. In: Carroll, G.C., Wicklow, D.T. (Eds.), 1992. **The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem**, p. 653-668. 1992.
- DE FEDE, K. L.; PANACCIONE, D. G.; SEXTONE, A. J. Characterization of dilution enrichment cultures obtained from size-fractionated soil bacteria by BIOLOGR community-level physiological profiles and restriction analysis of 16S rDNA genes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 11, p. 1555-1562, 2001.
- DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 77-93, 1999.



GOTO, B. T. **Taxonomia de Glomerycota: revisão morfológica, chaves dicotômicas e descrição de novos táxons**. 2009. 357p. Tese de Doutorado (Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

GRAYSTON, S. J.; GRIFFITH, G. S.; MAWDESLEY, J. L.; CAMPEBELL, C. D.; BARDGETT, R. D. Accounting of variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 4/5, p. 533-551, 2001.

HEIJDEN, M.; KIIRONOMOS, J.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STRIETWOLF-ENGEL, R.; BOOLER, T. WIENKEN, A. & SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, p. 69 – 72, 1998.

HWANG, S. F.; CHANG, K. F.; CHAKRAVARTY, P. Effects of vesicular arbuscular interaction with other microorganisms and pollutants. In: SMITH, S. E.; READ, D. J. (Eds.) **Mycorrhizal symbiosis**. 1997. p. 470-489.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: Why and how? **Geoderma**. v. 14, p. 145-156, 2003.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; KENNEDY, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 1, p. 65-76, 1999.

KLIRONOMOS, J. N.; MCCUNE, J.; HART, M.; NEVILLE, J. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. **Ecology Letters**, v. 3, p. 137–141, 2000.

LAMBIN, E. F.; GEIST H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment & Resources**, v. 28, p. 205-241, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. v. 1. 768 p.

MORTON, J. B.; BENNY, G. L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with emendation of Glomaceae. **Mycotaxon**, v. 37, p. 471-491, 1990.

MORTON, J.; BENTIVENGA, S. P.; BEVER, J. D. Discovery, measurement, and interpretation of diversity in arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes). **Canadian Journal of Botany**, v. 73, Suppl. 1. p. S25–S32. 1995.

MUNYANZIZ, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 77-85, 1997.

NICHOLS, K. A. **Characterization of glomalin – a glycoprotein produced by arbuscular mycorrhizal fungi**. 2003. Thesis (Ph.D.) – University of Maryland, College Park, MD.

PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature, Reviews Microbiology**. v. 6, p. 763-775, 2008.

PEÑA-VENEGAS, C. P.; CARDONA, G. I.; ARGUELLES, J. H.; ARCOS, A. L. Micorrizas Arbusculares del Sur de la Amazonia Colombiana y su Relación con Algunos Factores Fisicoquímicos y Biológicos del Suelo. **ACTA Amazônia**, v. 37, n.3, p. 327 – 336, 2007.

PEÑA-VENEGAS, C. P. Dinámica de la comunidad micorriza arbuscular en bosques de La Amazonia sur de Colombia. **Suelos ecuatoriales**, v. 31, n.1, p. 103-107, 2001.

PETROBRAS. Disponível em [http://sites.petrobras.com.br/biomapas//Content/Files/Biodiversidade\\_Urucu.pdf](http://sites.petrobras.com.br/biomapas//Content/Files/Biodiversidade_Urucu.pdf) Acesso em Dez. 2013.

PURIN, S.; RILLIG, M. C. The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: limitations, progress, and a new hypothesis for its function. **Pedobiologia**, v. 51, n. 2, p. 123-130, 2007.

RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F.; TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 233, n. 2, p. 167-177, 2001.

ROGERS, B. F.; TATE III, R. L. Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in Pineland soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 10, p. 1389-1401, 2001.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v. 138, p. 335-356, 2000.

SCHÜBLER, A.; SCHWARTZZOTT, D.; WALKER, C. A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v. 105, p. 1413-1421, 2001.

SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.4-10, 1997.

SIDDIQUI, Z. A.; PICHTEL, J. Mycorrhizae: An overview. In: SIDDIQUI, Z. A.; AKHTAR, M. S.; FUTAI, K. (Eds.) Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry. **Spinger Science**, p. 1- 36, 2008.

SMITH, S. E.; READ, D. J. Mycorrhizas in managed environments: forest production, interaction with other microorganisms and pollutants. In: SMITH, S. E.; READ, D. J. (Eds.) **Mycorrhizal symbiosis**. p. 470-489, 1997.

SOLAIMAN, M.Z.; SAITO, M. Use of sugars by intraradical hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi revealed by radiorespirometry. **New Phytologist**, v. 136, p. 533-538, 1997.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

STEINBERG, P. D.; RILLIG, M. C. Differential decomposition of arbuscular mycorrhizal fungal hyphae and glomalin. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, n. 1, p. 191-194, 2003.

STURMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Ecossistemas Brasileiros. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**. 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2008, v. 1, p. 537-583.

TIEDJE, J. M.; CHO, J. C.; MURRAY, A.; TREVES, D.; XIA, B.; AHOU, J. Soil teeming with life: new frontiers for soil science. In: REES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPEBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Org.). **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 393-412.

TORSVIK, V.; ØVREÅS, L. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. **Current Opinion in Microbiology**, v. 5, n. 3, p. 240-245, tropical forest soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 233, n. 2, p. 167-177, 2001.

TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicator of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R.G.; FAQUIN, V.; FURLANI NETO, A. E.; CARVALHO, J. Q. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529-550.

VANDENKOORNHUYSE, P.; BALDAUF, S. L.; LEYVAL, C.; STRACZEK, J.; YOUNG, J. P. W. Extensive fungal diversity in plant roots. **Science**, v. 295, p. 2051, 2002.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. Amazônia: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Ceres, 1987. 416p.

VISSER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, p. 33-37, 1992.

VODNIK, D.; GRČMAN, H.; MACEK, I.; ELTEREN VAN, J. T.; KOVACENIC, M. The contribution of glomalin-related soil protein to Pb and Zn sequestration in polluted soil. **Science of the Total Environment**, v. 392, n. 1, p. 130-136, 2008.

VOHLAND, K.; SCHROTH, G. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in central Amazonia as affected by plant species and management. **Applied Soil Ecology**, v.13, p. 57-68, 1999.

WRIGHT, S. F.; STARR, J. L.; PALTINEANU, I. C. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1825-1829, 1999.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, v. 198, n. 1, p. 97-107, 1998.

WRIGHT, S.F., UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**, 161, 575-586, 1996.

ZATORRE, N. P. **Influência da Mudança do Uso do Solo em Ecossistema na Amazônia Sul Ocidental**. 2004 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ.