



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ

INSTITUTO DE ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO REGIONAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE MARABÁ

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

LUDMILA HAÔR BARBOSA DIAS

**DIAGNÓSTICO DA REGENERAÇÃO NATURAL E QUALIDADE DO SOLO NA  
ÁREA DE RESERVA LEGAL DA FAZENDA CRISTALINA APÓS A  
IMPLANTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS**

Marabá-PA

Abril – 2016



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO REGIONAL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE MARABÁ  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

LUDMILA HAÔR BARBOSA DIAS

**DIAGNÓSTICO DA REGENERAÇÃO NATURAL E QUALIDADE DO SOLO NA  
ÁREA DE RESERVA LEGAL DA FAZENDA CRISTALINA APÓS A  
IMPLANTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá do Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em agronomia.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Andréa Hentz de Mello

Marabá

Abril de 2016

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

**Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA**

---

Dias, Ludmila Haôr Barbosa

Diagnóstico da regeneração natural e qualidade do solo na área de reserva legal da fazenda cristalina após a implantação de espécies florestais nativas / Ludmila Haôr Barbosa Dias; orientadora, Andréa Hentz de Mello. — 2016.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional, Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá, Curso de Agronomia, Marabá, 2016.

1. Regeneração do solo – São Domingos do Araguaia (PA). 2. Solo - análise. 3. Fertilidade do solo. 4. Agricultura sustentável. I. Mello, Andréa Hentz de, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 631.4098115

---



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO REGIONAL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE MARABÁ  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

LUDMILA HAÔR BARBOSA DIAS

**DIAGNÓSTICO DA REGENERAÇÃO NATURAL E QUALIDADE DO SOLO NA ÁREA DE RESERVA LEGAL DA FAZENDA CRISTALINA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS**

Data da defesa: 07/04/2016

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Andréa Hentz de Mello (**Orientadora**) FCAM/UNIFESSPA)

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Rodrigo de Almeida Muniz (**Examinador I/FCAMPO/UNIFESSPA**)

---

Prof<sup>a</sup>. Mec. Andreza Angélica Frota Gama (**Examinadora II/Pdtsa/UNIFESSPA**)

Marabá-PA

Abril – 2016

***DEDICO...***

*Em primeiro lugar a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. Ao meu pai Helton Haôr pelo apoio e incentivo durante toda essa jornada e ao meu padrasto Erivaldo Santis que sempre me incentivou e me ajudou e por último minha mãe Claudia Santis pelos seus cuidados e dedicação sempre.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pois sempre esteve ao meu lado, me dando forças para continuar e para conseguir alcançar meus objetivos.

À minha família, minha mãe Claudia Santis, pai Helton Haôr e meu padrasto Erivaldo Santis e minha avó Maria do Carmo e tia Regina por me ajudarem nos momentos mais difíceis desta caminhada.

A todos os integrantes da Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá (FCAM) e Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, pelo apoio, compreensão, serviços prestados e conhecimentos compartilhados, em especial as pessoas que seguem: Prof. Dra. Andréa Hentz de Mello pela orientação, compreensão e pelos conhecimentos prestados na construção deste trabalho, e a Prof.<sup>a</sup> Mec. Andreza Angélica Frota Gama e Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Muniz por terem aceitado a participar da banca examinadora deste trabalho.

Ao Projeto Biomass Amazônia/CNA/EMBRAPA pela oportunidade em acompanhar os experimentos de campo, como voluntária, e ao proprietário da Fazenda Cristalina Sr. Miller pela facilitação na realização deste trabalho.

À toda turma de Agronomia 2011, em especial a Micele Costa, Natasha de Jesus, Camila Lima, Ingrid Borges, por ter tornado essa caminhada árdua e trabalhosa feliz e descontraída, amo vocês.

À minha amiga Clarissa Leite, por ser tão especial e que de certa forma contribuiu para eu continuar nesta caminhada.

Agradeço a todos que sempre acreditaram e contribuíram para que a realização desse trabalho fosse possível.

## **RESUMO**

A regeneração natural é a forma mais antiga e natural de renovação de uma floresta. Todas as espécies arbóreas possuem mecanismos que permitem sua perpetuação no sistema natural. A regeneração natural é elemento importante na evolução de uma espécie arbórea e está intimamente correlacionada com o ambiente em que a espécie se desenvolveu, assim como com a biocenose em que evoluiu. A regeneração natural é um dos métodos recomendados para restauração florestal em Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e é a estratégia mais indicada para áreas que apresentam pequeno grau de perturbação. A regeneração natural ocorrerá através da substituição gradual de diferentes espécies vegetais, de tal modo que basta abandonar a área a ser restaurada para que esta naturalmente se recupere. Em alguns casos a recuperação ocorrerá mais rapidamente se já estiverem disponíveis indivíduos jovens remanescentes, banco de sementes e/ou rebrota de plantas por raízes. Assim, buscou-se com este trabalho diagnosticar a regeneração natural e qualidade do solo na área de Reserva Legal da Fazenda Cristalina após a introdução de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. O trabalho foi realizado na Fazenda Cristalina em São Domingos do Araguaia, no âmbito do Projeto Biomas, em uma área de 0,64ha. A fertilidade do solo da área de Reserva Legal da Fazenda Cristalina é um fator limitante para o bom desenvolvimento das mudas das espécies florestais nativas e sua regeneração natural, visto que a regeneração está ocorrendo lentamente, devido a presença dominante da braquiária e do assa peixe e falta de manejo silvicultural na área. Os organismos edáficos encontrados nas amostras de solo da área experimental revelam que o solo encontra-se em processo de reabilitação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reabilitação, Insumos Biológicos, Sustentabilidade

## **ABSTRACT**

Natural regeneration is the oldest and most natural form of renewal of a forest. All tree species have mechanisms that allow its perpetuation in the natural system. Natural regeneration is an important element in the evolution of a tree species and is closely correlated with the environment in which species developed, as well as the biocenosis that evolved. Natural regeneration is one of the recommended methods for forest restoration in Permanent Preservation Areas, Legal Reserves and the National Council of the Environment (CONAMA) and is the best strategy for areas with small degree of disturbance. Natural regeneration occurs through the gradual replacement of different plant species, so that sufficient leave the area to be restored so that it recovers naturally. In some cases recovery occurred faster if already available remaining young individuals, seed bank and / or regrowth of plants by the roots. So, we tried to work with this diagnose natural regeneration and soil quality in the Legal Reserve area of Fazenda Cristalina after the introduction of native species inoculated with mycorrhizal fungi. The study was conducted at Fazenda Cristalina in São Domingos do Araguaia, in the Biomes Project, in an area of 0,64ha. Soil fertility of Legal Reserve Area Crystal Farm is a limiting factor for the good development of seedlings of native forest species and their natural regeneration since regeneration is occurring slowly, due to the dominant presence of braquiária and braise fish and lack of silvicultural management in the area. The soil organisms found in soil samples of the experimental area, show that the soil is in the process of rehabilitation.

**KEYWORDS:** Rehabilitation , biological inputs , Sustainability



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> - Croqui dos solos da Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA. ....  | 25 |
| <b>Figura 2</b> - Preparo da área e das covas para plantio das espécies florestais do subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA. Fonte: Biomas (2014). ....   | 26 |
| <b>Figura 3</b> - Croqui do subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA.....   | 27 |
| <b>Figura 4</b> - Banco de Inóculo de Fungos Micorrízicos Arbusculares – Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá – Marabá – PA. Fonte: Hentz (2013). ....  | 28 |
| <b>Figura 5</b> - Plantio das mudas e Inoculação de fungos micorrízicos. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA. Fonte: Oliveira (2014). ....  | 28 |
| <b>Figura 6</b> - Vermicomposto proveniente do programa “Introdução de Extensão Agroflorestal no Curso de Agronomia através da criação de Minhocas Eisenia foetida para a produção de Vermicomposto. Fonte: Hentz (2015). ....              | 29 |
| <b>Figura 7</b> - Avaliação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das mudas e regeneração natural. Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA. Fonte: Gama (2014). ....   | 30 |
| <b>Figura 8</b> - Demarcação da área e avaliação da regeneração natural. Subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA. Fonte: Hentz (2015).....  | 31 |
| <b>Figura 9</b> - Mensuração dos indivíduos regenerados na área experimental do subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA. Fonte: Hentz (2015). ....   | 31 |
| <b>Figura 10</b> - Coleta de amostras de solo na área do experimento AM08 – Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA e avaliação no laboratório dos organismos edáficos encontrados nas amostras de solo. Fonte: Hentz (2015)..... | 32 |
| <b>Figura 11</b> - Esquema demonstrativo de avaliação dos organismos do solo. ....  | 33 |
| <b>Figura 12</b> - Aspecto da área experimental aos 365 dias após o plantio. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA. Fonte: Hentz (2015).....  | 41 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> - Características químicas do solo na camada (0-40 cm) da área experimental. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA.....           | 35 |
| <b>Tabela 2</b> - Resultados da análise química do solo (camada de 0 a 40 cm) na área do experimento. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA. .... | 36 |
| <b>Tabela 3</b> - Densidade populacional da mesofauna e microfauna na área experimental da Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA.....           | 38 |

## SUMÁRIO

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                | 12 |
| <b>2</b>     | <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....     | 14 |
| 2.1          | REGENERAÇÃO NATURAL .....              | 14 |
| 2.2          | O SOLO .....                           | 16 |
| 2.3          | INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO ..... | 18 |
| <b>2.3.1</b> | <b>Indicadores físicos</b> .....       | 19 |
| <b>2.3.2</b> | <b>Indicadores químicos</b> .....      | 20 |
| <b>2.3.3</b> | <b>Indicadores biológicos</b> .....    | 21 |
| <b>3</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....        | 23 |
| 3.1          | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....  | 23 |
| 3.2          | IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO.....        | 25 |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....    | 34 |
| <b>5</b>     | <b>CONCLUSÃO</b> .....                 | 42 |
| <b>6</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....      | 41 |
| <b>7</b>     | <b>REFERÊNCIAS</b> .....               | 44 |

## 1 INTRODUÇÃO

A regeneração natural decorre da interação de processos naturais de restabelecimento do ecossistema florestal (GAMA et al, 2002), sendo portanto, parte do ciclo de crescimento da floresta e refere-se às fases iniciais de seu estabelecimento e desenvolvimento. O estudo da regeneração natural permite a realização de previsões sobre o comportamento e desenvolvimento futuro da floresta, pois fornece a relação e a quantidade de espécies que constituem seu estoque, bem como suas dimensões e distribuição na área (CARVALHO, 1982).

O termo regeneração natural representa um parâmetro fitossociológico, logo ele é calculado e não medido ou contado, e representa também a estrutura da regeneração natural, pois é um parâmetro que expressa a densidade (abundância relativa), a distribuição espacial (frequência relativa) e a estratificação (categoria de tamanho relativa) dos indivíduos de uma espécie ou da floresta, isto é, da regeneração natural, sendo seu valor dado pela média aritmética desses três parâmetros.

A densidade, frequência, dominância, índice de valor de importância, classe absoluta e relativa de tamanho da regeneração natural e valor de importância ampliado para a regeneração natural também podem ser avaliados considerando o descrito por Curtis e McIntosh (1951) e por Finol (1971). É importante destacar também que o termo regeneração natural pode ser interpretado como um dos extratos da floresta, formado pelo banco de plântulas e indivíduos jovens, e também como o processo em que as florestas se regeneram após distúrbios, como a regeneração em clareiras, em campos de cultivo abandonados e outros.

Para Magnago et al. (2012), a regeneração natural é ferramenta importante para a restauração florestal, principalmente para grandes áreas geográficas, onde os métodos de plantio e outros podem ser inviáveis devido aos elevados custos financeiros.

Para que a regeneração natural ocorra, é necessário que o processo de sucessão se inicie, caracterizado pela sequência de comunidades vegetais, animais e microrganismos que sucessivamente vão ocupando uma área ao longo do tempo (KIMMINS, MAILLY, 1996). Para isso, os componentes naturais que atuam na sucessão e que respondem às

perturbações do meio como as fontes de propágulos, os agentes de dispersão, as condições microclimáticas e o substrato para o estabelecimento dos ingressos vegetativos devem estar atuando e presentes (CAMPELLO, 1998).

Destaca-se, nesse sentido, a alta capacidade de reação da natureza às mais diversas alterações na vegetação, principalmente em regiões tropicais, uma vez que água e temperatura não são fatores limitantes (NEPSTAD et al., 1991), sendo demonstrado por Vieira e Scariot (2006) e Sampaio et al. (2007) a importância da regeneração natural na restauração de floresta estacional decidual. Contudo, em locais onde ocorre a degradação do solo, a ausência de matéria orgânica faz com que estas apresentem baixa resiliência, ou seja, a reação ambiental para retorno às condições anteriores pode não ocorrer ou ser muito lenta (CARPANEZZI, et al., 1990).

Durigan e Engel (2012) relatam que em muitas circunstâncias pode-se contar com a resiliência do ecossistema e a restauração se fará naturalmente. Já Magnago et al. (2012) afirmam que áreas degradadas podem vir a se recuperar naturalmente por meio de processos sucessionais, desde que a matriz onde estão inseridas seja permeável à fauna e contenha fragmentos, fontes de propágulos. Neste sentido, a restauração florestal pode ser com baixa diversidade ou depender apenas da regeneração natural quando a matriz da paisagem é florestal, uma vez que o enriquecimento com espécies nativas no decorrer do tempo tende a ser natural (MARTINS, et al., 2012).

Rodrigues e Gandolfi (2004) e Martins (2013) abordam que o isolamento de uma determinada área degradada dos fatores de perturbação é o primeiro procedimento a ser adotado na sua restauração. Os autores afirmam que o cercamento da área impede o acesso de animais (equinos, bovinos e caprinos) e limita espacialmente a atividade agrícola, permitindo que os processos ecológicos se restabeleçam e que promovam a regeneração natural das espécies.

Nessa diretriz, e considerando uma paisagem favorável, muitas vezes basta remover os agentes degradantes e proteger as áreas para estimular a sucessão (FERRETTI, 2002b; JESUS, ROLIM, 2005; MARTINS, 2007 e 2013).

Assim, objetivou-se com este trabalho, diagnosticar a regeneração natural e qualidade do solo na área de Reserva Legal da Fazenda Cristalina após a introdução de espécies florestais nativas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 REGENERAÇÃO NATURAL**

A regeneração natural é a forma mais antiga e natural de renovação de uma floresta. Todas as espécies arbóreas possuem mecanismos que permitem sua perpetuação no sistema natural. A regeneração natural é elemento importante na evolução de uma espécie arbórea e está intimamente correlacionada com o ambiente em que a espécie se desenvolveu, assim como com a biocenose em que evoluiu (SEITZ; JANKOVSKI, 1998).

A regeneração natural ocorre após o abandono da área degradada, quando esta estiver próxima de se estabilizar, porém, encontrando-se em condições distintas da original (BITAR, 1997).

A recuperação de uma dada área degradada deve ter como objetivos recuperar suas características física, química e biológica (estrutura) e, ao mesmo tempo, recuperar sua capacidade produtiva (função), seja na produção de alimentos e matérias-primas ou na prestação de serviços ambientais.

A regeneração natural, assim como a sucessão ecológica são de extrema importância para a restauração florestal de novas áreas, pois estas auxiliam no processo de renovação da composição florística do local e a manutenção das espécies nativas de uma determinada região (HÜLLER, et al., 2011 e STARR, 2009). De acordo com o nível de degradação dos ecossistemas o retorno natural deste a sua condição original pode não ser mais possível, se não houver uma intervenção antrópica (SIEGEL, 2009).

É nesse sentido, que o projeto Biomas Amazônia, através da introdução de subprojetos em áreas de produção, reserva legal e áreas de preservação permanente da Fazenda Cristalina, em São Domingos do Araguaia, vem atuando desde 2013, em busca de recuperação de áreas degradadas através do plantio de espécies florestais nativas e estudo da regeneração natural destas áreas (HENTZ, et al., 2015).

Segundo Sartori et al. (2002), a capacidade de regeneração natural de espécies nativas em situações de competição com árvores de plantios florestais pode ser considerado um fator de grande valor para a manutenção da biodiversidade, visto que não só estaria mantendo o patrimônio genético vegetal, mas também estaria propiciando melhores condições de sobrevivência da fauna silvestre, assegurando melhores condições de abrigo e alimentação

Segundo Seitz (1994), a regeneração natural da vegetação tem recuperado grandes áreas degradadas durante os séculos passados. Afirma também que a regeneração natural da vegetação é o processo mais econômico para recuperar áreas degradadas.

A regeneração natural dependendo da condição da área pode facilitar a recomposição da diversidade desta, através de estratos vegetais que são reconstituídos por interações planta-animal, conduzindo ao sucesso da sucessão ecológica (FILHO, et al., 2007), porém este processo dependerá de fatores como intemperização dos solos e da proximidades de árvores produtoras de semente (AZEVEDO, 2011).

Existem dois tipos de estudos voltados para a regeneração natural, o estático e o dinâmico, onde o primeiro é relacionado com a situação atual da regeneração, e o segundo refere-se aos processos silviculturais, que permitam o favorecimento da regeneração já existente e a indução em espécies (FILHO et al,2002).

A regeneração natural constitui um dos estoques de diversidade da vegetação e representa a futura composição florística de uma área, pois mantém indivíduos para a substituição de outros indivíduos à medida que o ambiente propicia o seu recrutamento para classe de tamanho imediatamente superior.

A ação de regeneração natural em ambientes florestais é dinâmica, variável no espaço e no tempo e parte integrante do ciclo de desenvolvimento das florestas. Assim, conhecer o potencial de regeneração de uma área e dos fatores condicionantes é essencial para o sucesso de projetos de restauração parcial ou total da vegetação em áreas degradadas ou no manejo florestal (VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2011).

A regeneração natural é um dos métodos recomendados para restauração florestal em Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e é a estratégia mais indicada para áreas que apresentam pequeno

grau de perturbação. A regeneração natural ocorrerá através da substituição gradual de diferentes espécies vegetais, de tal modo que basta abandonar a área a ser restaurada para que esta naturalmente se recupere. Em alguns casos a recuperação ocorrerá mais rapidamente se já estiverem disponíveis indivíduos jovens remanescentes, banco de sementes e/ou rebrota de plantas por raízes (CURY; CARVALHO, 2011), como o proposto para as áreas degradadas da Fazenda Cristalina em São Domingos do Araguaia – PA.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985/2000, define a recuperação de uma dada área como sendo a restituição da mesma a uma condição não degradada que pode ser ou não, diferente da sua condição original, consistindo a recuperação no retorno da área próximo da sua condição natural, enquanto que a revegetação consistirá em restabelecer a cobertura vegetal nas áreas degradadas (ALMEIDA; SANCHEZ, 2005).

Estudos que analisam a regeneração natural apesar da sua importância, ainda são deficientes, e é neste sentido que este trabalho objetiva a avaliação do estágio de regeneração natural na área de Reserva Legal da Fazenda Cristalina após a introdução de espécies florestais nativas.

## 2.2 O SOLO

De acordo com Leinz e Amaral (1974), a origem do solo se dá ao final do processo de intemperismo das rochas, tendo condições físicas, químicas e biológicas que permitam o desenvolvimento da vida vegetal junto a atividades de microrganismos em mútua associação com a vida de vegetais mais desenvolvidos.

O solo é um material mineral ou orgânico não consolidado na superfície da terra, influenciado por fatores genéticos e ambientais, como material de origem, topografia, clima (temperatura e umidade) e microrganismos, que se encarregaram da sua formação no decorrer de um certo tempo, e é sempre diferente, nas suas propriedades e características físicas, químicas, biológicas e morfológicas do material de origem (FAGERIA, 1989; CURI et al., 1993). Pode-se conceituar o solo ainda como sendo camada delgada de material não consolidado que cobre a superfície da crosta terrestre e que corresponde a um sistema poroso constituído por partículas sólidas e volume de vazios, que podem ser



ocupados pelo ar e pela água, assim exercendo a função de armazenador de nutrientes, e água para o desenvolvimento de cultivos (KLAR, 1984).

Para desenvolver suas funções em relação às plantas, o solo possui uma necessidade de certa quantidade de água, tendo por função o transporte de nutrientes e, através da transpiração, atua como refrigerador das folhas, além de ter outras finalidades, como participar ativamente do metabolismo vegetal e da composição e atividade da população microbiana do solo (KLAR, 1984).

Para Blum e Santelises (1994), o solo possui seis funções principais, sendo três ecológicas e três ligadas à atividade humana. As funções ecológicas incluem: a) produção de biomassa (alimentos, fibras e energia); b) filtração, tamponamento e transformação da matéria para proteger o ambiente, da poluição das águas subterrâneas e dos alimentos; c) habitat biológico e reserva genética de plantas, animais e organismos, que devem ser protegidos da extinção. As funções ligadas à atividade humana incluem: a) meio físico que serve de base para estruturas industriais e atividades socioeconômicas, habitação, sistema de transportes e disposição de resíduos; b) fonte de material particulado (areia, argila e minerais); c) parte da herança cultural, paleontológica e arqueológica, importante para preservação da história da humanidade. No caso das atividades relacionadas à agricultura e meio ambiente, as principais funções do solo são: a) prover um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microrganismos; b) regulação do fluxo de água no ambiente; e c) servir como um “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente (LARSON; PIERCE, 1994).

Segundo o CONAMA as funções principais do solo são: servir como meio básico para a sustentação da vida; servir de habitat para as pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos; manter o ciclo da água e dos nutrientes; servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo; agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos; proteger as águas superficiais e subterrâneas; servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural; constituir fonte de recursos minerais e servir como meio básico para a ocupação territorial e práticas recreativas, bem como outros usos públicos e econômicos (BRASIL, 2009).

A fertilidade do solo é caracterizada pela capacidade deste em suprir os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas e a sua qualidade física, química e biológica. Na maioria das vezes, esse conceito é utilizado levando em consideração apenas o ponto de vista químico, isto é, a disponibilidade de nutrientes no solo, mas também deve ser entendida como fertilidade física, considerando elementos importantes como a profundidade efetiva do solo, existência de impedimentos à penetração radicular, porosidade, disponibilidade de água e de oxigênio, destacando-se também a fertilidade biológica que é caracterizada pela ação dos organismos vivos, compostos pelas plantas (cultivadas e espontâneas), fauna do solo e microrganismos (FEIDEN, 2001).

### 2.3 INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Segundo Doran (1997) a qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Em outras palavras, é a capacidade do solo exercer suas funções na natureza que são: funcionar como meio para o crescimento das plantas; regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente; estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera; e servir como tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (LARSON; PIERCE, 1994; KARLEN, et al., 1997).

Karlen et al. (1997) apresentaram a concepção de que se um solo estiver funcionando de acordo com o seu máximo potencial para um determinado uso, ele terá excelente qualidade; se não, o seu potencial poderá ter sido alterado pelo uso ou manejo, ou o solo naturalmente possuirá baixa qualidade. Dessa forma, medir a qualidade do solo significa atribuir um valor ao solo em relação à sua capacidade de cumprir uma função específica.

De acordo com Soil Science Society of America (1997), a qualidade do solo é sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade do meio ambiente e promover a sanidade das plantas e animais. Similarmente, Parr, et al. (1992), definiram a qualidade do solo como sua capacidade de produzir culturas nutricionais de maneira sustentável a longo prazo e

maximizar a saúde humana e animal, sem danificar o meio ambiente. A qualidade do solo não deve ser confundida com a saúde, a produtividade ou a fertilidade do solo. A saúde do solo é sua habilidade de produzir de acordo com sua potencialidade. As condições do solo ou sua saúde mudam com o tempo devido ao uso e manejo humanos ou a eventos naturais não usuais.

Um solo de boa qualidade é aquele capaz de estar em equilíbrio não só para manter a sua produtividade biológica e, assim, produzir grãos, leite, carne e fibras, mas, também, para exercer serviços ambientais importantes, como a ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, a fixação biológica de nitrogênio, controle biológico de pragas e doenças, além de contribuir para o armazenamento e filtragem da água (MENDES; REIS JUNIOR, 2004), promovendo subsídios para a regeneração natural de um ambiente degradado.

### **2.3.1 Indicadores físicos**

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo, para agricultura, têm sido quantificados utilizando diversos atributos: densidade (DE MARIA, et al., 1999; STONE; SILVEIRA, 2001), porosidade (BEUTLER, et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2001) e resistência à penetração das raízes (TORMENA; ROLOFF, 1996; DE MARIA, et al., 1999; ROSOLEM, et al., 1999; BEUTLER, et al., 2001).

A densidade é um importante atributo físico do solo, pois através dela são fornecidos parâmetros a respeito do estado de conservação do mesmo, sendo uma das primeiras propriedades a ser alterada pelos diferentes usos e tipos de manejo do solo. É largamente utilizado na avaliação da compactação ou também chamado adensamento dos solos (CAMARGO, 1983).

Segundo Reinert e Reichert (2006), as outras duas propriedades físicas, hierarquicamente mais importantes, referem-se à textura do solo, que é definida pela distribuição de tamanho de partículas, e a estrutura do solo definida pelo arranjo das partículas em agregados. A porosidade do solo, por sua vez, é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos de importância na física de solos, tais como retenção e fluxo de água e ar, e, se analisada conjuntamente com a matriz do solo, gera um grupo de outras propriedades físicas do solo associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo.

A estrutura é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas à sua forma (ALBUQUERQUE, et al., 1995) e/ou a sua estabilidade (CAMPOS, et al., 1995).

A porosidade é um atributo que influencia a qualidade do solo, sendo também um dos componentes da estrutura e influenciada pela agregação. Segundo Topp; Zebchuk (1979), das diferentes propriedades físicas usadas na quantificação da qualidade do solo, a densidade e a porosidade são as mais amplamente utilizadas.

De acordo com Reinert e Reichert (2006), para um solo ser considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular. Paralelamente, boa estabilidade dos agregados e boa infiltração de água no solo são condições físicas importantes para qualidade ambiental dos ecossistemas.

Os atributos físicos têm efeitos diferenciados devido ao tipo de preparo de solo adotado em cada sistema de manejo, são dependentes da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo dos resíduos vegetais e das condições de umidade do solo no momento do preparo (VIEIRA; MUZILLE, 1995).

### **2.3.2 Indicadores químicos**

Indicadores químicos incluem medições de pH, salinidade, matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, capacidade de trocas de cátions e ciclagem de nutrientes. As condições químicas do solo afetam a relação solo-planta, qualidade da água, capacidade tamponante, disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos, mobilidade de contaminantes, entre outros (SANTANA, 1999).

Outro indicador importante na determinação da qualidade do solo é a Matéria Orgânica (MO), porque mantém relação com várias propriedades físicas, químicas e biológicas, segundo Reichert, et al. (2003). A MO é considerada, por Conceição, et al. (2005), como um eficiente indicador para determinar a qualidade do solo modificada por sistemas de manejo. Além da influência do manejo de culturas e preparo do solo, a MO é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que atuam melhorando os processos biológicos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo, conforme Leite (2003). Na formação de agregados do solo a MO é de fundamental

importância, pois estabiliza os agregados formados pela aproximação das partículas minerais, segundo Bayer e Mielniczuk (2008). Por este motivo, Paladini e Mielniczuk (1991) afirmam que os sistemas agrícolas que menos revolvem o solo e adicionam mais resíduos podem deter a degradação da qualidade estrutural de solos cultivados e também promover a recuperação daqueles que já foram degradados.

Segundo Silva, et al. (2004), matéria orgânica do solo é o conjunto de todos os componentes que contenham carbono orgânico na sua constituição, incluindo desde microrganismos (vivos e mortos), resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, produtos derivados dessa decomposição e substâncias microbiológica ou quimicamente alteradas.

Além de atuar como fonte primária e reserva de nutrientes para as plantas, a matéria orgânica do solo pode ser usada como atributo indicador da degradação ou qualidade do mesmo, por ser sensível às mudanças de manejo, da cobertura e às perturbações do solo (CONCEIÇÃO, et al., 2005; GREGORICH, et al., 1994).

O estoque de matéria orgânica e carbono no solo é, significativamente, afetado por distúrbios naturais e antropogênicos. Os distúrbios naturais podem ser altamente destrutivos, causando danos drásticos ao ecossistema, tais como vento, fogo, seca, insetos e doenças, os quais podem resultar em mudanças na umidade do solo, regime de temperatura, sucessão de espécies florestais, biomassa acumulada e retorno de serrapilheira ao solo (ELLIOT, 2003). Os fatores antropogênicos são representados pelas atividades de manejo florestal, desmatamento, plantações florestais e seu consequente manejo (MCGUIRE, et al., 2002).

### **2.3.3 Indicadores biológicos**

O termo bioindicador é utilizado para identificar organismos que podem produzir respostas biológicas que indicam efeitos de poluentes neles próprios nas populações, comunidades e ecossistemas. Pode-se apontar como bioindicadores, por exemplo, mudanças na riqueza e abundância de espécies de populações de diferentes comunidades, no tamanho dos espécimes, na integridade reprodutiva, entre outros efeitos. As medidas de bioindicadores têm sido usadas para apontar a probabilidade de um agente estressor causar efeito adverso no ambiente e nas populações, e também para caracterizar a saúde do

ambiente; indicar o grau de perigo e dar suporte às determinações dos possíveis riscos ecológicos das mudanças ambientais. Na agricultura, o uso de agrotóxicos ou pesticidas pode representar um desses riscos porque pode provocar alterações indesejáveis como alterações negativas nas funções, atividades e no número e na abundância de indivíduos de diferentes populações, assim como nas características do próprio ambiente (ANDRÉA, 2008).

Indicadores biológicos incluem medições de micro e macrorganismos, suas atividades e subprodutos. A taxa de respiração pode ser usado para medir a atividade microbiológica, especialmente a decomposição de matéria orgânica no solo (SANTANA, 1999).

Segundo Baretta (2007), depois de pesquisar sobre os atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental, verificou-se que o estudo dos indicadores biológicos da qualidade do solo é importante para entender os processos ecológicos envolvidos naqueles sistemas, posto que a fauna edáfica atua na decomposição e mineralização da matéria orgânica e nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Ducatti (2002), constatou que os organismos da fauna edáfica desempenham papel importante na melhora da qualidade do solo, principalmente na mobilização de nutrientes, fragmentação dos resíduos orgânicos e mistura destes com o solo mineral, de modo a favorecer a incorporação da matéria orgânica. Além de terem a importante função de promover a aeração e permeabilidade do solo, por meio de galerias construídas, facilitando assim, a penetração das raízes.

Os bioindicadores podem ser utilizados para se verificar condições do ambiente e se obter um sinal antecipado de mudanças ambientais. Indicadores ecológicos precisam capturar a complexidade do sistema, porém, precisam ser simples o bastante para que possam ser rotineiramente monitorados. Sensibilidade a estresses ambientais está dentre as características exigidas para seleção de um bom bioindicador (SANTOS, 2006).

Segundo Correia, et al. (1997), a fauna sofre efeito e reflete as características do habitat, seja o clima, tipo de solo e fitofisionomia ou quantidade/qualidade da serapilheira ou matéria orgânica e tipos de manejo. Neste sentido, faz-se importante a preservação da diversidade da fauna do solo na floresta tropical para o processo de reciclagem de

nutrientes (YANG; CHEN, 2009), e alterações nesta constituem-se como bons indicadores de mudanças no sistema (STORK; EGGLETON, 1992, LINDEN, et al., 1994).

Kitamura (2007), pesquisando a recuperação do Latossolo Vermelho distrófico, verificou que a presença de besouro (coleóptero nas fases jovem e adulta) era um indicador de diversidade da macrofauna do solo em recuperação. Vampré (2010), em sua pesquisa, constatou que as minhocas da espécie *Eisenia andrei* bioacumulavam hexaclorobenzeno a partir do solo, podendo ser úteis como indicadores de poluição do solo por aquela substância. De acordo com Lima (2010), os sistemas agroflorestais propiciam melhores características químicas do solo e maior abundância e biodiversidade de espécies da macrofauna invertebrada do solo. Neste estudo, a implementação de sistemas agroflorestais favoreceu o aumento da riqueza e densidade dos organismos da macrofauna edáfica.

Em áreas de regeneração natural a presença destes organismos será de fundamental importância para o diagnóstico da resiliência do sistema (Hentz, et al., 2011) e indicação da recuperação das áreas degradadas.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto Biomas Amazônia, subprojeto “AM08 - Avaliação do desenvolvimento de mudas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e estudo da regeneração natural em áreas de reserva legal na Fazenda Cristalina”, desenvolvido em parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Confederação Nacional da Agricultura (CNA), entre os anos de 2014 e 2015, na Fazenda Cristalina localizada no município de São Domingos do Araguaia, com coordenadas geográficas W 048° 29’055’’ S 05°36’135’’ e dimensão de 1.602,0661ha<sup>-1</sup>, sendo que 801,0379 ha são destinados à Reserva Legal com solos degradados.

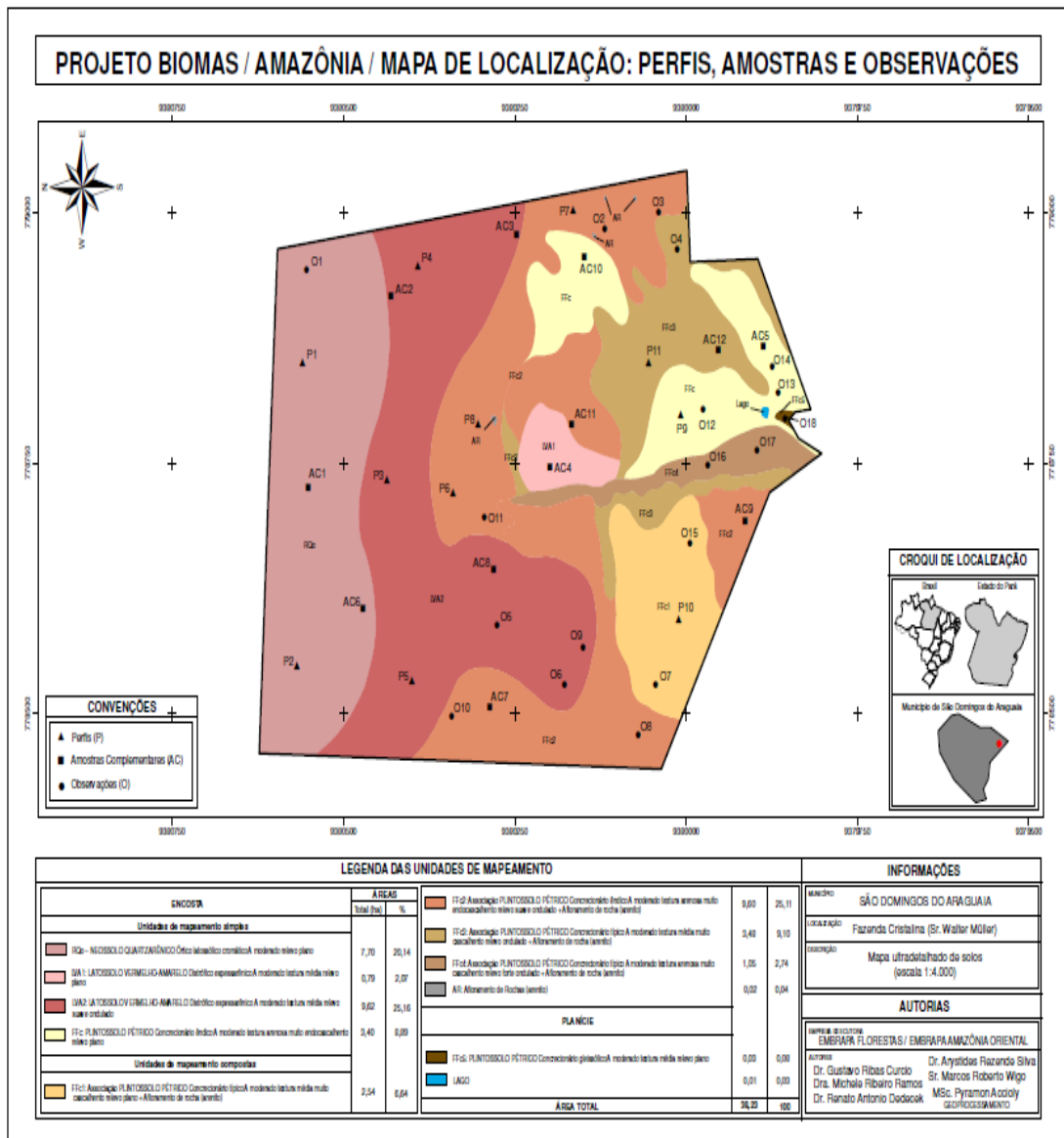
A Fazenda Cristalina está inserida na região que apresenta clima dos tipos Am (tropical úmido e monção) e Aw (tropical úmido), segundo a classificação de Köppen, com base, principalmente, nas precipitações pluviométricas e nas temperaturas. O período chuvoso é notório de dezembro a maio e o mais seco, de junho a novembro, estando o índice pluviométrico em torno de 2.000 mm/ano. A umidade relativa do ar é elevada, oscilando entre as estações mais chuvosas a mais seca. Segundo a classificação climática de

Thorntwaite – que considera os índices representativos de umidade, aridez e eficiência térmica, diretamente derivados da precipitação pluviométrica e da temperatura – a cidade de Marabá enquadra-se em uma região de clima úmido e subúmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água, anualmente. A área apresenta temperatura média mínima, anual, de 10°C a 26°C e média máxima de 25°C a 35°C, com a umidade média anual de 85% (ALMEIDA, 2007).

De acordo com Cursio (2015), dados ainda não publicados, os solos da Fazenda Cristalina estão classificados de acordo com os apresentados na figura 1, sendo os predominantes os Latossolos Vermelho Amarelo, Neossolos Quartzarênicos, Plintossolos e Neossolos Litólicos.

O solo da área experimental foi classificado como Plintossolos Pétricos, solos de baixo potencial de uso com baixa fertilidade. O relevo foi caracterizado como ligeiramente suave e de espessura pequena com presença da rocha mãe próxima à superfície.





**Figura 1-** Croqui dos solos da Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA.

**Fonte:** Cursio (2015 em preparação).

### 3.2 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

O subprojeto AM08 do Projeto Biomas Amazônia, foi implantado em uma área de aproximadamente 0,64 ha, onde contou com várias etapas para a sua execução. A primeira etapa constituiu-se do plantio de mudas de essências florestais nativas em área de Reserva Legal, em 10 de janeiro de 2014 das espécies de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e sapucaia (*Lecythis pisonis*) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e adubadas com fertilizantes químicos e orgânicos (figura 2).

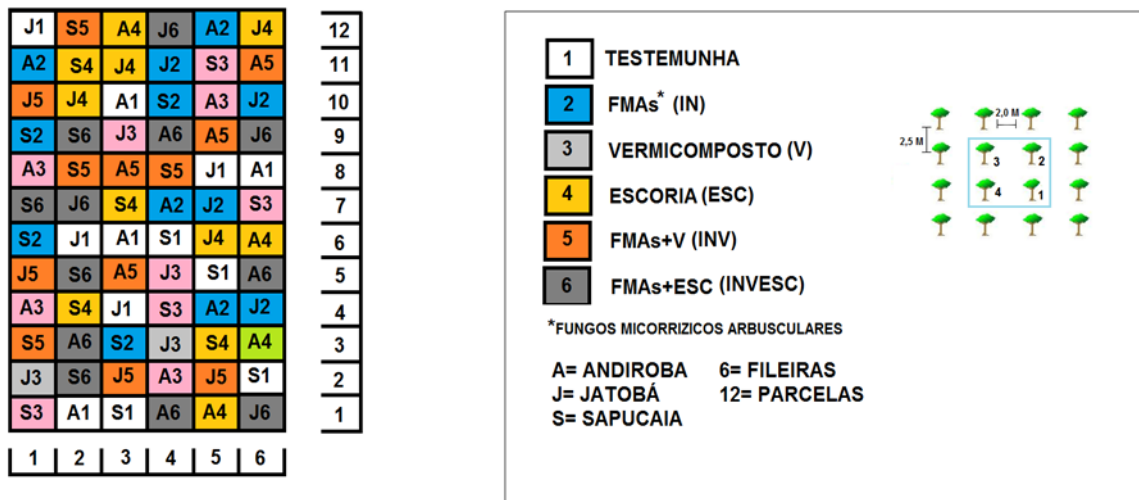


**Figura 2** - Preparo da área e das covas para plantio das espécies florestais do subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA.

**Fonte:** Biomas (2014).

O delineamento experimental do subprojeto AM08 foi composto por 1 bloco contendo parcelas subdivididas, com 6 tratamentos, 4 repetições e 3 espécies de plantas ( $6 \times 4 \times 3 = 72$  parcelas) com 16 plantas em cada parcela, onde apenas as 4 centrais de cada bloco foram avaliadas (figura 3). O bloco foi dividido em 6 fileiras com 12 parcelas. Os tratamentos foram 1- testemunha (T), 2- inoculadas com fungos micorrízicos (IN), 3- Vermicomposto (V), 4- Escória (Esc), 5- Inoculadas com fungos micorrízicos + vermicomposto (INV) e 6- Inoculadas com fungos micorrízicos +escória (INESC).

O espaçamento entre linhas foi de 2,5m x 2,5m e entre mudas 2,0m x 2,0m, considerando um aceiro de 5m, totalizando uma área total de  $6401,8 \text{ m}^2$ , correspondendo a 0,64 ha. O número total de mudas plantadas foi de 1152 mudas (figura 3), sendo 384 mudas de cada espécie.



**Figura 3** - Croqui do subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA

**Fonte:** Hentz (2013).

As mudas das espécies florestais nativas para o plantio foram adquiridas de uma empresa privada localizada no Município de Parauapebas - PA, e os fungos micorrízicos utilizados na inoculação das mudas, foram doados pelo Banco de Inóculo da Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá (FCAM), constituindo-se de 1 grama de inóculo (figura 4), sendo das espécies *Gigaspora margarita* e *Scutelospora heterogama*. A inoculação dos FMA<sup>s</sup> se deu no momento do plantio nas covas de acordo com a figura 5.



**Figura 4** - Banco de Inóculo de Fungos Micorrízicos Arbusculares – Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá – Marabá – PA.

**Fonte:** Hentz (2013).



**Figura 5** - Plantio das mudas e Inoculação de fungos micorrízicos. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA.

**Fonte:** Oliveira (2014).

A escória utilizada no experimento para a adubação das mudas com este tratamento foi doada por uma Siderúrgica do Município de Marabá, e cem gramas (100 g) foram colocadas diretamente nas covas de plantio e o Vermicomposto foi doado (figura 6) pelo programa de Extensão “Introdução de Extensão Agroflorestal no Curso de Agronomia através da criação de minhocas *Eisenia foetida* para a produção de vermicomposto”.



**Figura 6** - Vermicomposto proveniente do programa “Introdução de Extensão Agroflorestal no Curso de Agronomia através da criação de Minhocas *Eisenia foetida* para a produção de Vermicomposto.

**Fonte:** HENTZ (2015).

As avaliações silviculturais das mudas (altura, número de folhas e diâmetro do colo) foram realizadas a cada 30 dias a partir do plantio no campo e seguiram por 360 dias (figura 7) até dezembro de 2015, gerando três trabalhos de conclusão de curso defendidos em dezembro de 2015 que foram: “Avaliação do desenvolvimento de mudas de sapucaia (*Lecythispisonis* Cambess) inoculada com fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto a fim de compor áreas de reserva legal na região sudeste do Pará”, o segundo foi “Avaliação do desenvolvimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) inoculada com fungos micorrízicos arbusculares e escória em solo degradado da Fazenda Cristalina” e o terceiro trabalho foi “Efeito de vermicomposto em mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) em associação com fungos micorrízicos arbusculares na Fazenda Cristalina- São Domingos Do Araguaia – PA.



**Figura 7** - Avaliação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das mudas e regeneração natural. Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA.

**Fonte:** Gama (2014).

Para a terceira etapa do projeto, objeto deste estudo, foi realizado o diagnóstico da regeneração natural da área de plantio das espécies florestais nativas, bem como a avaliação da qualidade do solo 365 dias após o plantio. Assim, em dezembro de 2015, foi amostrados em um raio de 6400 m<sup>2</sup> todos os indivíduos vegetais de acordo com as diretrizes simplificadas para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira (GT Monitoramento de florestas, 2004), seguindo metodologia do comitê nacional. As parcelas permanentes foram estabelecidas em campo proporcionalmente a área amostrada. O tamanho de cada parcela foi definido no momento da amostragem, distribuídas de forma sistemática em transectos paralelos, demarcadas permanentemente com piquetes de marcação de madeira (figura 8).



**Figura 8** - Demarcação da área e avaliação da regeneração natural. Subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA.

**Fonte:** HENTZ (2015).

Foram mensurados os indivíduos em pé, com circunferência à altura do peito (CAP), medida em relação ao solo, maior ou igual a 15 cm (figura 9), onde foi realizada a identificação da espécie (nome científico e nome comum). As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema APG III (Angiosperm Phylogeny Group, 2009). As amostras botânicas, férteis (flores e frutos) ou não, foram identificadas por comparação com exsicatas de herbários, além de consultas a especialistas e de literatura especializada.



**Figura 9** - Mensuração dos indivíduos regenerados na área experimental do subprojeto AM08 – Fazenda Cristalina – São Domingos do Araguaia – PA.

**Fonte:** Hentz (2015).

Para a avaliação da qualidade biológica e química do solo na área experimental, 10 amostras compostas de solo na profundidade de 0-5cm foram coletadas aleatoriamente na área, no início da estação chuvosa na região sudeste do Pará (dezembro de 2015), andando em zigue zague de acordo com a metodologia proposta por Lemos (1999), constituindo-se em amostras simples, onde foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá para identificação e classificação dos organismos do solo (figura 10) e para o Laboratório de Análises Químicas e Fertilidade do Solo – Fullin no Espírito Santo para a avaliação da qualidade química do solo.

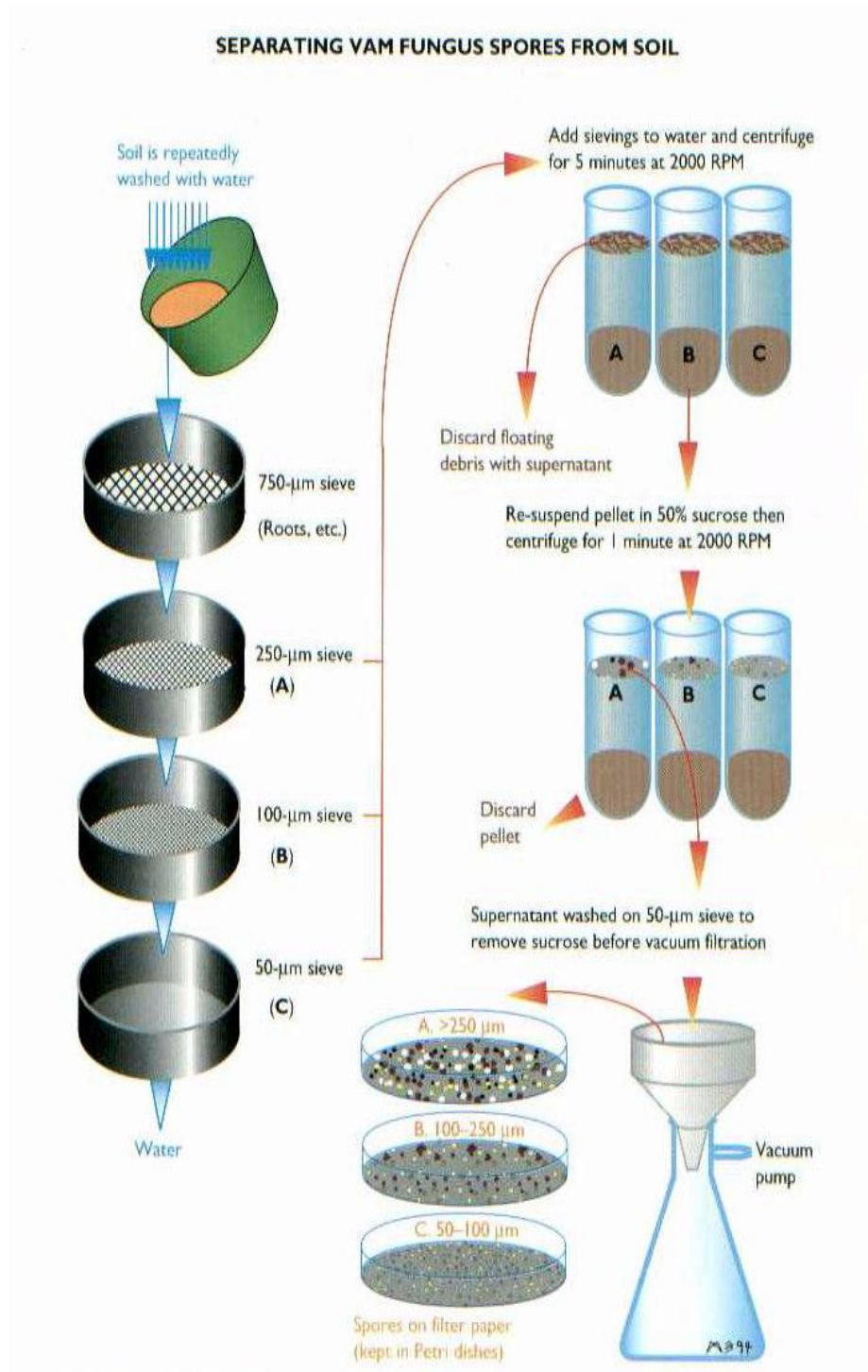


**Figura 10** - Coleta de amostras de solo na área do experimento AM08 – Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA e avaliação no laboratório dos organismos edáficos encontrados nas amostras de solo.

**Fonte:** Hentz (2015).

A técnica empregada para a avaliação dos organismos presentes nas amostras de solo (figura 10), foi a de peneiramento úmido de GERDEMANN; NICOLSON, (1963) e centrifugação em água e sacarose a 40% (JENKINS, 1964).





**Figura 11** - Esquema demonstrativo de avaliação dos organismos do solo.

Fonte: Adaptado de Brundet (2000).

A identificação dos gêneros e espécies encontrados foi realizada através da observação das características morfológicas externas de sua formação com o auxílio de uma lupa estereoscópica. Em seguida, foram confeccionadas lâminas microscópicas para posterior identificação e classificação.

Os dados resultante das análises biológicas de solo e das espécies vegetais encontradas na área experimental, serão apresentados neste trabalho sem o tratamento estatístico pois novas coletas de solo serão realizadas em julho de 2016, caracterizando o verão na região sudeste do Pará e farão parte de um novo trabalho de conclusão de curso onde serão aplicados índices de diversidade e análise de correlação simples (Pearson) entre as espécies encontradas.

#### **4 RESULTADO E DISCUSSÕES**

Na primeira etapa realizada do subprojeto AM08, Gama (2015), Costa (2015) e Feitosa (2015), observaram que a taxa de sobrevivência das mudas de jatobá, andiroba e sapucaia aos 360 dias após o plantio independente dos diferentes tratamentos foi considerada satisfatória, sendo que das 384 mudas de cada espécie; foi observado para a sapucaia uma taxa de mortalidade baixa, pois apenas 20 mudas das 384 mudas plantadas morreram, o que representa 94,8% de mudas de sapucaia vivas no campo. Para as mudas de andiroba, foi observado que 61 mudas morreram, representando uma taxa de sobrevivência de 84,12%, e 21 mudas de jatobá mortas, representando uma taxa de sobrevivência de 94,54%. Assim, pode-se observar, que as mudas de sapucaia foram as que tiveram uma melhor taxa de sobrevivência na área de Reserva Legal da Fazenda Cristalina.

Gama (2015) observou nesta área que as mudas de sapucaia produzidas com o vermicomposto se perenizaram melhor no campo. O tratamento com os fungos micorrízicos não refletiu em melhor desenvolvimento das plantas, corroborando com os dados de Nascimento (2011) e Sena (2011) onde verificaram sobrevivência de espécies florestais nativas no campo em torno de 80% quando inoculadas com os fungos micorrízicos, e a não dependência das mudas de jatobá e jenipapo aos fungos micorrízicos arbusculares.

Em relação a qualidade do solo, na tabela 1 estão apresentados os resultados das análises químicas do solo.

**Tabela 1** - Características químicas do solo na camada (0-40 cm) da área experimental. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA.

| Características  | Valor | Interpretação <sup>6/</sup> | Interpretação <sup>7/</sup> |
|--|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| ----- ARL -----  |       |                             |                             |
| pH em água (1:2,5)   | 5,3   | Médio                       | -                           |
| P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1/</sup>                                | 2,0   | Médio                       | Baixo                       |
| K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1/</sup>                                | 23    | Baixo                       | Baixo                       |
| Na <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1/</sup>                  | 14    | -                           | -                           |
| Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup> | 1,3   | Alto                        | Alto                        |
| Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup> | 1,0   | Baixo                       | Baixo                       |
| Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup> | 0,3   | Baixo                       | Baixo                       |
| SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3/</sup>               | 1,4   | Baixo                       | Baixo                       |
| t (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>4/</sup>                | 1,7   | Baixo                       | -                           |
| m (%) <sup>5/</sup>  | 29,2  | Baixo                       | -                           |

1/Extrator de Mehlich -1 (Vettori, 1969).

2/Extrator KCl 1 mol/L (Vettori, 1969).

3/Soma de bases (SB) = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>.

4/CTC efetiva (t) = SB + Al<sup>3+</sup>.

5/Saturação de alumínio (m) = 100 Al<sup>3+</sup>/t.

6/Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1989).

7/ Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará (2010).

Observa-se que o solo da área experimental é pobre em nutrientes. Os baixos valores determinados de vários parâmetros primários, tais como: Ca, Mg, K e P, e secundários, como por exemplo: SB, V e saturação de K, embasam essa afirmação. É importante destacar, também, que foram determinados valores muito baixos para a

saturação de Ca e de Mg, caracterizando o solo como distrófico, pois a sua saturação de bases é inferior a 50%.

O valor calculado da saturação de K foi considerado baixo e os valores determinados para a saturação de Ca e de Mg foram classificados como baixos. Os valores considerados médios das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K são, respectivamente, os seguintes: 4:1; 15:1 e 5:1 (dados do Laboratório FULLIN). Por outro lado, os valores obtidos para as citadas relações foram, respectivamente, os seguintes: 3,3:1;17,0:1 e 5,1:1. Depreende-se, do que foi exposto, um grande desbalanço com relação aos citados parâmetros (tabela 2). Opções a serem consideradas para amenizar esse problema podem ser a utilização da calagem e aplicação de adubação potássica corretiva, a lanço, em área total neste solo. Para manter a relação Ca/Mg atual, será necessário usar um calcário com uma relação semelhante.

**Tabela 2** - Resultados da análise química do solo (camada de 0 a 40 cm) na área do experimento. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA.

| pH  | H <sup>2</sup> O t | CA                               | Mg  | Al  | H + Al | K                            | P     | CA/MG              | CA/K |
|-----|--------------------|----------------------------------|-----|-----|--------|------------------------------|-------|--------------------|------|
| 5,3 | 1,7                | 1,0                              | 0,3 | 1,3 | 3,3    | 23                           | 2     |                    |      |
|     |                    | -----cmolc/dm <sup>3</sup> ----- |     |     |        | -----mg/ dm <sup>3</sup> --- |       | 3,3                | 17   |
| 5,1 |                    |                                  |     |     |        |                              |       |                    |      |
|     |                    | B                                | Cu  | Fe  | Mn     | Zn                           | M. O. | Saturação de bases |      |
|     |                    | ----- mg/dm <sup>3</sup> -----   |     |     |        |                              |       |                    |      |
|     |                    | 0,21                             | 0,2 | 452 | 10     | 0,2                          | 16    | 29,2               |      |

Observou-se que o solo apresenta acidez ativa elevada. É sabido que o valor do pH pode ser utilizado como indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. Alguns autores reportam, inclusive, que ele é um dos parâmetros mais importantes ligados ao uso eficiente de fertilizantes. O que foi explicitado fica bem evidenciado com relação ao solo da área experimental, pois conforme foi observado ele é pobre em nutrientes.

O solo da área também é classificado como não álico, pois a sua saturação de alumínio é inferior a 50%. Cerca de 18% das cargas negativas dos colóides desse solo estão retendo íons Al. Assim, nas condições atuais, ele não oferece sérias limitações ao crescimento das principais culturas.

O baixo valor da  $t$  ( $1,7 \text{ cmolc/dm}^3$ ) reflete que este solo, sob condições naturais ácidas, apresenta baixa capacidade de reter cátions. O potencial de perdas por lixiviação sob condições naturais pode ser sensivelmente reduzido através da adequada calagem do solo, em virtude da geração de cargas dependentes do pH.

Possivelmente, as argilas deste solo são de baixa atividade, visto que, o valor calculado de T foi de apenas  $4,7 \text{ cmolc/dm}^3$ . Assim, acredita-se que a fração argila deste solo é constituída, predominantemente, por caulinita e, ou, óxidos e hidróxidos de Fe e Al. A adição de matéria orgânica a este solo para aumentar seu valor T, poderia ser recomendada.

Em síntese os resultados obtidos pela análise do complexo sortivo indicam que esta área apresenta teores extremamente baixos de vários nutrientes (Ca, Mg, K, P, B e Zn), acidez média e toxidez alta de  $\text{Al}^{3+}$ . O valor da CTC efetiva de  $1,7 \text{ cmolc /dm}^3$  (extremamente baixo) reflete que este solo, sob condições naturais ácidas, apresenta baixa capacidade de reter cátions mesmo tendo  $16\text{g/kg}$  de matéria orgânica.

A qualidade química do solo avaliado, corrobora com os estudados por Santana et al. (2008), e Azevedo (2013) que encontraram valores semelhantes e diferentes de Beneditti (2011), nos diferentes biomas brasileiros. Para a concentração de  $\text{Al}^{3+}$  o valor se aproxima do valor encontrado por Santana (2008) e difere de Azevedo (2013) e Beneditti (2008). Para acidez total os resultados obtidos na área experimental da Fazenda Cristalina foi semelhante aos encontrados por Beneditti (2008), enquanto que Santana (2008) e Azevedo (2013), obtiveram resultados semelhantes, demonstrando que esses valores são recorrentes a essa classe de solo independente do bioma onde estejam presentes.

A qualidade biológica do solo foi identificada através dos organismos encontrados nas amostras de solo de 0 – 5cm de profundidade (Tabela 3).

**Tabela 3** - Densidade populacional da mesofauna e microfauna na área experimental da Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia – PA.

| <b>Grupo</b>                          | <b>Número Médio de Indivíduos<br/>(cm<sup>3</sup>/kg)</b> |
|---------------------------------------|---|
| <b>Mollusca</b>                       | 33  |
| <b>Isopoda</b>                        | 72  |
| <b>Chilopoda</b>                      | 80  |
| <b>Diplopoda</b>                      | 28  |
| <b>Acari</b>                          | 475   |
| <b>Protura</b>                        | 12  |
| <b>Collembola</b>                     | 182   |
| <b>Colleoptera</b>                    | 15  |
| <b>Organismos não identificados</b>   | 18  |
| <b>Esporos de Fungos micorrízicos</b> | 1125  |

Média de 10 repetições, coletadas na profundidade de 0 a 5 cm.

Observou-se que o grupo com maior densidade populacional foi o dos esporos de fungos micorrízicos (1125 esporos) seguido do grupo dos Acari (475).

Hentz (2006) ressalta a importância da associação micorrízica na recuperação de áreas degradadas, pois esses organismos possuem a capacidade de aumentar a área superficial específica de contato das raízes com o solo, aumentando assim a capacidade de

absorção de nutrientes essenciais para as plantas, além de contribuir para o surgimento de novas espécies de microorganismos no local.

Esta associação simbiótica dos fungos micorrízicos arbusculares com as plantas contribuí para a melhor fixação de fósforo (nutriente deficiente nos solos tropicais) pela planta e conseqüentemente à diminuição do valor do pH, tornando este solo mais propício para o aparecimento de outros organismos indicadores da qualidade do solo, como os colêmbolos que apresentam papel fundamental na incorporação de restos vegetais no solo, aumentando assim, a disponibilidade de matéria orgânica e de outros nutrientes (VIEIRA, 2007).

O fluxo de fósforo (P) via fungo segundo Moreira e Siqueira (2002) é à base do funcionamento da simbiose fungo-planta a qual ocorre da seguinte maneira: o P é absorvido pela solução do solo pelas hifas por um processo ativo, transformando em grânulos de polifosfato, os quais são transportados pela corrente citoplasmática até os arbúsculos, onde são hidrolisados pelas fosfatases, liberando fosfato inorgânico, que é transferido passivamente para o hospedeiro e translocado via xilema para as folhas.

Smith e Read (1997), afirmam ainda que essa simbiose torna possível o estabelecimento das mudas em solos em condições subótimas de disponibilidade de nutrientes, pois, proporcionam a regeneração de áreas degradadas, tornam as plantas inoculadas mais tolerantes a períodos secos e de temperaturas elevadas, propiciam melhor resistência ao estresse hídrico e a acidez, com maior tolerância às condições de toxidez do solo, e proteção do sistema radicular das plantas contra patógenos.

De acordo com Morselli (2007) os organismos da mesofauna colaboram na humificação, redistribuem a matéria orgânica, e estimulam a atividade microbiana.

Segundo Heisler (1989), os ácaros e colêmbolos são os dois grupos mais ricos em espécies e indivíduos da mesofauna edáfica. Dunger (1983) afirma que, em solos de florestas tropicais, as populações de ácaros chegam ser de até 400 mil indivíduos por metro quadrado, e são muito eficientes na desagregação da matéria orgânica, e participam indiretamente no processo de desagregação, atuando no controle de hifas fúngicas e através da propagação de esporos fúngicos, tendo assim uma influência como “catalisadores” da atividade microbiana.

Eisenbeis e Wichard (1985) afirmam que os collêmbolos têm uma distribuição cosmopolita, e sua alta população os torna biologicamente importantes para o solo. Esses organismos exercem influência indireta na fertilidade do solo, criando um balanço favorável entre fungo e bactéria, reduzindo detritos vegetais, produzindo enzimas (AMBROZ; NOSEK, 1967) e fragmentando a matéria orgânica (EISENBEIS; WICHARD, 1985). O período de coleta das amostras de solo, bem como a textura do solo também influenciam a presença de grupos funcionais. Espera-se com a próxima etapa do trabalho, obter as correlações entre os organismos encontrados, com a textura do solo, temperatura e precipitação pluviométrica, fatores estes muito importantes para a caracterização da qualidade edáfica dos solos em recuperação (HENTZ et al., 2011).

Com estes dados preliminares, é possível afirmar que os organismos encontrados na área de plantio são bons indicadores da qualidade do solo, e que este, encontra-se em processo de regeneração natural (HENTZ et al., 2011), percebendo-se com o aporte da serapilheira, e domínio da braquiária na área um aporte de matéria orgânica e umidade no solo.

A regeneração vegetal natural na área de introdução das espécies nativas foi observada de forma ainda bem lenta, e verificou-se que devido a falta de manejo na área experimental a partir dos 365 dias das espécies em campo, o desenvolvimento das mudas de jatobá, andiroba e sapucaia foi prejudicado significativamente, e favorecendo desta forma o aparecimento de plantas invasoras e o domínio da braquiária (*Brachiaria decumbens*) em toda a área experimental (figura 11), bem como assa peixe (*Vernonia polysphaera*) e outras espécies ainda não identificadas.

As espécies nativas para se desenvolverem precisam de solos férteis, mas também de condições favoráveis para a sua manutenção no sistema, como disponibilidade de água, luz e tratos culturais (COSTA, 2015).

O jatobá foi a espécie que mais sofreu com a falta de manejo. Mesmo sabendo que o jatobá ocorre naturalmente em solos secos e em solos de fertilidade química baixa, estes necessitam de um solo com boa disponibilidade e drenagem de água. Outro fator importante, é que as temperaturas na região de São Domingos do Araguaia ultrapassam os 27° C na maior parte do ano, fato que com o abafamento das plantas com a braquiária, favoreceu ainda mais o maior índice de mortalidade (COSTA, 2015).





**Figura 12** - Aspecto da área experimental aos 365 dias após o plantio. Fazenda Cristalina. São Domingos do Araguaia-PA.

**Fonte:** Hentz (2015).

## 5 CONCLUSÃO

A fertilidade do solo da área de Reserva Legal da Fazenda Cristalina é um fator limitante para o bom desenvolvimento das mudas das espécies florestais nativas e sua regeneração natural.

A regeneração natural vegetal está ocorrendo lentamente, devido a presença dominante da braquiária e do assa peixe e falta de manejo silvicultural na área.

Os organismos edáficos encontrados nas amostras de solo da área experimental, revelam que o solo encontra-se em processo de reabilitação.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A regeneração natural em áreas degradadas é lenta e na Fazenda Cristalina as características químicas e físicas do solo funcionam como mais um fator limitante.

Os resultados preliminares encontrados apontam para o potencial da recuperação de áreas degradadas na área de Reserva Legal com as espécies florestais nativas introduzidas, mas há necessidade de mais estudos dessa natureza, com a finalidade de monitorar os parâmetros silviculturais das espécies implantadas, para subsidiar os estudos sobre a regeneração natural na área.

## 7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, S.E. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.19, p.115-119, 1995.

ALMEIDA, M. F. de. **Caracterização agrometeorológica do Município de Marabá-PA**. 77 f. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá, Universidade Federal do Pará, Marabá, 2007

ALMEIDA, R. O. P. O.; SANCHEZ, L. E .Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54, 2005.

AMBROZ, Z.V.; NOSEK, J. Mikrobielle aktivitat und apterygotenbesatz in initialen boden derniedereren tatra. **Revista Pedologia** .v.7 p.1 a 10,1967.

ANDRÉA, M.M. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_4/Bioindicadores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm)>. Acesso em: 21 de junho de 2012

AZEVEDO,RJ.R. **Solos do assentamento malhada do meio**, Chapadinha–Ma: classificação e variabilidade espacial de seus atributos. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal-SP, 2013. P. 26

AZEVÊDO, S. M. A. **Crescimento de plântulas de jurema preta (mimosa tenuiflora (willd) poiret) em solos de áreas degradadas da caatinga**. 2001.40f. Trabalho de Conclusão de Curso(Engenharia florestal)- Campus de Patos, Universidade Federal de Campina Grande, Patos , 2011.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.A. USO DE HIDROGEL NA AGRICULTURA. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta**, v.1, n.1, 2002. p.1

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

Bayer, C., Mielniczuk, J. (2008) Dinâmica e função da matéria orgânica, In: Santos, G. A.; Silva, L.S. Canellas, L.P. Camargo, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**, 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, p. 7-18.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. & PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:167-177, 2001.

BENEDETTI, U.G.; VALE JÚNIOR, J.F.; REYNAUD SCHAEFER, C.E.G.; MELLO, V.F.; PEREIRA UCHÔA, S.C. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte Amazônico. **Revista brasileira de ciências do solo [online]**, vol.35, n°2. 2011. p.299-312.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade De São Paulo, São Paulo, 1997.

BLUM, W. E. H.; SANTELISES, A. A. A concept of sustainability and resilience based in soil functions. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Org.) **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB, 1994. p. 535-542.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 11 de julho de 2000**. Congresso nacional, poder executivo, Brasília, DF, 11 de Julho de 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)>. Acesso em 24 de março de 2012.

BRASIL; **resolução CONAMA Nº 420 de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF 31 de dezembro de 2009.

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.L.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1996. 374p.

CAMARGO, A. O. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 44 p.

CAMPELLO, E. F. C. **Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas**, In DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Eds.) – Recuperação de áreas degradadas, Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.183-202

CAMPOS, R.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 19:121-126, 1995.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y. E CASTRO, C. F. A. **Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observações de laboratórios naturais** In: Congresso Florestal Brasileiro, 6º, Campos do Jordão, 1990. Anais, São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.216-221

CARVALHO, J. O. P. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará**. Curitiba: UFPR, 1982. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, 1982.

CEOLA, G. **Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de áreas mineradas no município de Lauro Müller, sul de Santa Catarina**. 2010.96 f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo)- Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Lages, 2010.

CETESB- **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, 2001.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CONCEIÇÃO, P. C.; et al. **Componentes da matéria orgânica como indicadores de qualidade do solo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. 2003. Ribeirão Preto, SP. Anais...Viçosa: SBCS, 2003. p. 1-4.

COSTA, C. B. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável do Jatobá**. In: Camila Brás Costa – Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza. 2015.76 p.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agroecologia. 18p. (Documento 156), 1997.

CURTIS, J. T.; McINTOSH, R. P. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. **Ecology**, v. 32, p. 476-496, 1951.

CURY, R. T. S.,; CARVALHO, O. J., **Serie de Boas Maneiras. 5 ed.** Canarana, Ipam, 2011, 78 p

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.703-709, 1999.

DORAN, J. W. **Soil quality and sustainability**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L. **Restauração de ecossistema no Brasil: onde estamos e para onde queremos chegar**. In: MARTINS, S. V. (Ed.): Restauração ecológica de ecossistemas degradados, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. P.41-68.

DUNGER, W. Tiere em Boden, Die Nerve, Brehm, bucherei, 327. **Wittemberg: A. verlag**, 287 p, 1983.

EISENBEIS, G.; WICHARD, W. **Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden**. Stuttgart: **Gustav Fischer Verlag**, 1985. 434p

ELLIOT, W. J. **Soil erosion in forest ecosystems and carbon dynamics**. In: KIMBLE, J. M.; et al. (Eds.). The potential of US forest soils to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Boca Raton-Florida: CRC Press, p. 175-190, 2003.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).

FERRETTI, A. R. **Modelos de plantios para a recuperação.** In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. S. (Eds.) A restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural. (Ed. Técnicos). Colombo: Embrapa floresta, 2002b. p. 35-44.

FILHO, P. C. S.; BECHARA, F. C.; FILHO, E. M. C.; BARRETTO, K. D. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n.1, p. 96-98, jul. 2007.

FILHO, P. C. S.; BECHARA, F. C.; FILHO, E. M. C.; BARRETO, K. D. Regeneração natural após diferentes níveis de perturbação em Sub-Bosque de Eucalyptus sp. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 96-98, jul. 2002.

FINOL U. H. Nuevos parametros a considerarse en el analisis estructural de las selvas virgines tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

GAMA, F. N. R. J. Solos: Manejo e interpretação. Belém: Embrapa Amazônia Oirental, 2004. p 183.

GAMA-Rodrigues, A.C.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**. v. 26 n.2, p. 193-207, 2002.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e Estrutura da regeneração natural de floresta secundária de Várzea Baixa no Estuário Amazônico. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.559-566, 2002.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wt-sieving and decanting. Transactions of British Mycological Society. v. 46, 1963. p. 235-244

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREALL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science, Montreal**, v. 74, n. 4, p. 367-385, 1994.

HEISLER, C. E. Fassung der Collembolen und Milben faunaeiner Ackerfläche. Zoologischer Anzeiger, v.223, n.3/4, p.239-248, 1989.

HENTZ, A.M.; REIS, D.A.; VIEIRA, F.L.M.; PINHEIRO, A.R.; BOFF, V.L.; PEREIRA, F.D.; NASCIMENTO, S.F. **Organismos edáficos como indicadores da qualidade dos solos**



**da região sudeste do Pará: o saber acadêmico e a percepção do agricultor.** In: PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS: SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DA REGIÃO SUDESTE DO PARÁ. ORGS. HENTZ, A.M.; MANESCHY, R.Q. 2011..360p.

HENTZ, A. M.; NASCIMENTO, S. F.; CORRÊA, H. de S.; PEREIRA, F. D.; BOFF, V. L. **Diversidade de Esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Ecossistemas nos Projetos de Assentamento Araras e Palmares no Sudeste Paraense.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais.** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 4 p. CD-ROM

HENTZ, A. M. **Ocorrência, caracterização e eficiência de fungos micorrízicos arbusculares na Amazônia: uma alternativa para o cultivo sustentável.** Apostila teórica do 3º ERA-2007. Marabá, 2007. 30 p.

HENTZ, A. M. **Ocorrência, caracterização e eficiência de fungos micorrízicos em Eucalyptus grandis e Acácia mearnsii.** Tese (Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo). 2006. 136 f. Universidade Federal de Santa Maria- Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS. 2006.

HULLER, A.; RAUBER, A.; WOLSKI, M.S.; ALMEIDA, N.L.; WOLSKI, S.R.S. Regeneração natural do componente arbóreo e arbustivo do parque natural municipal de Santo Ângelo-RS. **Revista bau**, Piracicaba, v.6, n.1, p.25-35.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Pl. Dis. Rep.**, v.48, p.692, 1964.

JESUS, R. M.; ROLIM, S. G. **Experiências relevantes na restauração da Mata Atlântica.** In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. (Eds.). Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 59-86.

KARLEN D. L. et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal, Madison.** v.61, p.4-10, 1997.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F. & SCHUMAN, G.E. **Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (A guest editorial).** Soil Sci. Soc. Am. J., 61:4-10, 1997.

KITAMURA, A. E. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. Parte do trabalho de doutorado desenvolvido no Programa de Pós-Graduação

em Sistemas de Produção – UNESP/Campus de Ilha Solteira. Recebido para publicação em junho de 2006 e aprovado em setembro de 2007. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:405-416, 2008.

KLAR, A. E. **Água no sistema solo água planta**. São Paulo: Nobel, 1984.

KIMMINS, J. P.; MAILLY, D. **Ecological succession: processes of change in ecosystem**. In: KIMMINS, J. P. (Ed.). *Forest Ecology*. New York: Macmillan Publishing Company, 1996. p. 399-348

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; LIMA S. S. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.45, n.3, p.322-331, mar. 2010.

LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, SSSA, 1994. p.37-51. (Special, 35)

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 5. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1974

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA E.S.; NEVES J.C.L.; MACHADO P.L.O.A. & GALVÃO J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821- 832, set./out. 2003.

LEMOS, M. M. G. **Metodologia adotada para o estabelecimento dos valores de referência de qualidade para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. In: CETESB. *Prevenção e controle da poluição do solo e das águas subterrâneas*. São Paulo: CETESB, p.68-77, 2000.

MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; VENKKE, T. S.; IVANAUSKAS, N. M. **Os processos e estágios sucessionais da mata atlântica como referência para a restauração florestal**. In: MMARTINS, S.V. (Ed): *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. p.69-100.

MARTINS, S.V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2013, 207p. 2ª. Edição.

MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados** – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 293p. il. (colorido).

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 255 p.  
MORSELLI, T. B. G. A. **Biologia do solo**. Pelotas-RS: UFPEL, 2007. 145p. (Apostila de acompanhamento de disciplina).

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos 63 agroecossistemas. Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2004. Disponível em: Acesso em: 30 out. 2011.

MCGUIRE, A. D.; et al. Environmental variation, vegetation distribution carbon dynamics, and water/energy exchange in high latitudes. **Journal of Vegetation Science**, Washington, v. 13, p. 301-314, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA**, 2002. 729 p.

NASCIMENTO, S. F. **Estudo da dependência micorrízica do jatobá (*hymenaea courbaril* L.) cultivado em diferentes substratos**. Trabalho de Conclusão de Curso – 2011. 66 p. UFPA.

NEPSTAD, D. C.; UHL, S.; SERRÃO, E. S. **Recuperation of a degraded Amazonian landscape: Forest recovery and agricultural restoration. Ambio**.

PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo podzólico vermelho-escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 135-140, 1991.

PARR, J. F.; PAPENDICK, R. I.; HORNICK, S. B.; MEYER, R. E. Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. **American Journal of Alternate Agriculture**, Greenbelt, v. 7, n. 1/2, p. 5-11, 1992.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas o solo**. Centro de Ciências Rurais. Universidade de Santa Maria. 2006. 18p

RODRIGUES R. R.; GANDOLFI S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares.** In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Eds.) *Matas ciliares: conservação e recuperação.* São Paulo: Editora da USP: Fapesp, 2004. P. 235-247.

ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M. & CRUSCIOL, C.A.C. **Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração.** *Pesq. Agropec. Bras.*, 34:821-828, 1999.

SANTANA, H.M.P.; LACERDA, M.P.C.; **Solos representativos do estado de Tocantins sob vegetação natural de Cerrado.** In: IX simpósio nacional sobre o Cerrado e II simpósio internacional sobre Savanas tropicais. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008.v.1.p.1-7.

SANTANA, D.P. **Indicadores de qualidade de solo - físico, químicos e biológicos.** In: XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Brasília, 1999.

SANTOS, A. C. **Levantamento e análise faunística da artropodofauna de ocorrência na cultura do milho (*Zea mays*) e estudo do efeito de inseticidas sobre organismos não alvos.** USP. Tese de Doutorado, Ribeirão Preto, 2006.

SAMPAIO, A. B.; HOLL, K. D.; SCARIOT, A. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forest in pastures in Central Brazil? **Restoration Ecology**, v.15, n.3, p.462-471, 2007.

SARTORI, M. S. et al. **Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith.** localizado no Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 62, p. 86-103, dez. 2002.

SEITZ, R. A.; JANKOVSKI, T. **A regeneração natural de *Pinus taeda*.** In: SIMPÓSIO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL, 5., 1998, Caxias do Sul. Anais... Caxias do Sul: Associação Gaúcha de Empresas Florestais (AGEFLOR), Sindicato das Indústrias da Madeira da Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (SINDIMADEIRA), Centro de pesquisas Florestais (CEPEF), Programa de PósGraduação em Engenharia Florestal da UFSM (PPGEF), 1998. p.37-53.

SEITZ, R. A. **A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas.** In: SIMPÓSIO SULAMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: FUPEF, 1994. p. 103-110.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. **Composição da fase sólida orgânica do solo**. In: MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. 2. ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.73-99.

SMITH, S.E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1997. 605p

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **A glossary of soil science terms**. Madison, 1997. 34 p.

STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture, Greenbelt**, v.7, p. 38-47, 1992.

TORMENA, C.A. & ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 20:333-339, 1996.

TOPP, G.C.; ZEBCHUK, W. **The determination of soil-water desorption curves for soil cores**. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, v.59, p.19-26, 1979.

VAMPRÉ, T. M.; FUCCILLO, R.; ANDRÉA, M. M. Oligoqueta *Eisenia andrei* como bioindicador de contaminação de solo por hexaclorobenzeno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 59-66, 2010.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.35, n.3, p. 473-483, 2011.

VIEIRA, F. L. M. **Organismos indicadores da qualidade do solo, nas áreas de pasto e roça no projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta Piranheira**, Nova Ipixuna - PA. 2007. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá, Universidade Federal do Pará, Marabá, 2007.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry Forests for restoration, **Restoration Ecology**, v. 14, n.1, p.11- 20, 2006.

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.19, n.7, p.873-882, 1995.

**YANG, X., CHEN, J. (2009) Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. Soil Biol. Biochem., 41: 910–918.**