

# **USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO RECONDICIONANTE DE SUBSOLO DEGRADADO E EFEITO NA ATIVIDADE MICROBIANA, MICORRIZAÇÃO E CRESCIMENTO DO BARBATIMÃO**

**HEMERSON FERNANDES CALGARO**  
Engenheiro Agrônomo

**Orientador:** Prof. Dr. Ana Maria Rodrigues Cassiolato  
**Co-orientador:** Prof. Dr. Kátia Luciene Maltoni

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Engenharia, Unesp -  
Ilha Solteira, para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia –  
Especialidade: Sistemas de  
Produção.

Ilha Solteira – SP  
Dezembro de 2006

## *Dedico*

*Aos meus pais, Antonio e Maria Luiza e minha irmã Anaísa, que de  
uma forma ímpar, sabem como me incentivar e apoiar em todos os  
projetos que imprimo em minha vida, em especial, este.*

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente, agradeço ao Grande Arquiteto do Universo, pela oportunidade desta vivência e pelas condições às quais me encontro possuidor, que são as necessárias e suficientes para cumprir os desígnios assumidos;*

*A minha família, pelo carinho e apoio incondicional;*

*A minha orientadora Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ana Maria Rodrigues Cassiolato, pelo aceite a esta empreitada, pelas sugestões que contribuíram sobremaneira, pela paciência e confiança em mim depositados;*

*A minha co-orientadora Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Kátia Luciene Maltoni, pela presença e colaboração ao longo de todo o experimento;*

*Ao CNPq, pela concessão do aporte financeiro;*

*A UNESP - ILHA SOLTEIRA, que muito contribuiu para meu aperfeiçoamento profissional e acadêmico e desta forma, aos professores do curso de Pós Graduação da Agronomia e da Engenharia Civil, que participaram intrinsecamente desse processo;*

*Ao Prof. Dr. Walter Veriano Valério Filho, que de uma forma natural e como sempre tranqüila, soube transformar as dificuldades estatísticas do experimento em algo prático e objetivo;*

*Ao Prof. Dr. Francisco Maximino Fernandes, pelas orientações, que nortearam várias atividades do experimento;*

*Ao Prof. Dr. Shizuo Seno, pela intercessão na doação do bagaço de cana-de-açúcar, da Usina Pioneiros de Sud Mennucci - SP;*

*Ao Grêmio Recreativo dos Eletricitários de Ilha Solteira, que doou as plantas de aguapé;*

*Aos funcionários da UNESP, em especial os do “Pomar”, do “Cerrado” e da “Bovino”, que foram locais onde estive e atuei no desenrolar das atividades do experimento;*

*Aos funcionários da Biblioteca do Campus de Ilha Solteira, que de maneira pró-ativa sempre me atenderam com atenção e simpatia;*

*Aos funcionários da Seção de Pós-graduação e do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, pela atenção a mim dispensada;*

*Aos funcionários Vera, Zé e Valdivino pela sempre e pronta disposição em me auxiliar, sendo assim por diversas vezes;*

*Às amigas, Sueli da Silva Aquino e Fabiana Oikawa pela ajuda sempre bem vinda, demonstrando amizade sincera e recíproca;*

*Aos amigos Cris e Júlio, pela amizade, que se não começou nesta vida, tenho certeza que é eterna;*

*Ao meu tio Cido, que me acompanhou nas etapas iniciais do experimento, as quais foram marcadas por uma grande demanda de força braçal;*

*Aos companheiros de república Maximilian (Mió), Juliano (Jeca), Marcelo (Outdoor), Samuel (Xuxa) e Danilo (Caçú), que me acolheram e compartilharam comigo os frutos desta jornada;*

*À Glenda, minha namorada, pela valiosa contribuição na fase final do trabalho, demonstrando muita paciência, carinho, companheirismo e dedicação. Beijos!;*

*Ao grande amigo, Israel Antonio Alfonso, mestre em lidar com a vida e as pessoas, também foi e é um de meus professores.*

***A ALMA ELEVA-SE À ALTURA  
DAQUILO QUE ELA ADMIRA.***

*Guyrot*

CALGARO, H.F. **Uso de resíduos orgânicos como condicionante de subsolo degradado e efeito na atividade microbiana, micorrização e crescimento do barbatimão.** Ilha Solteira, 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

## RESUMO

A região de Ilha Solteira apresenta em sua maior extensão, como cobertura vegetal, o cerrado. No final da década de 60, com a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, algumas áreas foram desmatadas e serviram como “área de empréstimo”. Os solos pertencentes a estas localidades foram subtraídos e estas áreas ficaram com suas características químicas e biológicas distantes das ideais. O desenvolvimento da vegetação depende das condições do substrato; melhorias de alguns dos atributos do subsolo destas áreas poderiam ser obtidos com a adição de resíduos orgânicos e/ou adubos químicos. O trabalho teve como objetivo avaliar o uso de resíduos orgânicos no crescimento do *Stryphnodendron polyphyllum* e como condicionantes de subsolo degradado. A área utilizada para o experimento faz parte da Fazenda Experimental de Pesquisa e Extensão - FEPE, UNESP - Ilha Solteira, em Selvíria – MS. Foram alocadas 4 blocos (repetições) de 250 m<sup>2</sup> (10 x 25 m) com 10 tratamentos cada, sendo: 1- testemunha; 2- calagem; 3- adubação com N + P; 4- calagem + N + P; 5- N + P + aguapé; 6- N + P + bagaço de cana; 7- N + P + aguapé + bagaço de cana; 8- calagem + N + P + aguapé; 9- calagem + N + P + bagaço de cana e 10- calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. Avaliou-se as características químicas do subsolo, crescimento da planta, o CBM, C-CO<sub>2</sub> liberado, qCO<sub>2</sub> e micorrização, em 5 épocas de amostragens de subsolo (junho, agosto, novembro e dezembro de 2005 e março de 2006). O subsolo continua a apresentar caráter ácido e pobre em nutrientes, após um ano de avaliação. O diâmetro do colo e altura de planta apresentam resultados crescentes ao longo do período, com os maiores valores para os tratamentos que receberam calagem, N + P e resíduos orgânicos. O carbono da biomassa, ao longo do experimento, apresentou tendências à estabilização enquanto que o quociente metabólico diminuiu no mesmo período. A colonização micorrízica e número de esporos foram influenciados positivamente pela presença de resíduos orgânicos, os quais apresentaram os maiores valores.

**Termos de indexação:** área de empréstimo, cerrado, aguapé, bagaço de cana-de-açúcar, adubação química.

CALGARO, H.F. **The use of organic residues as a reconditioner of degraded subsoil and their effect on soil microbial activity, mycorrhization as well on the growth of barbatimão.** Ilha Solteira, 2006. 74p. Dissertation (Master's Degree in Agronomy) - "Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista".

## **ABSTRACT**

Ilha Solteira region is covered for the most by *cerrado* as vegetation. In the late 60s as a result of the building of Hydroelectric Power Station of Ilha Solteira, some areas have been deforested and were used as "loan areas". Thus, the soils belonging to these locations were subtracted and these areas became chemically poor soils with both physical and biological properties far from the ideal ones. The vegetation development depends on the substrate conditions; the improvement of some subsoil features in these areas could be obtained by adding organic residues and/or chemical fertilizers. This work aimed at evaluating the use of organic residues in the growth of *Stryphnodendron polyphyllum* and as a reconditioner of degraded subsoil. The area taken for the experiment is part of the Experimental Farm of Teaching and Research, - FEPE, UNESP - Ilha Solteira, in Selvíria – MS. Four sections (repetitions) of 250 m<sup>2</sup> (10 x 25 m) were allocated, with 10 treatments for each one of them, which are: 1- witness; 2- liming; 3 – fertilizing with N + P; 4- liming + N + P; 5- N + P + water hyacinth; 6- N + P + sugar cane bagasse; 7- N + P + water hyacinth + sugar cane bagasse; 8- liming + N + P + water hyacinth; 9- liming + N + P + sugar cane bagasse and 10- liming + N + P + water hyacinth + sugar cane bagasse. The chemical characteristics found in subsoil was evaluated, as well as the plant growing, the CMB, the C-CO<sub>2</sub> liberated, qCO<sub>2</sub>, mycorrhization in 5 collecting times of subsoil samples (June, August, November and December, 2005 and March, 2006). However, the subsoil keeps presenting the same acid characteristic and poor nutrient levels after a year of assessment. The column diameter and the height of the plant presented increasing results during the period; the highest values were for the treatments which received liming, N + P and organic residues. During the experiment, the carbon of the microbe biomass presented tendencies to the stabilization while the metabolic quotient decreased in the same period. The mycorrhization and the number of the



spores were positively influenced by the presence of organic residues, showing the highest values.

**Indexation words:** loan area, savannah, water hyacinth, sugar cane bagasse, chemical fertilizing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Representação do delineamento experimental da área trabalhada, com 4 repetições.....	34
2 Representação gráfica das equações de regressão de Al para tratamentos em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.....	40
3 Representação gráfica das equações de regressão para diâmetro do caule de <i>S. polyphyllum</i> , entre tratamentos em diferentes épocas de avaliação. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.....	45
4 Representação gráfica das equações de regressão de altura da planta de <i>S. polyphyllum</i> , entre os tratamentos nas diferentes épocas de avaliação. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.....	46
5 Médias de temperatura (°C) e precipitação (mm) para o período do experimento, compreendido entre Março de 2005 a Março de 2006. Fontes: UNESP, 2006 e Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, UNESP - Iha Solteira, 2005/06.....	50
6 Representação gráfica das equações de regressão para carbono da biomassa microbiana (CBM) ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) nos tratamentos, em	

diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.....52

**7** Representação gráfica das equações de regressão do carbono do CO<sub>2</sub> liberado ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ ) nos tratamentos, em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10m. Tratamentos: 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.....53

**8** Representação gráfica das equações de regressão de quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1} / \mu\text{g C g}^{-1} \text{ solo seco}$ ) nos tratamentos, em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.....55

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Análise das características químicas do subsolo antes da instalação do experimento.....30
2	Análise das características químicas do aguapé e bagaço de cana-de-açúcar.....32
3	Médias, probabilidade de F e coeficientes de variação (CV%) para as características químicas do subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m, para diferentes tratamentos (T) e épocas de amostragens de subsolo (EAS). Ilha Solteira, 2005/06.....39
4	Desdobramento da interação significativa dos tratamentos (Trat.) para Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) em diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m e respectivos modelos de equação de regressão, R <sup>2</sup> e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.....40
5	Desdobramento da interação significativa para diâmetro do colo (mm) do <i>S. polyphyllum</i> entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de avaliação (EA), com respectivos modelos de equação de regressão, R <sup>2</sup> e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.....45
6	Desdobramento da interação significativa para altura de planta (cm) <i>S. polyphyllum</i> , entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de avaliação (EA), com os respectivos modelos de equação de regressão, R <sup>2</sup> e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.....46
7	Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV) determinados para colonização micorrízica (COL), contagem do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, comprimento do sistema radicular (CSR), peso fresco da parte aérea (PFPA) e peso fresco do sistema radicular (PFSR) da planta de <i>S. polyphyllum</i> . Ilha Solteira, 2005/06.....47
8	Desdobramento da interação significativa para carbono de biomassa microbiana (CBM) (µg C g <sup>-1</sup> solo seco) entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na

profundidade de 0–0,10 m e respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.....51

**9** Desdobramento da interação significativa para carbono do  $\text{CO}_2$  liberado (C- $\text{CO}_2$  liberado) ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ ) entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m com respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.....53

**10** Desdobramento da interação significativa para quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1} / \mu\text{g C g}^{-1} \text{ solo seco}$ ) entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m, com respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.....55

## LISTA DE TABELAS DO ANEXO

Tabela	Página
1 Coeficiente de correlação para carbono do CO <sub>2</sub> liberado (C-CO <sub>2</sub> liberado), carbono da biomassa microbiana (CBM), diâmetro (Diam.), altura (Alt.), fósforo (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), número de esporos (Esp.), colonização micorrízica (Micor.), peso do sistema radicular (PSR), comprimento do sistema radicular (CSR) e peso fresco da parte aérea (PFPA).....	74

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1. Informações sobre solo degradado e sua recuperação.....	21
2.2. A microbiota do solo.....	22
2.3. Aspectos biológicos do aguapé, do bagaço de cana-de-açúcar e da espécie arbórea <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> .....	25
2.4. Legislação ambiental.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. Caracterização do local experimento.....	29
3.2. Histórico da área.....	29
3.3. Análises iniciais do subsolo.....	30
3.3.1. Características químicas.....	30
3.3.2. Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones.....	31
3.4. Obtenção e preparo do aguapé e do bagaço de cana-de-açúcar.....	31
3.5. Produção das mudas de <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> .....	32
3.6. Tratamentos, instalação e condução do experimento.....	33
3.7. Delineamento experimental e análise estatística.....	33
3.8. Épocas de amostragem.....	34
3.9. Análise das características químicas do subsolo.....	35
3.10. Análise de crescimento da planta.....	35
3.10.1. Crescimento de planta.....	35
3.10.2. Comprimento do sistema radicular (CSR).....	35
3.10.3. Peso da parte aérea (PPA) e do sistema radicular (PSR).....	36
3.11. Análises microbiológicas.....	36
3.11.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM).....	36
3.11.2. Quantificação do carbono do CO <sub>2</sub> liberado (C-CO <sub>2</sub> liberado).....	37
3.11.3. Determinação do quociente metabólico ( <i>q</i> CO <sub>2</sub> ).....	37
3.11.4. Micorrização.....	37
3.11.4.1. Porcentagem de colonização micorrízica (COL).....	37
3.11.4.2. Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5. CONCLUSÕES.....	56

6. REFERÊNCIAS.....	57
7. ANEXO.....	74



## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre, pois é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação. O solo fornece às raízes fatores de crescimento como suporte, água, oxigênio e nutrientes. Além de armazenar e reciclar de nutrientes, também regula a distribuição, armazenamento, escoamento e infiltração da água. Já o ser humano se beneficia do solo enquanto matéria prima ou substrato para obras civis, agricultura, artesanato, entre outros.

Cerca de 85% do Brasil Central era originalmente caracterizado pela paisagem do cerrado, representando cerca de 1,5 a 2 milhões de km<sup>2</sup>. O clima típico da região dos cerrados é quente, semi-úmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso, inverno seco e a pluviosidade anual em torno de 800 a 1600 mm. Os solos são geralmente muito antigos, quimicamente pobres e profundos. Atualmente, graças às tecnologias desenvolvidas, a região do cerrado é um importante centro de produção de alimentos.

Como recurso natural e dinâmico, o solo é passível de ser erodido e degradado. Nesta condição, o desempenho de suas funções básicas fica severamente comprometido, acarretando interferências negativas no equilíbrio ambiental, diminuindo drasticamente a qualidade de vida nos ecossistemas, principalmente naqueles que sofrem mais diretamente a interferência antrópica.

A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna são destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada, a qualidade do regime de vazão do sistema hídrico for alterada e quando ocorre perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas, inviabilizando o desenvolvimento sócio-econômico. Algumas obras de engenharia promovem a degradação, pois retiram os horizontes superficiais do solo, principalmente para empréstimo em aterros e barragens, expondo horizontes inferiores, onde o material não

apresenta agregação, acentuando os processos erosivos. A quase ausência de matéria orgânica e a baixa disponibilidade de nutrientes, nestas situações, não permitem o restabelecimento de vegetação, facilitando a ação dos agentes erosivos.

O desmatamento faz com que a perda de solo por erosão aumente a cada ano. Uma vez modificado para cultivo ou desprovido de sua vegetação originária têm-se início o processo de erosão. Baseando-se em experiências e observações, denota-se a grande eficiência contra a erosão em solos com resíduos orgânicos, permitindo uma melhor infiltração da água, reduzindo tanto as enxurradas como a possibilidade de erosão. No que diz respeito à matéria orgânica, sua incorporação com o solo é bastante eficaz na redução da erosão, além de favorecer a atividade e o desenvolvimento de microrganismos do solo e uma melhor penetração das raízes, o que integra as partículas do solo.

A atividade microbiana, representada pelo carbono do CO<sub>2</sub> liberado e da biomassa microbiana, é considerada indicador de qualidade do solo, pois atua em processo de decomposição natural, interagindo na dinâmica dos nutrientes e na regeneração da estabilidade dos agregados, sendo fortemente influenciados pelas variações sazonais de umidade e temperatura, pelo manejo do solo, pelo cultivo e, também, pelos resíduos vegetais.

A utilização de espécies capazes de se associar com microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico configura-se como uma alternativa para uma mais rápida recuperação do solo e da vegetação, reduzindo o uso de fertilizantes. Espécies que possuem associações micorrízicas também têm sido utilizadas, pelo fato de os fungos micorrízicos desempenharem importante papel na aquisição e mobilização de nutrientes do solo, onde se associam com as raízes, promovendo ganhos no desenvolvimento das culturas, principalmente em condições de solo degradado. No intuito de maximizar o processo de recuperação, pode-se utilizar espécies arbóreas que promovam retorno econômico, como as espécies do gênero *Stryphnodendron*, por meio de suas propriedades cicatrizante de lesões gástricas, contra leishimaniose e utilização da madeira na construção civil.

No processo de reflorestamento ou implantação de povoamentos florestais para produção de madeira e povoamentos mistos para fins de preservação ambiental e ou recuperação de áreas degradadas, a boa formação de mudas, está relacionada com

fornecimento de nutrientes, boas condições físicas para o desenvolvimento da planta e benefícios gerados pelas interações com os microrganismos, como a micorriza (GONÇALVES e POGGIANI, 1996).

Em função do exposto, o trabalho teve como objetivo, avaliar o uso de resíduos orgânicos como condicionante de subsolo degradado e efeito na atividade microbiana, micorrização e crescimento do barbatimão.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Informações sobre solo degradado e sua recuperação

Área degradada é aquela que sofreu alteração de suas características originais, em função de causas naturais ou oriundas de ação antrópica (REICHMANN NETO, 1993). Ecossistema degradado é o que, após certo distúrbio, teve eliminados, junto com a vegetação, os meios bióticos, apresentando, assim, baixa resiliência, ou seja, o seu retorno ao estado anterior pode não acontecer ou ser extremamente lento, sendo necessária intervenção humana (CARPANEZZI e MARQUES, 1981; CRESTANA et al., 2006). A degradação tem-se intensificado muito em função da mineração, construção civil, agricultura e pecuária intensivas, realizadas de formas inadequadas (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 1992; NEPSTAD et al., 1991; VILELA et al., 1991). Em ambientes tropicais, o processo de degradação dos solos encontra-se intimamente relacionada com a dinâmica da matéria orgânica (FELLER e BEARE, 1997).

Com a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no município de Selvíria (MS), surgiram áreas degradadas, como as “áreas de empréstimo”, cuja caracterização química, mostraram que o subsolo é pobre em nutrientes e matéria orgânica, além de apresentarem propriedades físicas comprometidas e distantes das condições naturais, para o bioma cerrado (RODRIGUES e MALTONI, 2002; RODRIGUES et al., 2003). Nas condições do bioma cerrado, destaca a quase que completa ausência do processo de regeneração natural de determinadas áreas altamente degradadas; entretanto, o cerrado apresenta boa chance de regeneração (DURIGAN, 1999).

A redução de matéria orgânica afeta os processos de formação e estabilização dos agregados do solo, atividade biológica e ciclagem de nutrientes, contribuindo para a perda de nutrientes, solo e água (ROSCOE et al., 2006). Desta forma, para restabelecer o

potencial produtivo do solo, equilibrar e sustentar o ecossistema, é necessário o retorno da matéria orgânica por meio da adição de resíduos orgânicos e práticas conservacionistas, como plantio em nível, cultivo mínimo, plantio direto, terraceamento e curvas de nível, que contribuirão também para o aumento e recuperação da comunidade microbiana do solo (MASCHIO et al., 1992; RUIVO, 1993).

Nos solos degradados, o manejo deve ser empregado a fim de recuperá-lo e evitar o agravamento do seu estado. A reabilitação de uma área degradada envolve um conjunto de fatores ambientais de tal forma, que propicie condições para que o processo de recuperação seja similar ao processo de sucessão secundária, tanto nos aspectos edáficos (construção de solo e ciclagem de nutrientes) como nos fitossociológicos (introdução de espécies), além dos ambientais (filtração de radiação solar, umidade, microclima e meso-fauna, serrapilheira e substrato) (VALCARCEL e SILVA, 1997).

Nos processo de recuperação de áreas degradadas, pode-se conseguir resultados positivos a longo prazo, deixando-a em pousio ou abandono para que haja recomposição natural da vegetação. Pode-se, ainda, manejar a vegetação secundária introduzindo espécies capaz de fixar nitrogênio por meio de associação micorrízica, desbaste seletivo, plantio de espécies de valor econômico e eliminação de espécies indesejadas. Na recuperação a curto prazo, é necessário a utilização de corretivos de acidez, utilização de leguminosas como fonte de nitrogênio e matéria orgânica e adubação química como fonte de fósforo e potássio (WADT, 2003).

O uso da cobertura vegetal como medida mitigadora dos impactos ambientais é uma opção prática, econômica e coerente para recuperação de áreas degradadas, embora apresente dificuldades de adaptação inerentes à declividade do terreno e a composição física e química do substrato (D'ALTERIO e VALCARCEL, 1996).

## **2.2. A microbiota do solo**

A biota do solo pode ser estudada quanto à presença ou ausência de determinadas espécies de microrganismos, pela biomassa dessas espécies ou a nível de comunidade (biomassa e atividade respiratória do solo) (PAPENDIK et al., 1992). Os conceitos de qualidade do solo mais difundidos são aqueles que ressaltam o seu aspecto

funcional. A qualidade do solo é a capacidade deste funcionar dentro dos limites do ecossistema, sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais (DORAN e PARKIN, 1994). Dada a importância do processo de ciclagem de nutrientes no aspecto funcional do solo, é importante ratificar que a dinâmica dos microrganismos do solo está relacionada com esse processo (WAKER e REUTER, 1996).

Índices microbiológicos baseados em mais de um parâmetro, podem ser capazes de discriminar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre qualidade do solo. Desta forma, a biomassa microbiana e o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) são indicados como bons indicadores (PAPENDIK et al., 1992). O  $qCO_2$  é apontado como um indicador de estresse microbiano, pois ele expressa a energia necessária para a manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para síntese da própria biomassa (BARDGETT e SAGGAR, 1994).

A biomassa microbiana contribui com a fertilidade do solo, contendo ela mesma uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (JENKINSON, 1988). A biomassa microbiana é a fração viva da matéria orgânica do solo composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas; ela é um importante componente na avaliação da qualidade do solo, porque atua nos processos de decomposição natural interagindo na dinâmica dos nutrientes e regeneração da estabilidade dos agregados (FRANZLUEBBERS et al., 1999). As áreas agrícolas contêm em torno de 200–1000  $\mu g$  do carbono da biomassa microbiana (CBM), o que equivale de 100 a 600 kg de N e de 50 a 300 kg de P por hectare, na camada de 0 a 0,30 m do solo. Essas quantias, muitas vezes, excedem a suplementação anual de nutrientes aplicados na forma de fertilizantes químicos, sendo sua disponibilidade dependente da dinâmica dos microrganismos, representando um estoque hábil de nutrientes, além de desempenharem papel ativo na prevenção da lixiviação, por meio da imobilização (FEIGL et al., 1995).

Os microrganismos são sensíveis às modificações do solo, tornando-os adequados indicadores biológicos. Estimativas a respeito da biomassa microbiana possibilitam associar a quantidade de nutrientes imobilizados com a fertilidade e potencial produtivo (MERCANTE, 2001). A respiração e a atividade enzimática, geral ou específica no solo, também podem ser utilizadas como indicadores de qualidade, apontando para alterações mesmo antes de um acúmulo nas plantas ou de uma erosão ser detectada (CAMPBELL

et al., 1992). Assim, o monitoramento da comunidade microbiana por meio destas variáveis, tem sido utilizado para ajudar na detecção de alterações nas populações microbianas resultantes de mudanças ambientais, em função dos diferentes sistemas de manejo.

A qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provoca alterações na comunidade microbiana, influenciando sua taxa de decomposição (CAMPBELL et al., 1992). No solo, os microrganismos, além de sua função na decomposição da matéria orgânica, contribuem para a agregação e estruturação do solo por meio dos exsudados gomosos bacterianos e das hifas dos fungos (ALMEIDA, 1985). A biomassa microbiana, como parte viva da matéria orgânica do solo, representa nos solos tropicais, cerca de 2 a 5% do carbono orgânico, de 1 a 5% do nitrogênio orgânico e de 2 a 20% do fósforo orgânico (SMITH e PAUL, 1990).

A estrutura do solo, desenvolvida pela ação microbiana, confere a este forma e graus ideais de permeabilidade. Assim, um condicionamento perfeito e vital que contribui sobremaneira a combater o processo de erosão, cuja intensidade é inversamente proporcional à permeabilidade do solo, diminui consideravelmente os problemas oriundos de secas, encharcamentos e baixas produtividades (PRIMAVESI, 2002).

Os microrganismos do solo também são considerados de grande importância para a nutrição das plantas, por formarem simbioses com certas espécies de plantas, como a micorriza. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) estimulam o crescimento das plantas, em virtude da maior absorção de água e nutrientes pelas plantas micorrizadas (BOWEN, 1980). Mudanças de essências florestais inoculadas com fungos ecto ou endomicorrízicos, via de regra, apresentam maior sobrevivência ao transplante e melhor desenvolvimento das plantas em condições naturais (JANOS, 1983; MARX et al., 1984). As hifas externas do fungo funcionam como uma extensão do sistema radicular, proporcionando uma área maior para contato com o solo e, desta forma, favorecendo maior absorção de nutrientes (COOPER, 1984; MARSCHNER e DELL, 1994). O estabelecimento de FMA no sistema radicular das plantas influencia fatores fisiológicos, tais como redução da suscetibilidade a certos patógenos (DEHNE, 1982; GUILLEMIN et al., 1994), a tolerância ao estresse hídrico (KOIDE, 1985) e a alteração da capacidade fotossintética da planta (BROWEN e BETHLENFALVAY, 1988). Todavia, o principal benefício do fungo para a planta hospedeira, observado quanto ao melhor

desenvolvimento e estado nutricional da planta, está associado à maior absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo como o fósforo, potássio, zinco e cobre (MARSCHNER e DELL, 1994).

Em trabalho de levantamento com 81 espécies arbóreas, nativas da bacia do rio Tibagi (PR), que fazem associação micorrízica, Zangaro et al. (2000) constataram índices elevados de colonização micorrízica entre as espécies pioneiras e secundárias iniciais, sendo baixa entre as secundárias tardias e muito baixa entre as clímax.

Em uma avaliação de mudas de sete espécies florestais, formadas em substrato, sem e com inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e transplantadas para vasos com Latossolo Vermelho-Escuro e de alta e baixa fertilização com NPK, verificou-se, após 90 dias, que a inoculação garantiu elevada colonização micorrízica (>70%), estimulou o crescimento das plantas e aumentou os teores de alguns nutrientes nas plantas, como o P (POUYÚ-ROJAS, e SIQUEIRA, 2000).

### **2.3. Aspectos biológicos do aguapé, do bagaço de cana-de-açúcar e da espécie arbórea *Stryphnodendron polyphyllum***

O aguapé (*Eichornia crassipes*) é uma planta monocotiledônea, herbácea, classificada como aquática ou macrófita flutuante, perene e nativa do Brasil (BEYRUTH, 1992) e América Central e, atualmente, está presente em mais de 50 países do mundo (KWAI et al., 1986; RIBEIRO et al., 1986; SILVA et al., 1978). Apesar de ter sido levada para o continente asiático como ornamental, foi considerada daninha na Flórida (EUA) (FAO, 1995), Austrália, Índia, Birmânia, Congo e Brasil (CORRÊA, 1984; KWAI et al., 1986).

Reproduz-se assexuadamente de forma eficiente e agressiva em águas quentes, sejam fluviais ou lacustres. Considerada a mais séria planta daninha aquática do país e com potencial de aumento de área de 15% ao dia, é capaz de dobrá-la em apenas 6 ou 7 dias e pode produzir 480 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa verde (LORENZI, 1991; MARCONDES e TANAKA, 1997). Seu crescimento pode também influenciar significativamente a evapotranspiração do ambiente aquático, contribuindo para a redução do volume de água estocado e o aumento das taxas de eutrofização (GRECO, 2002). A presença de aguapé



é indicativo de ambientes eutrofizados e com altas concentrações de matéria orgânica. O sistema radicular é responsável pela filtração de poluentes das águas e local de desova, abrigo e alimento para algumas espécies de peixes (LORENZI, 1991; PINTO-COELHO e GRECO, 1999; RIBEIRO et al., 1986; WANG et al., 1999), além de servir de vetor do caramujo hospedeiro intermediário das cercárias do *Schistosoma*, transmissor da esquistossomose (URQUHART et al., 1998).

A biomassa produzida pelo aguapé tem excelente qualidade, é rica em macro e micronutrientes, vem sendo empregada na fabricação de biogás, tratamento de esgoto doméstico (LOPES-FERREIRA, 1995), fabricação de ração para alimentação animal e humana, desde que utilizada a parte aérea da planta, uma vez que o sistema radicular filtra a água, podendo acumular componentes tóxicos e metais pesados, isso em função do curso d'água estar ou não contaminado (CARVALHO, 1984; KWAI et al., 1986; RIBEIRO et al., 1986; SILVA et al., 1978). Utilizada também como substrato para orquídeas, onde substitui o xaxim, é matéria prima para produção de papel, em função de estar isento de lignina e ainda, ter a vantagem de não poluir com lixívia negra, quando comparado com a produção tradicional de celulose. A biomassa do aguapé pode servir, ainda, como substrato para compostagem ou de cobertura orgânica morta (*mulching*), sendo excelente para solos erodidos, exauridos, desestruturados, desprovidos de húmus, matéria orgânica e, conseqüentemente, sem vida (LUTZENBERGER, 1985) e mais recentemente, utilizado na compostagem de substratos para produção cogumelos (ALVES et al., 2006).

A incorporação da biomassa do aguapé ao solo, como fonte de matéria orgânica pode ser promissora, uma vez que pode disponibilizar, 291 g kg<sup>-1</sup> de MO; 49 mg kg<sup>-1</sup> de K; 26 mg kg<sup>-1</sup> de Ca; 11 mg kg<sup>-1</sup> de Mg e 10 mg kg<sup>-1</sup> de N (MALAVOLTA et al., 1989). Em uma análise bromatológica de aguapé, encontrou-se 1,08% de Ca; 0,12% de P; 87,94% de matéria seca e 21,60% de matéria mineral (KWAI et al., 1986). Estudos realizados na composição química de macrófitas aquáticas, identificaram 18 aminoácidos no aguapé, os quais estavam em quantidades iguais ou superiores aos teores de referência da NACA/FAO (2000). Em se tratando de produção de mudas, o aguapé (planta inteira) foi classificado como aconselhável para ser componente de substrato, quando utilizado seco e triturado (FERMINO et al., 2000a).

O aguapé dificulta a navegação e a coleta de água em rios e reservatórios de geração de energia elétrica, necessitando de controle devido aos prejuízos que causa nas unidades geradoras de energia ou turbinas (NEVES et al., 2002). O uso de herbicidas é comum para outras macrófitas aquáticas, entretanto, para o aguapé ainda não há produto registrado (CARDOSO et al., 2003). Uma forma de controle, embora pouco produtiva, é a retirada da planta do meio aquático, seja ela manual ou mecânica (GELMINI, 1996; STRANO, 1997).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), pertencente a família Poaceae, é uma gramínea de porte alto e proveniente do Sudeste Asiático (WIKIPEDIA, 2006). Considerada uma das plantas que possui mecanismos fisiológicos mais aperfeiçoados, eficiência de assimilação de fotossíntese e capacidade de produzir massa verde (ULLER et al., 1999). O Brasil é hoje o principal produtor mundial de cana-de-açúcar (WIKIPEDIA, 2006) e sua importância nos aspectos social e econômico justifica investimentos em pesquisas para aumentar a produção e desenvolver tecnologias de aproveitamento dos subprodutos (ULLER et al., 1999).

Seus produtos são largamente utilizados, principalmente na produção de açúcar, álcool combustível e, mais recentemente, bio-diesel (WIKIPEDIA, 2006), além de ter sido a primeira cultura introduzida no país (EMBRAPA, 2006).

O bagaço de cana é um subproduto da fabricação de açúcar e do álcool, representa 30% da cana moída e possui alta relação C/N. Vem sendo utilizado como matéria prima para geração de energia elétrica, alimentação animal e como componente do processo de compostagem (PARANHOS, 1987).

Substratos adequados para a produção de mudas, via sementes e estacas, podem ser obtidos a partir da mistura de composto orgânico com uma mistura de casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa e bagaço de cana carbonizada (componente usado para elevar a macroporosidade; 20 a 30% da mistura) (GONÇALVES e POGGIANI, 1996). Num estudo de caracterização de substratos para produção de mudas, concluiu-se que, o bagaço de cana-de-açúcar, a serragem e a casca de arroz carbonizada foram os que apresentaram comportamento promissor para este fim, uma vez que contribuíram para melhorias nas propriedades físicas do solo (FERMINO et al., 2000b).

O barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.), leguminosa pertencente a família Fabaceae, é planta decídua, heliófita, exclusiva dos cerrados. Sua ocorrência

estende-se do Paraná até o Mato Grosso do Sul, além do norte e nordeste do país, com preferência aos solos arenosos ou argiloso bem drenado e de baixa fertilidade. É recomendada para a composição de reflorestamentos mistos visando à recuperação da vegetação de áreas degradadas e de preservação permanente (LORENZI, 2002; SOUZA e LORENZI, 2005).

Sua madeira é indicada para confecção de móveis, a casca tem propriedades medicinais e as flores são apícolas (Lorenzi, 2002). A espécie *S. adstringens* apresenta efeitos contra leishmaniose e anti-inflamatório, atuando como cicatrizante de lesões gástricas (Costa et al., 2002).

#### **2.4. Legislação ambiental**

Em face da ocorrência do aguapé em espelhos d'água, é indispensável atentar para o estabelecido na legislação ambiental, haja visto a ocorrência de Área de Preservação Permanente (APP) no entorno dos corpos d'água. Nos termos do art. 2º da lei federal 4.771/65, APP são faixas marginais que envolvem corpos d'água cujos limites são estabelecidos de acordo com a dimensão e/ou classificação do corpo d'água em questão, podendo variar de 15 a 500 m de largura. Sendo a APP destinada entre outras à proteção do corpo d'água que envolve, importante observar que caso haja necessidade de intervenção em seu interior, esta deverá ser precedida de autorização prévia junto aos órgãos ambientais (LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, 2005).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do local do experimento

O experimento foi instalado em março de 2005 e conduzido até abril de 2006, em área degradada, localizada na Fazenda Experimental de Pesquisa e Extensão - FEPE, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria (MS). As coordenadas geográficas são 51° 24' WGr de longitude e 20° 22' S de latitude, com média anual de precipitação de 1370 mm. A temperatura média anual é de 24,7°C, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes (média de 26,3°C) e junho e julho os mais frios (média de 21,5°C). A umidade relativa média é de 67,9% (UNESP, 2006) e o clima predominante na região é do tipo Aw. O solo de maior ocorrência no local foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (DEMATTE, 1980; EMBRAPA, 1999; MONIZ e CARVALHO, 1973).

#### 3.2. Histórico da área

Originalmente, a área apresentava como cobertura vegetal o cerrado *sensu stricto*. No final da década de 60, com a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, o local foi desmatado e uma parte desta área foi utilizada como “área de empréstimo”, de onde o solo foi retirado, variando de 8 a 12 m a profundidade de corte. Estas áreas são definidas como “resíduo geológico em área remanescente plana”, expressão que vem sendo utilizada para descrever “áreas de empréstimo” deixadas após a construção de barragens, aterros e onde se tem a exposição dos horizontes inferiores (DIAS, 1998).

Atualmente, neste local, pequenas áreas estão em processo de regeneração natural, mas em sua maior extensão o subsolo permanece exposto, desprovido de cobertura vegetal e com presença marcante de acentuados processos erosivos (RODRIGUES e MALTONI, 2002; RODRIGUES et al., 2003).

### 3.3. Análises iniciais do subsolo

Analizou-se as características químicas e número de esporos de FMA do subsolo do local, antes da instalação do experimento. A amostra, constituiu-se de 4 sub-amostras simples e amostradas na profundidade de 0–0,15 m. Esta foi seca, peneirada, homogeneizada.

#### 3.3.1. Características químicas

Parte da amostra (400 g) preparada foi enviada para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP - Ilha Solteira e outra parte (600 g) foi reservado para análises microbiológicas. O pH foi determinado em  $\text{CaCl}_2$ ; o P, K,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  foram extraídos com resina trocadora de íons, na relação solo:água:resina de 1:10:1; o  $\text{Al}^{+3}$  extraído com KCl 1N. O P foi determinado por colorimetria; o K por fotometria de chama e o  $\text{Ca}^{+2}$  e o  $\text{Mg}^{+2}$  por espectrometria de absorção atômica; quanto à acidez potencial (H+Al) foi empregado o pH SMP e o  $\text{Al}^{+3}$  por titulação com NaOH 0,025N (RAIJ e QUAGGIO,1983). Os dados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise das características químicas do subsolo antes da instalação do experimento.

P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
$\text{mg dm}^{-3}$	$\text{g dm}^{-3}$	$\text{CaCl}_2$	----- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----							%
1	7	4,2	0,3	1	1	31	9	2,3	33,3	7

### **3.3.2. Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones**

Na determinação do número de esporos, antes da instalação do experimento, utilizou-se a outra parte do subsolo amostrado inicialmente. Os esporos dos FMA foram separados e coletados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação com sacarose (JENKINS, 1964). Por amostra, 100 g de subsolo foram misturados em 300 mL de água em um béquer e agitado vigorosamente. Após decantação por alguns segundos, para sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos, o sobrenadante foi passado por 2 peneiras, com aberturas de 710 e 50  $\mu\text{m}$ , na seqüência da maior para a menor abertura da malha, sendo este procedimento repetido 4 vezes. Com uma pisseta, o material depositado na peneira de 50  $\mu\text{m}$  foi recolhido, transferido para tubos de ensaio e centrifugado por 3 minutos a 302,1 g (gravidade). Após isto, descartou-se cuidadosamente o sobrenadante, e o precipitado foi suspenso em sacarose 50% para novamente ser centrifugado por mais 1,5 minutos. Os esporos presentes no sobrenadante foram transferidos para a peneira de malha 50  $\mu\text{m}$ , lavados com água em abundância para retirar o excesso de sacarose e recolhidos em um béquer pequeno. A contagem dos esporos foi realizada utilizando uma placa de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópico (40x). Contou-se 37 esporos na amostra de 100 g do subsolo do local do experimento.

### **3.4. Obtenção e preparo do aguapé e do bagaço de cana-de-açúcar**

O aguapé foi coletado manualmente e com auxílio de um gancho, em uma lagoa em área particular, próxima ao perímetro urbano de Ilha Solteira, com coordenadas WGr 51<sup>o</sup> 21' 3" de longitude e 20<sup>o</sup> 23' 58" S de latitude e, abastecida pelo Córrego Jardim Novo Horizonte. Tudo indica que o local onde o aguapé foi coletado, está isento de metais pesados, uma vez que, da nascente até a lagoa, não há despejo de resíduos industriais,

urbano ou outro tipo de material que pudesse provocar contaminação. O bagaço de cana-de-açúcar foi adquirido como doação da Usina Pioneiros de Sud Mennucci (SP).

A planta de aguapé e o bagaço de cana foram secos ao ar e triturados para redução e uniformização do tamanho (cerca de 1 cm de comprimento). Analisou-se uma amostra de cada material no laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP - Ilha Solteira, para determinação dos teores de nutrientes, segundo Malavolta et al. (1997), cujos resultados seguem apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Análise das características químicas do aguapé e bagaço de cana-de-açúcar.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg Kg <sup>-1</sup> -----				
<b>Aguapé</b>	8,61	0,83	8,45	25,15	6,08	3,43	43,15	18,30	1371	1148	9,50
<b>Bagaço de cana</b>	3,92	0,09	1,18	1,18	2,10	0,55	11,06	33,40	900	104	41,20

### 3.5. Produção das mudas de *Stryphnodendron polyphyllum*

A espécie arbórea utilizada foi o *S. polyphyllum*. As mudas foram produzidas a partir de sementes escarificadas quimicamente com ácido sulfúrico concentrado durante 20 minutos, lavadas em água corrente, secas e recobertas com uma fina camada de CaCO<sub>3</sub>. Estas foram germinadas em papel germi-teste e transplantadas para sacos plásticos de polipropileno, contendo 2 kg de subsolo. Esse foi coletado na área trabalhada, sendo previamente corrigida a acidez e adubado com N e P. Procedeu-se rega diária em viveiro fechado nas laterais e coberto com tela de plástico, tipo Sombrite, com capacidade de reter 50% da luminosidade solar. No quinquagésimo dia, as mudas foram transferidas para o lado de fora do viveiro onde permaneceram por 10 dias, como forma de adaptá-las às condições de campo. No sexagésimo dia, quando atingiram 5 cm de altura em média, procedeu-se o transplante das mesmas.

### 3.6. Tratamentos, instalação e condução do experimento

Como condição básica para instalação do experimento, a área foi escarificada a 0,40 m de profundidade e gradeada. As covas (0,30 x 0,90 m) foram abertas com emprego de broca hidráulica, no espaçamento 2 x 2 m. O volume do subsolo, da metade inferior da cova, foi devolvido e os resíduos orgânicos foram misturados à metade do volume superior do subsolo de cada cova (cerca de 0,064 m<sup>3</sup>), na quantidade de 954 g cova<sup>-1</sup>, equivalente a 30 t ha<sup>-1</sup> (SCHIAVETO et al., 2003), conforme distribuição dos tratamentos, além da calagem (15,9 g cova<sup>-1</sup>), adubação nitrogenada (12 g cova<sup>-1</sup>) e fosfatada (123,7 g cova<sup>-1</sup>), como segue: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

No plantio foi depositado na cova a 0,10 m de profundidade, 50 g de solo inóculo proveniente de uma área de cerrado preservado da FEPE, de coordenadas WGr 51° 24' 19,6" de longitude e 20° 21' 43,1" S de latitude. Esta prática teve como objetivo introduzir ou aumentar a população de espécies de microrganismos, importante em qualquer processo de recuperação, especialmente dos FMA. Uma amostra deste solo inóculo foi avaliada para número de esporos de FMA, como anteriormente descrito, sendo contado 927 esporos em 100 g de solo seco.

As mudas em campo foram irrigadas utilizando um tanque pipa, numa periodicidade de 2 vezes por semana, até o mês de outubro, coincidindo com o início das chuvas.

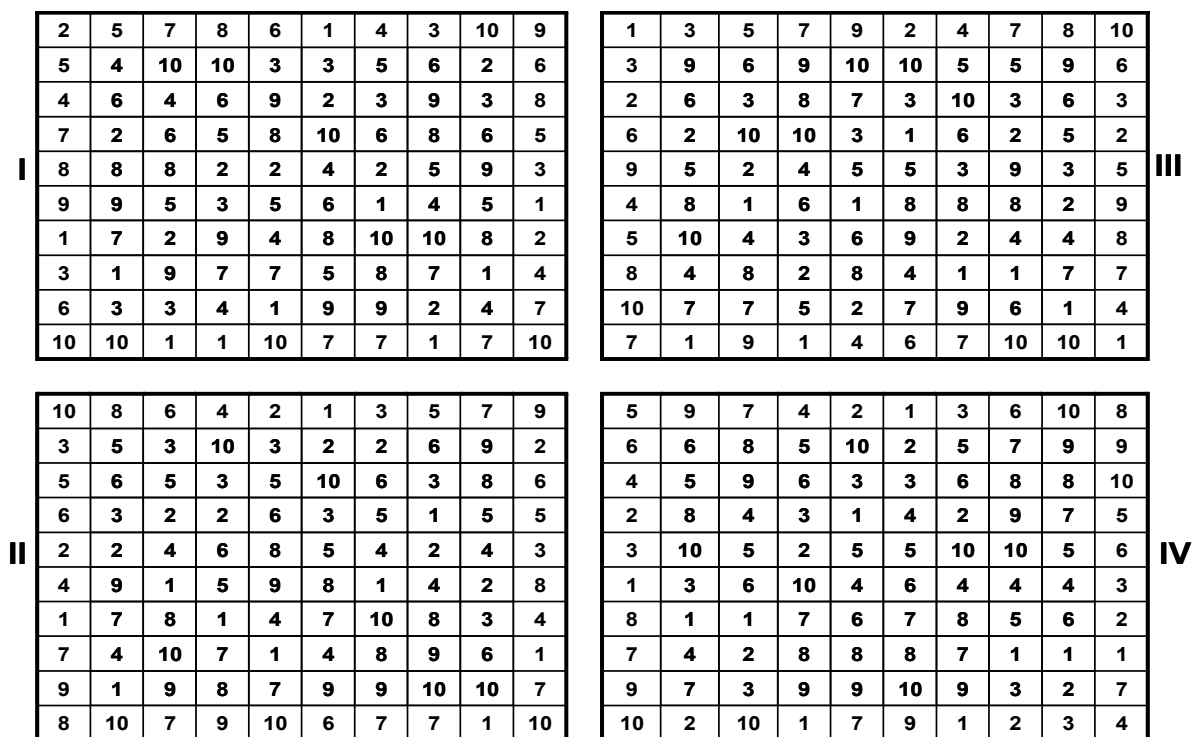
Para facilitar a retenção de água, foi feito o coroamento nas covas, com raio de 0,60 m, antes do plantio das mudas. Iniciado a partir dos 60 dias após o plantio e com intervalos de 30 dias, promoveu-se capina no perímetro da coroa e entre linhas.

### 3.7. Delineamento experimental e análise estatística

Utilizou-se um delineamento em blocos (4), ocupando cada um deles uma área de 250 m<sup>2</sup> (10 x 25 m) (Figura 1). A análise dos dados deu-se na forma de um esquema em



parcelas subdivididas com 10 tratamentos nas parcelas e 5 épocas de amostragens nas subparcelas.



**Figura 1.** Representação do delineamento experimental da área trabalhada, com 4 repetições.

Os dados foram analisados estatisticamente por teste de médias entre os tratamentos, seguido de desdobramento das interações significativas, análise de regressão e correlação de médias. O teste de médias empregado foi o Scott Knott e as análises estatísticas foram realizadas pelos programas SISVAR (FERREIRA, 1999-2003) e SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

### 3.8. Épocas de amostragem

Durante o experimento houve 5 épocas de amostragens de subsolo, em intervalos de aproximadamente 60 dias, para realizar as análises propostas. Estas iniciaram aos 63 dias após o plantio, o qual foi realizado em 29 de março de 2005 e seguiram nos meses

de junho, agosto, novembro e dezembro de 2005 e março de 2006. As amostras de subsolo foram compostas de 5 amostras simples, oriundas de 5 covas determinadas aleatoriamente, por tratamento, por repetição, à profundidade de 0–0,10 m e utilizando-se um trado de cilindro. Essas amostras foram secas ao ar, peneiradas, homogeneizadas e realizadas as análises químicas e microbiológicas, como descrito.

### **3.9. Análise das características químicas do subsolo**

As amostras compostas, por 5 amostras simples de subsolo, por tratamento, pesando aproximadamente 800 g, coletadas nas 5 épocas de amostragens ao longo do experimento, foram analisadas quimicamente e seguiu o procedimento anteriormente descrito (item 3.3.1.).

### **3.10. Análise de crescimento da planta**

#### **3.10.1. Crescimento de planta**

O crescimento das plantas foi avaliado por meio da medição da altura, utilizando-se de uma régua de madeira e do diâmetro do colo, com o auxílio de um paquímetro. Foram avaliadas as 5 plantas por repetição, por tratamento, coincidindo com as 5 épocas de amostragem de subsolo.

#### **3.10.2. Comprimento do sistema radicular (CSR)**

O CSR foi avaliado na época da última amostragem de subsolo, quando as plantas de barbatimão foram retiradas do campo, utilizando-se para isso, uma máquina retro-escavadeira que possibilitou a coleta da planta inteira, ou seja, parte aérea e sistema radicular. A medição do sistema radicular deu-se com uma régua de madeira.

### 3.10.3. Peso fresco da parte aérea (PFPA) e do sistema radicular (PFSR)

O PFPA e o PFSR foram determinados depois da última amostragem de subsolo, com a coleta da planta completa. A parte aérea e o sistema radicular foram separados e pesados em balança digital com capacidade para 10 kg.

### 3.11. Análises microbiológicas

A outra parte das amostras de subsolo, coletadas como descrita no item 3.8, foram utilizadas para análises microbiológicas como segue.

#### 3.11.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM)

O CBM foi avaliado pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), que consistiu na eliminação da microflora do subsolo pelo clorofórmio com auxílio de uma bomba de vácuo e dessecador. O carbono liberado pela morte dos microrganismos foi determinado por extração seguido de digestão e posteriormente, comparado às amostras não-fumigadas com as fumigadas. Utilizou-se 2 amostras de 10 g de subsolo por tratamento por repetição, sendo somente uma submetida a fumigação com clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ) livre de etanol, onde permaneceram por 2 dias a  $27^\circ\text{C}$  em um dessecador. O carbono microbiano foi extraído, tanto do subsolo fumigado como do não-fumigado, com o emprego de extrator sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ), em agitação por 30 minutos, seguido de filtração em papel de filtro quantitativo e posterior centrifugação a  $302,1 \text{ g}$  (gravidade) por 3 minutos. O carbono microbiano presente nos extratos foi oxidado quando misturado com dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) concentrados. A mistura foi encaminhada ao bloco digestor, onde permaneceu por 30 minutos, a  $90^\circ\text{C}$ . O excesso de dicromato foi retitulado contra sulfato ferroso amoniacal  $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ , utilizando difenilamina como indicador, revelando a quantidade de dicromato utilizado na oxidação e assim, a quantidade de carbono extraída. A biomassa foi determinada por:  $B = C_f - C_{nf} / K_{ec}$  onde:  $C_f$

e  $C_{nf}$  representam o carbono extraído dos solos fumigados e dos não fumigados e  $K_{ec}$  representa a proporção do total do carbono microbiano extraído após fumigação.

### **3.11.2. Quantificação do carbono do CO<sub>2</sub> liberado (C-CO<sub>2</sub> liberado)**

A quantificação do C-CO<sub>2</sub> liberado procedeu-se colocando alíquotas de 100 g de solo, em jarros de vidro com tampa de rosca, no centro do qual foi depositado um pequeno frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27°C. O tempo de incubação foi determinado por meio de uma curva resultante de um monitoramento diário com frascos extras. A titulação da soda livre, à qual foi acrescido 1 mL de solução saturada de BaCl<sub>2</sub>, foi realizada empregando HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. O controle foi realizado por meio de jarros de vidro, sem solo, contendo apenas pequenos frascos com 10 mL NaOH. A titulação da soda livre permitiu calcular por subtração, a quantidade de CO<sub>2</sub> que combinou com o NaOH (ANDERSON e DOMSCH, 1982).

### **3.11.3. Determinação do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)**

O qCO<sub>2</sub> foi determinado pela razão C-CO<sub>2</sub> liberado:biomassa microbiana conforme Anderson e Domsch, (1993).

### **3.11.4. Micorrização**

#### **3.11.4.1. Porcentagem de colonização micorrízica (COL)**

As raízes menores que 2 mm, amostradas ao final do experimento, foram separadas do solo, lavadas em água corrente e temporariamente preservadas em álcool 50%. Para a quantificação da colonização micorrízica, as raízes foram novamente lavadas e 1 g de raiz, por amostra, foi clarificada em solução de KOH a 10%, acidificada

com HCl 1%, corada com azul de tripano a 0,05% e preservada em lactoglicerol (PHILLIPS e HAYMAN, 1970). A determinação da porcentagem de segmentos colonizados, deu-se avaliando 100 segmentos de raízes finas, com cerca de 1 cm de comprimento, por amostra, sob microscópio óptico (40x) em lâminas de vidro, sendo considerados infectados as que apresentavam arbúsculos e/ou vesículas e/ou hifas intracelulares.

#### **3.11.4.2. Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones**

Parte das amostras do subsolo coletado na última amostragem foram utilizadas, também, para quantificação do número de esporos de FMA, como descrito no item 3.2.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se quanto às características químicas do subsolo (Tabela 3), diferenças estatísticas entre os tratamentos e entre as épocas de amostragem, para todas as variáveis analisadas, mas somente Al mostrou interação significativa entre tratamento e amostragem de subsolo (Tabela 4 e Figura 2).

**Tabela 3.** Médias, probabilidade de F e coeficientes de variação (CV%) para as características químicas do subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m, para diferentes tratamentos (T) e épocas de amostragens de subsolo (EAS). Ilha Solteira, 2005/06.

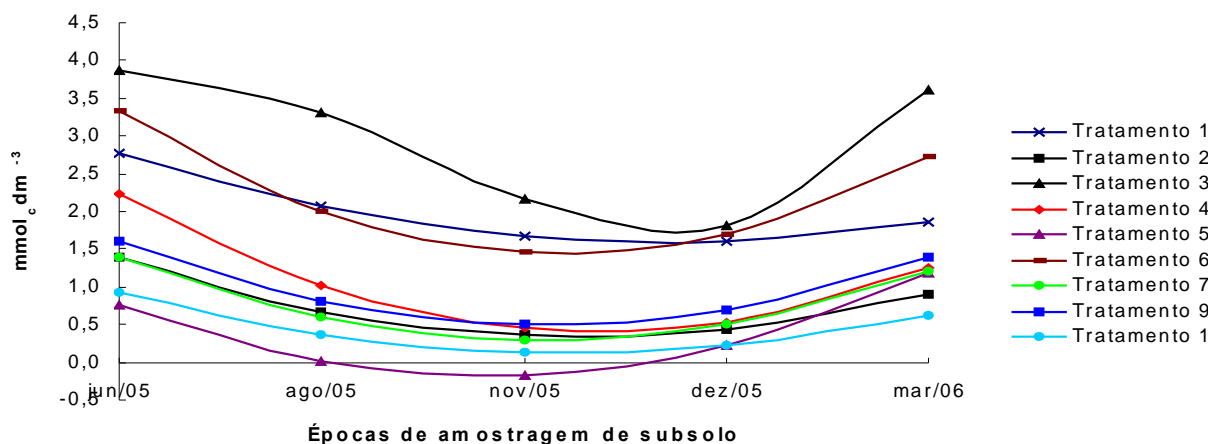
Fontes de Variação	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							
<b>Tratamentos</b>											
1	1,60 c	2,15 b	4,90 d	0,60 c	3,00 c	2,15 c	19,30 a	2,00 b	5,65 c	24,95 c	22,60 c
2	1,60 c	2,10 b	5,00 c	0,35 c	7,25 b	3,30 b	17,05 b	0,75 c	10,85 b	27,90 b	38,10 b
3	2,10 c	2,10 b	4,90 d	0,05 c	3,50 c	2,10 c	20,50 a	2,95 a	5,80 c	26,30 c	22,10 c
4	2,40 b	2,80 b	5,00 c	0,30 c	6,15 b	2,55 c	17,55 b	1,10 c	9,35 b	26,90 c	34,60 b
5	2,00 c	4,70 a	5,05 b	1,75 a	6,05 b	3,65 b	17,00 b	0,40 d	11,60 b	28,60 b	40,00 b
6	2,00 c	4,65 a	4,95 d	1,45 b	3,85 c	2,50 c	19,25 a	2,25 b	7,00 c	26,25 c	26,05 c
7	2,20 c	5,85 a	5,00 c	1,75 a	5,85 b	3,65 b	16,95 b	0,80 c	11,10 b	28,60 b	38,20 b
8	2,95 a	5,10 a	5,45 a	2,00 a	9,70 a	4,90 a	15,30 c	0,15 d	16,60 a	31,90 a	50,50 a
9	2,10 c	5,15 a	5,00 c	1,20 b	6,60 b	3,30 b	17,95 b	1,00 c	10,55 b	28,50 b	36,35 b
10	2,40 b	5,20 a	5,05 b	1,40 b	6,85 b	3,75 b	16,80 b	0,45 d	11,95 b	29,25 b	40,70 b
<b>Probabilidade F</b>	4,762**	18,876**	14,751**	9,24**	10,981**	10,628**	10,556**	18,213**	12,989**	5,458**	20,108**
<b>CV (%)</b>	38,13	38,92	6,32	83,59	46,16	37,55	11,80	80,84	40,72	13,27	25,54
<b>EAS</b>											
Jun/05	1,35 c	4,08 a	5,00 a	1,15 a	7,23 a	3,83 a	18,28 b	1,83 a	12,28 a	30,80 a	37,83 a
Ago/05	1,33 c	4,38 a	5,05 a	1,28 a	6,20 b	3,18 b	16,35 a	1,25 b	10,28 b	26,63 b	37,48 a
Nov/05	2,00 b	3,70 b	5,13 a	1,13 a	5,30 c	2,93 b	18,10 b	0,53 d	9,28 b	27,65 b	33,15 b
Dez/05	3,00 a	4,15 a	5,98 a	1,08 a	5,35 c	3,13 b	18,20 b	0,83 c	9,45 b	27,65 b	33,23 b
Mar/06	3,00 a	3,60 b	5,00 a	0,80 a	5,33 c	2,88 b	17,90 b	1,53 b	8,45 b	26,85 b	32,93 b
<b>Probabilidade F</b>	39,579**	4,178**	17,987**	2,805*	7,135**	10,035**	22,55**	10,7825**	10,305**	16,427**	8,844**
<b>CV (%)</b>	39,30	25,09	3,07	69,07	33,91	23,81	6,02	44,25	26,09	9,14	15,21
<b>Modelo Equação</b>	C	L	Q	L	Q	C	C	Q	Q	C	L
<b>Probabilidade F (TxEAS)</b>	1,232 ns	1,505 ns	1,477 ns	1,081 ns	0,709 ns	1,233 ns	1,119 ns	1,805**	0,883 ns	0,832 ns	0,875 ns

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\*, \* significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo. L: Linear; Q: Quadrática e C: Cúbica.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação significativa dos tratamentos (Trat.) para Al ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m e respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.

Trat.	Épocas de amostragens de subsolo					Modelo da Equação	$R^2$ (%)	Significância
	Jun/05	Ago/05	Nov/05	Dez/05	Mar/06			
1	2,75 b	2,25 b	1,25 a	2,00 a	1,75 b	Q	69,43	*
2	1,50 c	0,50 c	0,25 b	0,75 b	0,75 c	Q	79,59	**
3	3,75 a	3,75 a	1,50 a	2,25 a	3,50 a	C	79,45	**
4	2,25 b	1,00 c	0,50 b	0,50 b	1,25 b	Q	99,83	**
5	0,75 c	0,00 d	0,00 b	0,00 b	1,25 b	Q	93,80	**
6	3,25 a	2,25 b	1,25 a	1,75 a	2,75 a	Q	95,43	**
7	1,25 c	1,00 c	0,00 b	0,50 b	1,25 b	Q	76,60	**
8	0,50 c	0,00 d	0,00 b	0,00 b	0,25 c	-	-	ns
9	1,50 c	1,00 c	0,50 b	0,50 b	1,50 b	Q	90,00	**
10	0,75 c	0,75 c	0,00 b	0,00 b	0,75 c	Q	61,90	*
<b>T x EAS</b>	1,805**							
<b>CV (%)</b>	44,25							

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\*, \* significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo. Q: Quadrática e C: Cúbica.



**Figura 2.** Representação gráfica das equações de regressão de Al para tratamentos em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

Analisando as características químicas do subsolo, após um ano de experimento, constatou-se de maneira geral, caráter ácido e pobre em nutrientes, mesmo submetidos aos tratamentos (Tabela 3). Entretanto, verificou-se sensível aumento nos valores de P, K, Ca, Mg, SB, CTC e V e diminuição nos valores de MO, (H+Al) e Al quando comparados

aos valores anteriores à instalação do experimento (Tabela 1). Este subsolo apresenta características típica dos solos de região de cerrado e, no caso em especial, de área degradada (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985).

A variável P apresentou o maior valor para o tratamento 8 ( $2,95 \text{ mg dm}^{-3}$ ), seguido do 4 e 10 ( $2,40 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e, durante as épocas de amostragem, exibiu aumentos crescentes dos valores. Benefícios foram proporcionados pelos resíduos vegetais em função da presença de microrganismos, que são responsáveis pela ciclagem de nutrientes, regulação das transformações da matéria orgânica e disponibilização de elementos nutricionais, como o P (TURCO et al., 1994). A adição de material orgânico ao solo favorece a solubilização microbiana do fosfato, a qual pode resultar da produção de  $\text{CO}_2$  e de ácidos orgânicos, oriundos da mineralização do C-orgânico e da produção de enzimas e compostos quelantes e complexantes pela microbiota (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Incrementos de P foram constatados no solo cujos tratamentos receberam lodo de esgoto como resíduo orgânico (SILVA et al., 2005).

A variável MO mostrou diferenças entre os tratamentos que receberam e os que não receberam resíduos orgânicos (Tabela 3), sendo possível inferir sobre a contribuição dos resíduos utilizados para elevar o teor desta no subsolo, a qual, provavelmente, possibilitou maior atividade microbiana. Ao longo do experimento, no entanto, observou-se um comportamento decrescente dos valores de MO. Em um trabalho onde adicionou-se resíduos orgânicos, esperava-se incrementos nos teores de MO, o que não aconteceu de modo satisfatório em nenhum dos tratamentos, possivelmente devido aos resíduos terem sido aplicados em pequenas quantidades ou por apresentarem efeitos efêmeros, isto é, a MO foi mineralizada ao longo do experimento (SILVA et al., 2005). Já num estudo da aplicação de lodo de esgoto na agricultura, constatou-se aumento nos valores de MO e reflexos diretos e crescentes na CTC (ABREU JUNIOR et al., 2001). Estes relatos podem ser explicados, uma vez que o uso do solo afeta de forma diferenciada a biomassa microbiana, podendo intensificar ou retardar os processos de decomposição, mineralização, humificação e, conseqüentemente, disponibilização de nutrientes (ROSCOE et al., 2006).

Quanto ao pH, constatou-se diferenças significativas entre os tratamentos, com destaque para o 8, com o maior valor, seguido pelos tratamentos 5 e 10, enquanto os tratamentos 1, 3 e 6 exibiram os menores valores de pH (Tabela 3). Os tratamentos 8, 5 e



10 possuíam em comum, além da adubação com N e P, o aguapé. Não houve diferenças estatísticas significativas para pH entre épocas de amostragem ao longo do experimento. Esse comportamento pode ser explicado pela influência da calagem aplicada aos tratamentos. No entanto, considerando a condição da área, um subsolo, associado às baixas quantidades de bases trocáveis e ao caráter ácido, fizeram com que, possivelmente, o efeito da calagem tivesse uma curta duração. As características microbiológicas do solo apresentaram baixos teores de MO e pH devido à condição de degradação do solo (SANTOS, 2004). Verificou-se em solo sob pastagens degradadas com *Brachiaria decumbens*, nos locais mais problemáticos, pH igual a 4,9 (OLIVEIRA et al., 2004). Quanto ao uso de resíduos orgânicos, a adição de aguapé e esterco de curral, foram as que mais contribuíram para a elevação do pH (SILVA et al., 2005).

O K apresentou os maiores valores para os tratamentos 5, 7 e 8, sendo que estes tratamentos possuíam em comum a adição de resíduos orgânicos (aguapé e/ou bagaço de cana), adubação com N e P e calagem para o tratamento 8, enquanto os tratamentos 1, 2, 3 e 4, apresentaram os menores valores (Tabela 3). Não houve diferenças estatísticas significativas para K entre épocas de amostragens de subsolo.

Ca e Mg mostraram um comportamento semelhante, ou seja, os maiores valores para o tratamento 8 e menores nos tratamentos 1, 3 e 6 (Tabela 3). Isto pode ser explicado pela ação da calagem, associados ou não aos resíduos orgânicos. Maiores incrementos em Ca também foram observados quando adicionou-se aguapé ao solo (SILVA et al., 2005). No presente trabalho, ao longo das épocas de amostragens de subsolo, observou-se, um comportamento decrescente e significativo. Estes resultados são semelhantes aos de outros autores que avaliaram resíduos orgânicos como fonte de nitrogênio para capim braquiária, onde constatou-se que os tratamentos que utilizaram o aguapé moído e a vinhaça seca, apresentaram nas características químicas do solo, valores superiores de K e Ca em relação aos outros resíduos testados (BATAGLIA et al., 1983). Em um estudo dos efeitos da rochagem e da adubação orgânica sobre o crescimento de uma espécie arbórea do cerrado, os autores constataram maiores valores de Ca nos tratamentos que receberam aguapé seco e triturado (SILVA et al., 2005).

Quanto à acidez potencial (H+Al), os maiores valores foram observados nos tratamentos 1, 3 e 6, os quais tinham em comum a ausência da calagem e o menor valor verificado para o tratamento 8. Com isso, pode-se dizer que a calagem contribuiu para a

redução da (H+Al), associado ou não à adição dos resíduos orgânicos, com exceção para o tratamento 6. Observou-se diferenças estatísticas significativas ao longo das épocas de amostragens de subsolo, com decréscimo da (H+Al) (Tabela 3).

O Al apresentou diferenças estatísticas significativas, destacando o tratamento 3 com maior valor (Tabela 3). Os tratamentos 2, 4, 7, 8, 9 e 10 foram os que mostraram os menores valores de Al, possivelmente justificado pela ação da calagem, com exceção do 7 e, na maioria, associado também à adição de resíduos. Na interação significativa entre tratamentos e épocas de amostragens de subsolo, observou-se um comportamento quadrático para a maioria dos tratamentos, com exceção do 3, que foi cúbica (Figura 2).

Com relação ao desdobramento da interação significativa, tratamento e épocas de amostragens de subsolo para Al, observou-se diferenças estatísticas (Tabela 4 e Figura 2), com valores menores verificados nos tratamentos 5, 8 e 10, os quais receberam calagem e resíduos orgânicos, no caso dos 2 últimos. Este comportamento também foi observado por outros autores que, com a utilização de resíduos orgânicos, encontraram um decréscimo da saturação por Al e aumento da eficiência no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas cultivadas (IGUE e PAVAN, 1984).

Com relação à SB, CTC e V%, verificou-se comportamento semelhante entre os tratamentos e ao longo das épocas de amostragens de subsolo (Tabela 3). O maior valor foi para o tratamento 8. Os menores valores foram verificados nos tratamentos 1, 3 e 6, os quais não receberam calagem. Ao longo das amostragens verificou-se diferenças significativas, com os maiores valores em junho de 2005 para SB e CTC, e junho e agosto de 2005 para V%, mas os demais valores, que foram menores, não diferiram entre si.

A recomendação do V% para culturas de reflorestamento deve ser de 50% (RAIJ et al., 1997). No entanto, todos os tratamentos do presente trabalho apresentaram valores inferiores a este, com exceção do tratamento 8. Neste tratamento, verificou-se valor muito baixo para P, baixo para Mg, médio para K, pH e V%, e alto para Ca, de acordo com o Boletim 100 (RAIJ et al., 1997). Os resultados deste tratamento podem ser explicados pelos efeitos da calagem como promotora da diminuição da acidez, insolubilização e complexação de elementos tóxicos, como o Al, aumento nos teores de Ca e Mg, disponibilização de P e efeitos favoráveis à microflora do subsolo e pela ação do resíduo vegetal (aguapé). Os efeitos benéficos do aumento do pH promovem maior desenvolvimento do sistema radicular, ampliando assim, a capacidade das plantas em

obter água, nutrientes e, conseqüentemente, apresentar maior crescimento (RAIJ, 1991; RAIJ et al., 1997).

Com relação ao crescimento do barbatimão, o diâmetro do colo (Tabela 5 e Figura 3) e altura de planta (Tabela 6 e Figura 4), observou-se diferenças significativas entre os tratamentos, entre épocas de amostragens de subsolo e para a interação. Na terceira, quarta e quinta épocas de amostragem, os tratamentos 1 e 2 apresentaram os menores valores de diâmetro do colo e altura de planta. Na quinta época de amostragem, o tratamento 5 para diâmetro do colo e tratamentos 5, 8 e 10 para altura de planta, foram os que exibiram maiores valores.

O diâmetro do colo e altura de planta apresentaram, de maneira geral, resultados crescentes ao longo do período, sendo os maiores valores verificados nos tratamentos que receberam calagem associada, N + P e resíduos orgânicos. Desta forma, o tratamento testemunha (1) e o que recebeu apenas calagem (2), exibiram menor crescimento. A ocorrência de solos ácidos e com baixos níveis de fertilidade são fatores que prejudicam a absorção de nutrientes, dificultando o estabelecimento e crescimento das mudas em condições de campo (SILVA et al., 1997). A partir da terceira época de amostragem essas diferenças passaram a ser estatisticamente significativas para altura de planta, coincidindo com o período de maior pluviosidade.

Os tratamentos que receberam calagem, N + P e resíduos orgânicos, associados ou não, foram os que proporcionaram os maiores valores destas duas variáveis (Tabela 5 e 6).

Em um experimento de produção de mudas de *Acacia mearnsii*, obteve-se os maiores valores de altura de planta e diâmetro de colo quando utilizou-se casca de *Pinus* decomposta misturado a resíduo vegetal no substrato, associado a dosagens de vermicomposto e vermiculita (CALDEIRA et al., 2000).

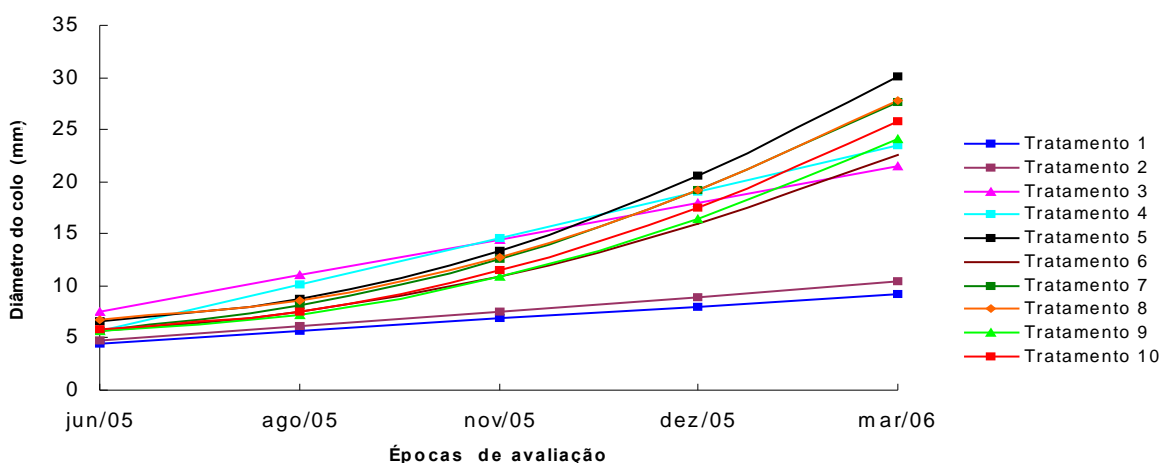
Observou-se os maiores incrementos em altura para a espécie arbórea *Astronium fraxinifolium*, nos tratamentos que continham o resíduo orgânico misturado ao substrato (SILVA et al., 2005). Resultados semelhantes foram encontrados em um experimento que avaliou plantas de tomate crescendo em diversos tipos de substratos, quando a maior altura de planta foi verificada na presença de fibra de coco + pó de carvão (TEO e TAN, 1993). Entretanto, avaliando crescimento de plantas ornamentais, utilizando resíduos

vegetais como substrato, encontrou-se menores valores para altura de planta, para o tratamento com bagaço de cana (SOUZA, 2001).

**Tabela 5.** Desdobramento da interação significativa para diâmetro do colo (mm) do *S. polyphyllum* entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de avaliação (EA), com respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.

Trat.	Época de avaliação					Modelo da Equação	$R^2$ (%)	Significância
	Jun/05	Ago/05	Nov/05	Dez/05	Mar/06			
1	4,71	5,17 b	7,10 b	8,40 c	8,98 e	L	96,24	**
2	4,98	5,61 b	7,81 b	8,90 c	10,45 e	L	98,00	**
3	7,35	8,70 a	13,94 a	16,61 a	20,98 d	L	97,68	**
4	7,20	9,20 a	14,25 a	17,00 a	25,55 c	L	94,42	**
5	6,53	8,30 a	15,50 a	18,24 a	30,85 a	Q	97,23	**
6	5,77	6,97 b	12,29 a	14,64 b	22,90 d	Q	97,90	**
7	5,66	7,83 a	14,00 a	17,65 a	28,20 b	Q	98,60	**
8	6,87	8,00 a	14,35 a	17,70 a	28,20 b	Q	98,25	**
9	5,66	6,95 b	12,50 a	14,65 b	24,78 c	Q	97,17	**
10	5,84	6,90 b	13,25 a	15,90 b	26,30 b	Q	97,58	**
<b>T x EA</b>	18,073**							
<b>CV (%)</b>	10,23							

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\* significativo a 1%. L: Linear e Q: Quadrática.

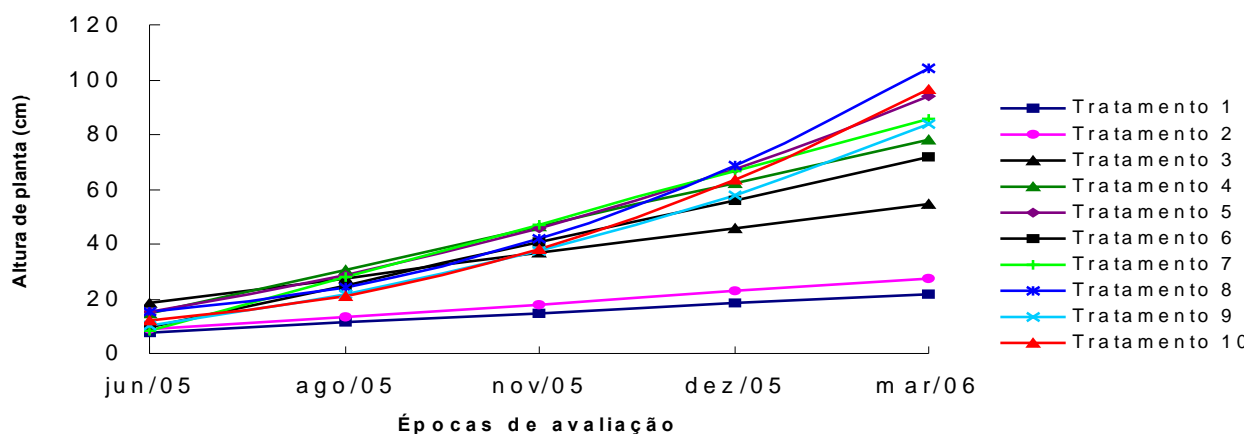


**Figura 3.** Representação gráfica das equações de regressão para diâmetro do caule de *S. polyphyllum*, entre tratamentos em diferentes épocas de avaliação. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

**Tabela 6.** Desdobramento da interação significativa para altura de planta (cm) *S. polyphyllum*, entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de avaliação (EA), com os respectivos modelos de equação de regressão, R<sup>2</sup> e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.

Trat.	Épocas de avaliação					Modelo da Equação	R <sup>2</sup> (%)	Significância
	Jun/05	Ago/05	Nov/05	Dez/05	Mar/06			
1	8,63	10,60	13,88 b	18,88 c	21,85 e	L	98,09	**
2	10,73	12,20	16,33 b	22,50 c	28,65 e	L	95,50	**
3	18,53	24,38	39,75 a	47,75 b	52,28 d	L	96,47	**
4	17,63	23,68	51,33 a	58,60 b	79,90 b	L	96,35	**
5	16,70	25,33	46,53 a	69,46 a	92,93 a	Q	99,60	**
6	12,63	18,63	43,85 a	53,98 b	72,68 c	L	97,30	**
7	14,10	19,18	48,50 a	67,00 a	87,00 b	L	97,16	**
8	16,00	20,25	48,35 a	63,90 a	105,20 a	Q	98,48	**
9	10,90	17,60	43,20 a	53,90 b	84,73 b	Q	98,08	**
10	12,85	17,30	44,95 a	58,10 b	97,80 a	Q	98,11	**
<b>T x EA</b>	15,648 **							
<b>CV (%)</b>	14,76							

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\*, significativo a 1%. L: Linear e Q: Quadrática.



**Figura 4.** Representação gráfica das equações de regressão de altura da planta de *S. polyphyllum*, entre os tratamentos nas diferentes épocas de avaliação. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

Estudando o aguapé com fonte de matéria orgânica, constatou-se que a incorporação de aguapé não apresentou efeitos importantes para a germinação do *S. adstringens*. Entretanto, para o crescimento das plantas verificou-se efeito positivo para

as espécies *Piptadenia colubrina* e *S. adstringens* quanto se utilizou aguapé no substrato (SCHIAVETTO et al., 2004).

No presente trabalho, o tratamento 3, seguido do 1 e 6, foram os que apresentaram os mais elevados teores de Al e dentre os menores, estão o 5, 8 e o 10. Com isso pode-se fazer uma relação entre os teores de Al e o crescimento de planta, ou seja, as plantas obtiveram um maior crescimento onde os teores de Al foram baixos. Os baixos níveis de cálcio, alto índice de acidez e excesso de alumínio, levando a baixa captação de nutrientes e água, tornando as culturas sujeitas a deficiências minerais, suscetíveis a déficits hídricos e, conseqüentemente, alcançando baixo crescimento de planta (MARIA et al., 1993). A presença de alumínio em concentrações tóxicas é, provavelmente, o fator mais limitante ao crescimento das plantas (KAMPRATH e FOY, 1985).

Observou-se entre diâmetro do colo e altura de planta, correlação significativa e positiva de 0,9643\*\*.

As variáveis COL, número de esporos, CSR, PFFA e PFSR mostraram diferenças estatísticas entre tratamentos (Tabela 7). Todos os tratamentos apresentaram colonização micorrízica, provavelmente resultado da inoculação realizada no plantio. Os maiores valores de COL foram para os tratamentos 5, 6, 7, 8, 9 e 10, os quais apresentam em comum adubação com N e P associado à adição de resíduos orgânicos.

**Tabela 7.** Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV) determinados para colonização micorrízica (COL), contagem do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, comprimento do sistema radicular (CSR), peso fresco da parte aérea (PFFA) e peso fresco do sistema radicular (PFSR) da planta de *S. polyphyllum*. Ilha Solteira, 2005/06.

Tratamentos	COL (%)	Nº de esporos (100 g solo seco <sup>-1</sup> )	CSR (cm)	PFFA (g)	PFSR (g)
1	71,25 b	48,75 c	98,50 b	285,50 e	653,25 d
2	71,50 b	52,75 c	104,25 b	830,00 d	928,50 d
3	70,75 b	168,50 b	116,00 a	986,25 d	2393,75 c
4	70,00 b	210,25 b	117,50 a	2074,75 b	2487,50 c
5	83,00 a	335,00 a	124,50 a	2661,25 a	3467,50 b
6	83,75 a	166,50 b	114,50 a	1604,50 c	2917,50 c
7	84,25 a	193,00 b	122,75 a	2631,25 a	3088,75 c
8	81,75 a	148,00 b	117,25 a	3118,75 a	4822,50 a
9	79,00 a	90,75 c	115,50 a	1567,50 c	2797,50 c
10	81,50 a	143,25 b	121,00 a	2912,00 a	3723,75 b
Probabilidade F	7,441 **	10,796 **	3,776 **	21,940 **	34,359 **
CV (%)	5,17	32,78	7,21	22,13	15,49

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\* significativo a 1%.

Pode-se inferir que houve uma relação positiva entre a COL e o uso dos resíduos orgânicos. Assim como no presente trabalho, avaliando a ocorrência e os benefícios proporcionados pela micorrização em pupunheiras, Silva et al., (1998) constatou-se aumentos significativos da altura das plantas e do diâmetro do colo, para as mudas cujo substrato continha resíduos orgânicos e foram inoculados com esporos de fungos micorrízicos.

Em estudo sobre efeitos do cultivo do *Eucalyptus* sp. e de áreas de revegetação, sob diferentes manejos, verificou-se maior porcentagem de colonização micorrízica em *S. adstringens* crescendo na área com maior quantidade de resíduo orgânicos, ou seja, na área de reserva (PEREIRA e OLIVEIRA, 2005). Foram observados resultados semelhantes quando avaliou-se a porcentagem de colonização micorrízica em mudas de *Coffea arabica* e mudas de *Peltogyne venosa* e *Sclerolobium paniculatum*, respectivamente, obtendo maior crescimento nos tratamentos com substrato inoculado com esporos de fungos micorrízicos (SIQUEIRA et al., 1995; CALDEIRA et al., 1999).

No presente trabalho, a COL variou de 70,00 a 84,25%, sendo considerada alta. Valores semelhantes foram também encontrados para *S. polyphyllum*, 86,36%, (PEREIRA e OLIVEIRA, 2005) e num estudo de colonização de diversas espécies arbóreas em solos do território cearense, com colonização média de 77,50% (VASCONCELOS, 1984).

O pH é um fator importante para a ecologia e distribuição dos fungos micorrízicos, sendo encontrados em solos com pH variando de 3 a 10 (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os valores encontrados de P neste experimento variaram de 1,60 a 2,95 mg dm<sup>-3</sup> e o pH de 4,90 a 5,45. Com isso, pode-se dizer que os baixos teores de P estimularam, de certa forma, a micorrização, uma vez que elevados níveis deste nutriente reduzem a infecção dos fungos micorrízicos (CASAGRANDE, 1986; DAFT e NICOLSON, 1969; HARLEY e SMITH, 1983), e o pH permaneceu em níveis intermediários, sem prejuízo para a ação dos fungos.

Quanto ao número de esporos, o tratamento 5 apresentou o maior valor, sendo cerca de 9 vezes superior à quantidade de esporos que havia na área inicialmente. Em um estudo de ocorrência de FMA em áreas revegetadas após mineração e por um período de 12 anos, constatou-se que, tanto a quantidade e variedade de espécies de esporos, foram significativamente menores em áreas não revegetadas ou subsolo estéril (CAPRONI et al., 2003). No presente trabalho, o número de esporos mostrou correlação

positiva e significativa para PFSR e PFPA (0,4769\*\* e 0,5433\*\*, respectivamente), possivelmente por esta variável estar relacionada ao crescimento de planta. Em áreas degradadas, os esporos de fungos micorrízicos podem ser a fonte mais importante de propágulos, devido à sua resistência aos estresses mais severos (BRUNDRETT, 1991; CUENCA et al., 1998).

Os tratamentos 1 e 2 foram menores e diferentes estatisticamente dos demais tratamentos para CSR (Tabela 7), mostrando possivelmente, efeito insuficiente da calagem sem adubação química, para promover o crescimento do sistema radicular.

Houve diferenças significativas entre tratamentos para o PFPA, destacando os 5, 7, 8 e 10 com os maiores valores. Esses tratamentos têm em comum a adubação com N e P e adição de águapé (Tabela 7). Na análise de correlação, houve significância positiva desta variável para pH (0,5840\*\*) e negativa para (H+Al) e Al (-0,5167\*\* e -0,6776\*\*, respectivamente). Silva et al. (2005) estudando o efeito da rochagem e da adubação orgânica sobre o desenvolvimento da espécie *Astronium fraxinifolium*, observaram maior matéria fresca da parte aérea quando incorporaram resíduo orgânico (lodo de esgoto) ao solo.

O PFSR apresentou diferenças estatísticas significativas entre tratamentos, sendo o 8, o de maior valor, seguido dos tratamentos 5 e 10 (Tabela 7). Estes tratamentos possuíam em comum a adubação com N e P e adição de resíduos orgânicos. Esta variável apresentou correlação significativa e positiva para pH e negativa para (H+Al) e Al (0,4979\*\* -0,4032\*\* e -0,5040\*\*, respectivamente), isso pode explicar a influência do Al no crescimento da planta, uma vez que este prejudica o crescimento do sistema radicular. Efeitos de microrganismos no crescimento de planta tem sido relatados. Quando avaliou-se a matéria fresca da raiz, Silva et al. (2005) obtiveram os maiores valores para os tratamentos que receberam lodo de esgoto e esterco de curral. Da mesma forma, avaliando diversos tipos de substratos e suas associações para produção de mudas da espécie *Cydistax antisyphilitica*, Pereira et al. (2005) encontraram, também, o melhor desenvolvimento quando se utilizou solo de cerrado e resíduo orgânico na proporção 3:1, respectivamente, resultando em plantas com maior altura, diâmetro e massa fresca de raiz.

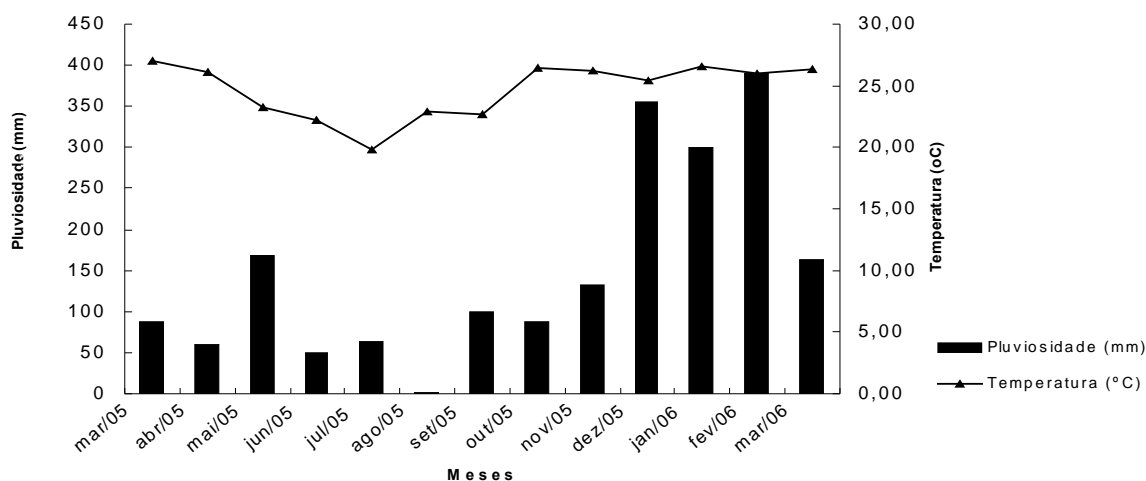
Dentre os atributos microbiológicos, a biomassa microbiana tem sido usada como indicador para avaliar as condições do solo, pois representa a fração responsável pela



mineralização da matéria orgânica, assim como pela ciclagem de nutrientes. Pode ser enquadrada como o compartimento central do ciclo do carbono, representando um considerável reservatório de nutrientes, podendo exercer a função de reserva ou de fonte, dependendo da quantidade de energia que entra ou sai do sistema (CARVALHO, 2005).

O CBM sofre grande influência sazonal (TATE et al., 1991), principalmente nas camadas superficiais do solo, onde as oscilações na umidade e temperatura são maiores (CATTELAN e VIDOR, 1990). O presente experimento foi irrigado até o mês de outubro, coincidindo com o início das chuvas mostrando influência positiva da elevação da temperatura e pluviosidade no crescimento das plantas e na atividade dos microrganismos (Figura 5). O CBM exibiu um comportamento sazonal para todos os tratamentos. Em outros relatos de literatura, com solos sob pastagens relativamente férteis, a biomassa e a atividade microbiana foram mais afetadas pela variação sazonal do que pela adição de fertilizantes (CAMPBELL et al., 1995; PERROT et al., 1992).

A variável CBM apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos e épocas de amostragens e para a interação tratamentos e épocas de amostragens de subsolo (Tabela 8). Os resultados mostraram uma tendência crescente dos valores no decorrer das amostragens de subsolo (Figura 6).



**Figura 5.** Médias de temperatura (°C) e precipitação (mm) para o período do experimento, compreendido entre Março de 2005 a Março de 2006. Fontes: UNESP, 2006 e Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, UNESP - Iha Solteira, 2005/06.

Os tratamentos que receberam resíduos orgânicos foram os que apresentaram valores superiores ao longo das medições do CBM, ou seja, tratamento 5, 7, 8, 9 e 10 nas quarta e quinta amostragens. Os valores elevados de CBM conferem função de reserva à biomassa microbiana, por acumularem grande quantidade de nutrientes e, conseqüentemente, oferecerem melhores condições nutricionais para as plantas (GAMA-RODRIGUES, 1999). E um estudo de caracterização microbiológica utilizando-se substrato sintético e orgânico de alta relação C:N (fibra de coco), observou valores superiores de CBM do substrato que continha fibra de coco (3,3 vezes) quando comparado ao sintético (MORIANO, 2002).

Entretanto, o valor isolado da biomassa microbiana não seria um indicador tão preciso e confiável para qualquer tipo de alteração, a não ser eventualmente e quando ocorre monitoramento e comportamento dessa biomassa por vários anos em uma mesma localidade. Assim, é necessário compor os valores obtidos com as demais variáveis analisadas para compreender o comportamento da comunidade microbiana no solo (CARVALHO, 2005).

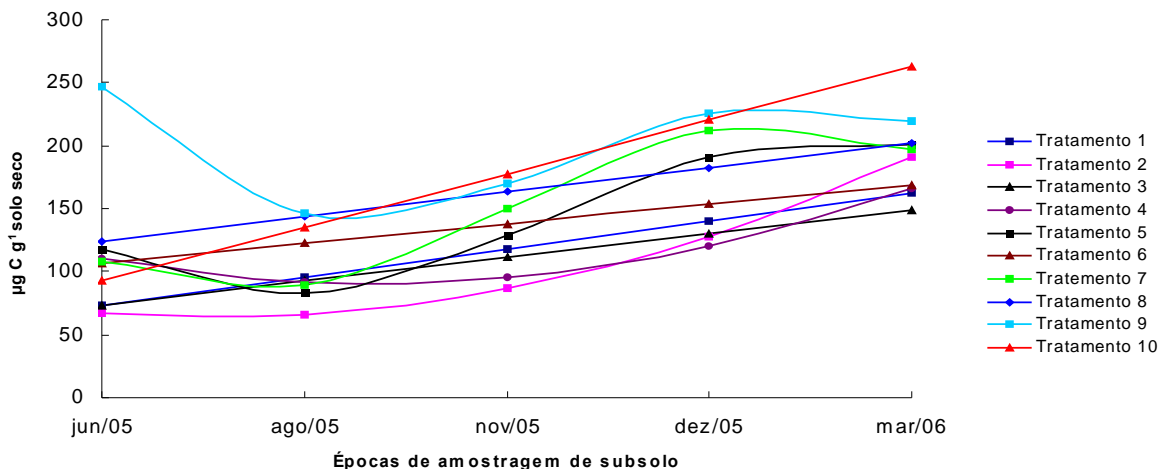
**Tabela 8.** Desdobramento da interação significativa para carbono de biomassa microbiana (CBM) ( $\mu\text{g C g}^{-1}$  solo seco) entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m e respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.

Trat.	Épocas de amostragem de subsolo					Modelo de Equação	$R^2$ (%)	Significância
	Jun/05	Ago/05	Nov/05	Dez/05	Mar/06			
1	77,50 b	90,50 b	112,50 b	148,25 b	161,00 b	L	97,31	**
2	68,00 b	71,75 b	60,50 b	157,75 b	180,25 b	Q	86,78	*
3	76,50 b	98,75 b	110,50 b	101,25 c	169,75 b	L	73,10	**
4	108,00 b	95,50 b	112,50 b	115,25 c	168,00 b	Q	98,75	*
5	113,00 b	103,00 b	98,50 b	211,00 a	195,75 a	C	84,74	*
6	102,00 b	135,00 a	122,25 b	166,75 b	163,00 b	L	78,68	*
7	103,25 b	109,50 b	121,00 b	232,00 a	192,25 a	C	87,12	**
8	146,50 b	120,00 a	151,00 a	189,75 a	208,25 a	L	74,27	**
9	243,00 a	158,25 a	151,00 a	236,75 a	215,00 a	C	91,28	**
10	82,50 b	145,50 a	164,00 a	258,00 a	238,00 a	L	87,90	**
<b>T x EAS</b>	2,115**							
<b>C V (%)</b>	26,26							

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\*, \* significativo a 1% e 5%, respectivamente. L: Linear; Q: Quadrática e C: Cúbica.

Observou-se, ainda, no presente trabalho, que o CBM apresentou correlação significativa e positiva com o diâmetro de colo, altura de planta e MO (0,4985\*\*, 0,5411\*\* e

0,2713<sup>\*\*</sup>, respectivamente) e negativa com Al (-0,1998<sup>\*\*</sup>), mostrando, assim, que o CBM relacionou-se diretamente com o crescimento da planta e com as condições de fertilidade do subsolo.



**Figura 6.** Representação gráfica das equações de regressão para carbono da biomassa microbiana (CBM) ( $\mu\text{g C g}^{-1}$  solo seco) nos tratamentos, em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

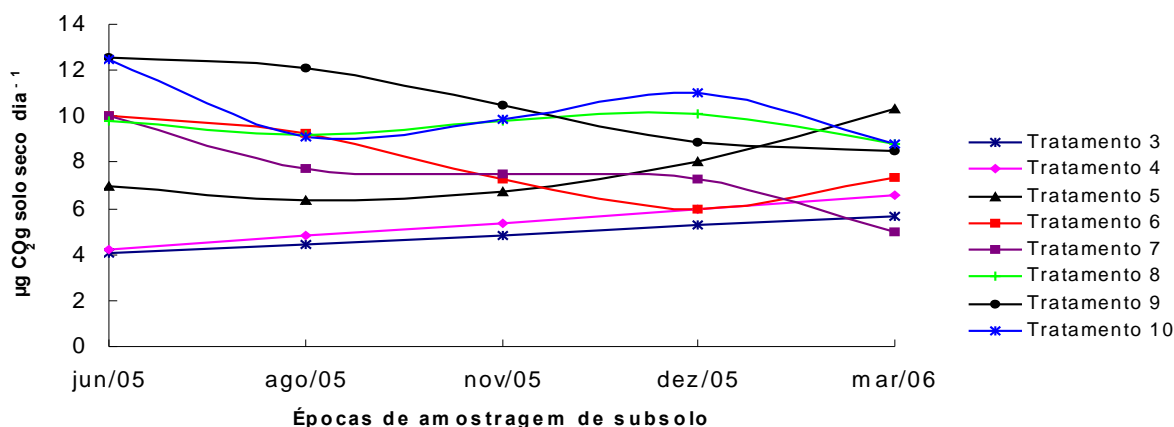
Para a variável C-CO<sub>2</sub> liberado, constatou-se diferenças estatísticas significativas entre tratamentos, entre épocas e para a interação (Tabela 9). Dentre os tratamentos que receberam resíduos orgânicos, o 5 foi o único que exibiu comportamento quadrático, apresentando o maior valor na última amostragem de subsolo (10,13  $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ ) (Figura 7).

Para todos os tratamentos, ao longo das épocas de amostragens, verificou-se, uma tendência de equilíbrio entre os valores dos tratamentos. Desta forma, os que receberam resíduos orgânicos apresentaram valores de C-CO<sub>2</sub> liberado superiores aos demais, verificando uma alta atividade microbiana. Verificou-se, também, valores de C-CO<sub>2</sub> liberado superiores em manejo conservacionista de solo, quando comparados aos observados em manejo convencional (VARGAS e SCHOLLES, 2000).

**Tabela 9.** Desdobramento da interação significativa para carbono do CO<sub>2</sub> liberado (C-CO<sub>2</sub> liberado) ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ ) entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m com respectivos modelos de equação de regressão, R<sup>2</sup> e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.

Trat.	Épocas de amostragem de subsolo					Modelo de Equação	R <sup>2</sup> (%)	Significância
	Jun/05	Ago/05	Nov/05	Dez/05	Mar/06			
1	4,31 e	4,72 e	4,30 d	4,72 d	4,90 d	-	-	ns
2	5,29 d	5,52 e	4,54 d	5,25 d	5,13 d	-	-	ns
3	3,80 e	4,81 e	4,74 d	5,36 d	5,55 d	L	87,81	**
4	4,12 e	5,22 e	4,83 d	6,05 c	6,65 c	L	87,22	**
5	6,80 c	6,94 d	5,70 c	8,85 b	10,13 a	Q	83,44	**
6	9,90 b	9,74 b	6,53 c	6,44 c	7,20 c	C	91,42	**
7	9,79 b	8,71 c	6,03 c	8,20 b	4,70 d	C	75,98	**
8	9,99 b	8,39 c	10,98 a	9,30 b	8,99 b	C	28,42	*
9	12,65 a	11,57 a	11,30 a	8,34 b	8,67 b	C	91,16	*
10	12,53 a	8,96 c	10,06 b	10,93 a	8,85 b	C	99,27	*
<b>T x EAS</b>	16,387**							
<b>CV (%)</b>	9,39							

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\*, \* significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo. L: Linear; Q: Quadrática e C: Cúbica.



**Figura 7.** Representação gráfica das equações de regressão do carbono do CO<sub>2</sub> liberado ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ ) nos tratamentos, em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10m. Tratamentos: 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

Valores de C-CO<sub>2</sub> liberado superiores em 59% para área com resíduos vegetais, quando comparados com área sem os resíduos, foram encontrados por Assis Júnior et al. (2003). Em outro trabalho, foi relatado que, em áreas cultivadas, quase sempre ocorrem

processos que levam à decomposição acelerada dos compostos orgânicos, resultando em perdas de carbono do solo, principalmente pela liberação de CO<sub>2</sub> para atmosfera (D'ANDREA et al., 2006).

Desta forma, a diminuição da MO, por meio de processos degradativos, ao longo das épocas de amostragens de subsolo, está relacionada à atividade microbiana e, conseqüentemente, à emissão de CO<sub>2</sub>.

Correlação significativa e positiva de C-CO<sub>2</sub> liberado com pH foi observada neste estudo (0,4077<sup>\*\*</sup>) e também por Perez et al. (2004), os quais sugeriram que esta relação pode servir como indicador de estresse ambiental e que a atividade seria uma maneira indireta de avaliação do impacto ambiental provocado pelos diferentes tipos de manejo do solo.

A determinação do qCO<sub>2</sub> é um componente relevante na avaliação dos efeitos ambientais e antropogênicos sobre a atividade microbiana do solo (ANDERSON e DOMSCH, 1993). Foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos, entre épocas de amostragem e para a interação entre tratamentos em épocas de amostragem de subsolo (Tabela 10). Foram observadas diferenças significativas entre tratamentos somente na primeira época de amostragem de subsolo (junho de 2005), quando o tratamento 10 exibiu o maior valor (0,162 µg CO<sub>2</sub> g solo seco dia<sup>-1</sup> / µg C g<sup>-1</sup> solo seco), seguido do tratamento 6. Correlação significativa e negativa foi verificada entre qCO<sub>2</sub> e CBM (-0,5410<sup>\*\*</sup>) e positiva com C-CO<sub>2</sub> liberado (0,4169<sup>\*\*</sup>). As altas taxas de qCO<sub>2</sub>, como observadas na primeira época de amostragem, foi também observada por outros autores, os quais afirmaram que uma alta taxa de respiração microbiana pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas (PARKIN et al., 1996).

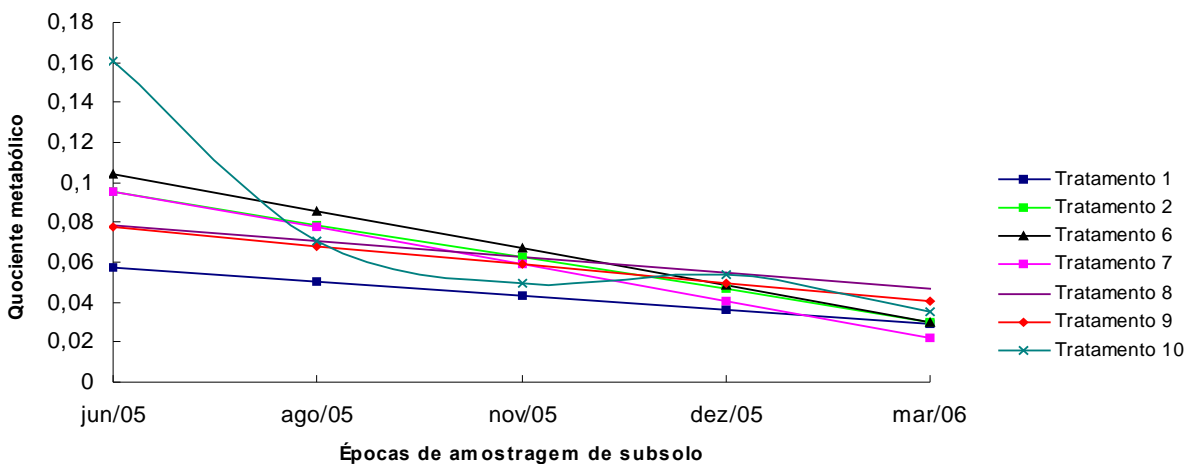
A partir da segunda época de amostragem de subsolo (Figura 8), os valores do qCO<sub>2</sub> diminuíram tendenciando a uma estabilização do sistema. Avaliando agroecossistemas durante 21 anos, Mader et al. (2002) atribuíram a alta correlação negativa entre o quociente metabólico e a diversidade microbiana, ou seja, um qCO<sub>2</sub> baixo estaria correlacionado com uma maior diversidade da comunidade microbiana e uma maior eficiência do uso da energia. Esse comportamento indica que, possivelmente, o sistema entra em equilíbrio, otimizando os efeitos da atividade microbiana e liberando menos CO<sub>2</sub> para atmosfera (GAMA-RODRIGUES et al., 1997).

O  $qCO_2$  é severamente afetado em função do manejo do solo, e a biomassa microbiana é maior em solo cujo manejo preservou os resíduos vegetais (SOUZA et al., 2006).

**Tabela 10.** Desdobramento da interação significativa para quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ( $\mu g CO_2 g$  solo seco  $dia^{-1} / \mu g C g^{-1}$  solo seco) entre os tratamentos (Trat.) e as diferentes épocas de amostragens de subsolo (EAS), coletado na profundidade de 0–0,10 m, com respectivos modelos de equação de regressão,  $R^2$  e significância para os valores de F. Ilha Solteira, 2005/06.

Trat.	Épocas de amostragem de subsolo					Modelo de Equação	$R^2$ (%)	Significância
	Jun/05	Ago/05	Nov/05	Dez/05	Mar/06			
1	0,057d	0,055	0,038	0,036	0,032	L	90,69	*
2	0,089 c	0,079	0,082	0,035	0,029	L	83,13	**
3	0,051 d	0,054	0,045	0,054	0,034	-	-	ns
4	0,041 d	0,057	0,052	0,054	0,040	-	-	ns
5	0,064 d	0,072	0,060	0,042	0,053	-	-	ns
6	0,123 b	0,073	0,054	0,040	0,047	L	76,83	*
7	0,098 c	0,080	0,051	0,038	0,027	L	96,96	*
8	0,074 c	0,071	0,074	0,049	0,045	L	78,01	*
9	0,067 d	0,075	0,076	0,036	0,041	L	57,91	*
10	0,163 a	0,062	0,062	0,045	0,037	C	97,07	*
<b>T x EAS</b>	3,048 **							
<b>C V (%)</b>	36,13							

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 3) adubação com N + P, 4) calagem + N + P, 5) N + P + aguapé, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana. \*\*, \* significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo. L: Linear e C: Cúbica.



**Figura 8.** Representação gráfica das equações de regressão de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ( $\mu g CO_2 g$  solo seco  $dia^{-1} / \mu g C g^{-1}$  solo seco) nos tratamentos, em diferentes épocas de amostragens de subsolo, coletado na profundidade de 0–0,10 m. Tratamentos: 1) testemunha, 2) calagem, 6) N + P + bagaço de cana, 7) N + P + aguapé + bagaço de cana, 8) calagem + N + P + aguapé, 9) calagem + N + P + bagaço de cana e 10) calagem + N + P + aguapé + bagaço de cana.

## 5. CONCLUSÕES

O subsolo continua a apresentar caráter ácido e pobre em nutrientes, após um ano de avaliação.

O diâmetro do colo e altura de planta apresentam resultados crescentes ao longo do período, com os maiores valores para os tratamentos que receberam calagem, N + P e resíduos orgânicos.

O carbono da biomassa, ao longo do experimento, apresentou tendências à estabilização, enquanto que o quociente metabólico diminuiu no mesmo período.

A micorrização e número de esporos foram influenciados positivamente pela presença de resíduos orgânicos, os quais apresentaram os maiores valores.

## 6. REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.813-824, 2001.

ALMEIDA, F.S. de. Influências da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FANCELLI, A. L. (Ed.) **Atualização em Plantio Direto**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. p.103-144.

ALVES, M.F.; OTSUBO, H.C.B.; GRACIOLLI, L.A. Cultivo do cogumelo comestível *Pleurotus florida* em *Eichhornia crassipes* e *Egeria densa* suplementadas com farelo de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25. 2006, Brasília. **Anais...** Brasília, SBCPD, 2006. CD ROM.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.21, p.471-479, 1982.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> ( $qCO_2$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, p.393-395, 1993.

ASSIS JUNIOR, S.L.; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.35-41, 2003.



BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled ( $^{14}\text{C}$ ) in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.26, p.727-733, 1994.

BATAGLIA, O.C.; BERTONI, R.S.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p.277-284, 1983.

BEYRUTH, Z. Aquatic macrophytes from a marginal pond at Embu-mirim river. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.26, n.4, p.272-282, 1992.

BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P. (Ed.). **Tropical Mycorrhiza Research**. Oxford: Oxford University Press, 1980. p.165-190.

BROWEN, M.S.; BETHLENFALVAY, G.J. The glycine-glomus-rhizobium symbiosis. VII Photosynthetic nutrient-use efficiency in nodulated, mycorrhizal soybeans. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.86, p.1292-1297, 1988.

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

CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; ZANAN, M.L.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.63-70, 1999.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.57, p.161-170, 2000.

CAMPBELL, C.D.; CHAPMAN, S.J.; URQUHART, F. Effect of nitrogen fertilizer on temporal and spatial variation of mineral nitrogen and microbial biomass in a silvopastoral system. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v.19, n.2-3, p.177-184, 1995.

CAMPBELL, C.A.; MOULIN, A.P.; BOWREN, K.E.; JANZEN, H.H.; TOWNLEY-SMITH, L.; BIEDERBRCK, V.O. Effect of crop rotations on microbial biomass, specific respiratory activity and mineralizable nitrogen in a Black Chernozemic soil. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v.72, p.417-427, 1992.

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBARA, R.L.L.; TRUFEM, S.B.; GRANHA, J.R.D.O.; MONTEIRO, A.B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.12, p.1409-1418, 2003.

CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; TERRA, M.A. Sensibilidade a herbicidas de acessos de águapé coletados em reservatórios no estado de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, p.61-67, 2003.

CARPANEZZI, A.A.; MARQUES, L.C.T. **Germinação de sementes de jutaí-açu (*Hymenaea courbaril* L.) e de jutaí-mirim (*Hymenaea parvifolia* Huber), escarificadas com ácido sulfúrico comercial**. Belém: Embrapa/CPATU, 1981. 15p. (Circular Técnica, 19).

CARVALHO, B.C. **Aguapé, solução natural para poluição das águas**. São Paulo: CETESB, 1984. p.2.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no estado de São Paulo**. Piracicaba, 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CASAGRANADE, L.I.T. Um caso de micorriza ectendotrófica em planta de cerrado. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.61, n.1, p.27-34, 1986.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, n.2, p.133-142, 1990.

COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal association. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJI, D.J. (Ed.). **VA mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, 1984. p.155-186.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. v.1. p.747.

COSTA, T.E.M.M.; DIAS, A.P.M.; CAPRILES, P.V.S.Z.; OLIVEIRA, M.B.N.; AMORIM, E.L.C.; LIMA, C.S.A.; BERNARDO-FILHO, M. Effect of barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Covelle) infusion on the labling of blood elements with technetium-99m. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v.12, p.7-9, 2002.

CRESTANA, M.S.M.; FERRETTI, A.R.; TOLETO FILHO, D.V.; ÁRBOCZ, G.F.; SHIMIDT, H.A.; GUARDIA, J.F.C. Espécies arbóreas nativas do estado de São Paulo recomendadas para reflorestamentos. In: \_\_\_\_\_. **Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislação**. São Paulo: Imprensa oficial, 2006. p.49-84.

CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of glomalean spores from natural disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.30, p.711-719, 1998.

D'ALTERIO, C.F.V.; VALCARCEL, R. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: "Avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas". In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6. 1996, Seropédica. **Resumos...**, Seropédica (RJ): Editora Universidade Rural/UFRRJ, 1996. p52.

D'ANDREA, A.F.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A. Emissão de CO<sub>2</sub> do solo: métodos de avaliação e influência do uso da terra. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C.

**Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas.** Dourados, MS: EMBRAPA, 2006. p.199-243.

DAFT, M.J.; NICOLSON, T.H. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. II – Influence of soluble phosphate on endophyte and host in maize. **New Phytologist**, Cambridge, v.68, p.945-952, 1969.

DEHNE, H.W. Interactions between VC mycorrhiza and plant pathogens. **Phytopathology**, Saint Paul, v.72, p.1115-1119, 1982.

DEMATTÊ, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”.** Piracicaba: Escola Superior Agrícola Luiz de Queiros, 1980. 119p.

DIAS, L.E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: UFV, Depto. de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.27-43.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35)

DURIGAN, G. Técnicas silviculturais aplicadas à restauração de ecossistemas. In: SIMPÓSIO SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSSISTEMAS NATURAIS, 1. 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1999 (CD-ROM).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação do solo.** Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Agroecologia da cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.cana.cnpm.embrapa.br/agroeco.html>>. Acesso em: 18 nov. 2006.

FAO - FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. Strategies for water hyacinth control. **Report of a Panel of Experts Meeting**. Flórida: FAO, 1995. p.137-148.

FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.B. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and stimulates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.27, p.1467-1472, 1995.

FELLER, C.; BEARE, N.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v.79, p.69-116, 1997.

FERMINO, M.H.; KAMPF, A.N.; TRENTIN, A.N. Caracterização física e química de materiais alternativos para composição de substratos para plantas: Aguapé, *Eichhornia crassipes*. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1. 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gênese, 2000a. p.249-255.

FERMINO, M.H.; TRENTIN, A.N.; KAMPF, A.N. Caracterização física e química de materiais alternativos para composição de substratos para plantas: resíduos industriais e agrícolas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1. 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gênese, 2000b. p.241-248.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**. Lavras: UFLA, 1999-2003. (Versão 4.2).

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONS, F.M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.31, p.395-405, 1999.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.227-241.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.361-365, 1997.

GELMINI, G.A. **Controle químico do aguapé (*Eichornia crassipes*) e da alface d'água (*Pistia stratiotes*)**. Piracicaba, SP, 1996. 72f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycological Society**, Cambridge, v.46, p.234-244, 1963.

GRECO, M.K.B. **Aguapé (*Eichornia crassipes*)**. Disponível em: <<http://www.bhnet.com.br/economias/edu/hidric/aguape.htm>>. Acesso em: 4 set. 2002.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: SOLO-SUELO - CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SLCS / SBCS / ESALQ/USP / CEA-ESALQ/USP / SBM, 1996. CD-ROM.

GUILLEMIN, J.P.; GIANNINAZZI, S.; PEARSON - FIANNINAZZI, V.; MARCHAL, J. Contribution of arbuscular mycorrhizas to biological protection on micropropagated pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **Agricultural Science in Finland**, Jokioinen, v.3, p.241-251, 1994.

HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1983. 483p.

IGUE, K.; PAVAN, M.A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA 1. 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.338-418.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Solo e biota. In.: \_\_\_\_\_. Comissão Técnica de Meio Ambiente. **Mineração e meio ambiente**. Brasília: IBM, 1992. p.43-51.

JANOS, D.P. Tropical mycorrhize, nutrient cycle and plant growth. In: SUTTON, S.L.; WHITEMORE, T.C; CHADWICK, A.C. (Ed.). **Tropical rain forest**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983. p.327-345.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.73, p.288-300, 1964.

JENKINSON, D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.R. (Ed.). **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.

KAMPRATH, E.J.; FOY, C.D. Lime-fertilizer-plant interactions in acid soils. In: ENGELSTAD, O.P. **Fertilizer technology and use**. 3.ed. Madison: SSSA, 1985. p.91-151.

KOIDE, R.T. The nature of growth depressions in sunflower caused by VA mycorrhizal infection. **New Phytologist**, Cambridge, v.99, p.449-462, 1985.

KWAI, H.; ARIKI, J.; MELEO, H. **Substituição do farelo de trigo por aguapé (*Eichornia crassipes*) desidratado em rações de poedeiras comerciais**. São Paulo: CETESB, 1986. p.35.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. **Acervo do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais – DEPRN**. São Paulo: Divisão de Desenvolvimento e Apoio Técnico – DIDAT, 2005. CD-ROM.

LOPES-FERREIRA, C.M. **O papel de uma região colonizada por macrófitas aquáticas na depuração de efluentes domésticos na lagoa Imboacica (Macaé-RJ)**. 1995. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. 4ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.2, p.204.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestre, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991. p.440.

LUTZENBERGER, J. **Ecologia: do jardim ao poder**. 1985. Disponível em: <<http://www.fgaia.org.br/texts/t-aguape.html>>. Acesso em: 23 set. 2004.

MADER, P.; FLIEBBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, Washington, v.296, p.4, 2002.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M.L.; CABRAL, C.P.; ANTONIOLLI, F. Sobre a composição mineral do aguapé (*Eichornia crassipes*). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.46, n.1, p.15-162, 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.



MARCONDES, D.A.S.; TANAKA, R.H. Plantas aquáticas nos reservatórios das usinas hidrelétricas das CESP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS: Workshop de Plantas Daninhas Aquáticas, 21. 1997, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p.2-4.

MARIA, I.C.; ROSSETTO, R.; AMBROSANO, E.J.; CASTRO, O.M.; NEPTUNE, A.M.L. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.1, p.87-98, 1993.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, p.89-102, 1994.

MARX, D.H.; CORDELL, C.E.; KENNEY, D.S.; MEXAL, J.D.; ARTMAN, J.D.; RIFLE, J.W.; MOLINA, R.J. Comercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques of development of ectomycorrhizae on bare-root tree seedlings. **Forestry Science**, Lawrence, v.30, p.1-101, 1984.

MASCHIO, L.; GAIAD, S.; MONTOYA, L.; CURCIO, G.R.; RACHWALL, M.F.G.; CAMARGO, C.M.S.; BATTI, A.M.B. Microrganismos e auto-sustentação de ecossistemas em solos alterados. In.: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS, 1. 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba, UFPR/Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1992. p.440-445.

MERCANTE, F.M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, Brasília: APDC, p.9-10, 2001.

MONIZ, A.C.; CARVALHO, A. Seqüência de evolução de solos derivados do arenito Bauru e de rochas básicas da região noroeste do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.32, n.17, p.309-333, 1973.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza. In: **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 543-716p.

MORIANO, J.A.; VIEIRA, M.R.; SILVEIRA, A.P.D. Características microbiológicas de substratos orgânicos. In.: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p.98.

NACA/FAO. Desenvolvimento da aquicultura para além de 2000: a declaração de Banguecoque e estratégia. In.: CONFERÊNCIA SOBRE AQUICULTURA NO TERCEIRO MILÊNIO, 1. 2000, Roma. **Conferência...** Roma: FAO, 2000. 22p.

NEPSTAD, D.C.; UHL, C.; SERRÃO, E.A.S. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. **Journal Human Environment Research Management**, Stockholm, v.20, n.6, p.248-255, 1991.

NEVES, T.; FOLONI, L.L.; PITELLI, R.A. Controle químico do aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, p.89-97, 2002.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.103, p.289-300, 2004.

PAPENDICK, R.; PARRA, J.F. Soil quality: The key to sustainable agriculture American. **Journal of Alternative Agriculture**, Baltimore, v.7, n.1/2, p.2-3, 1992.

PARANHOS, S.B. **Cana de açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2. 856p.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A., (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of América, 1996. p.231-245.

PEREIRA, J.A.A.; OLIVEIRA, C.A. Efeitos do *Eucalyptus camaldulensis* sobre a colonização micorrízica e a nodulação em *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens*, em Brasilândia, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v.11, n.4, p.409-415, 2005.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.567-573, 2004.

PERROT, K.W.; SARATHCHANDRA, S.U.; DOW, B.W. Seasonal and fertilizer effects on the organic cycle and microbial biomass in a hill country soil under pasture. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.30, p.383-394, 1992.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. **Transaction of British Mycology Society**, Cambridge, v.55, p. 158-161, 1970.

PINTO-COELHO, R.M.; GRECO, M.K.B. The contribution of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) and zooplankton to the internal cycling of phosphorus in the eutrophic Pampulha Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v.411. p.115-127, 1999.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.103-114, 2000.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 543p.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, MD.; KWAI, H.; TÍNEL, P.R. Experimento piloto da lagoa de aguapé para tratamentos de esgoto bruto. **Revista DAE**, São Paulo, v.46, n.144, p.82-86, 1986.

REICHMANN NETO, F. Recuperação de áreas degradadas na Região Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, v.3, 1993. p.102-107.

RODRIGUES, G.B.; MALTONI, K.L. Influência da revegetação em atributos químicos de solos de cerrado fortemente impactados. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 14. 2002, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: UNESP, 2002. CD-ROM.

RODRIGUES, G.B.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Relação revegetação - atributos físicos do solo em uma área degradada de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto:UNESP, 2003. CD-ROM.

ROSCOE, R.; BOADEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados, MS: EMBRAPA, 2006. p.17-42.

RUIVO, M.L.P. Recuperação de áreas de mineração: uma experiência bem sucedida na Amazônia. In.: FERREIRA, E.J.G.; SANTOS, G.M.; LEÃO, E.I.M.; OLIVEIRA, I.A. (Ed.). **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: INPA, 1993. p.383-404.

SANTOS, M.C. **Carbono da biomassa microbiana, do CO<sub>2</sub> liberado e micorrização em pastagens degradadas**. Ilha Solteira, 2004, 54f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

SAS – Statistical Analysis System Institute. **SAS/STAT Procedure guide for personal computers**. 9. ed. Cary NC: SAS Inst, 1999. 334p.

SCHIAVETO, A.R.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Utilização do aguapé como fonte de matéria orgânica e nutrientes na recuperação de áreas degradadas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15. 2003, Marília. **Anais...** São Paulo/UNESP, 2003. (CD ROM).

SCHIAVETO, A.R.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Utilização do aguapé como fonte de matéria orgânica para espécies de cerrado. In: FERTBIO 2004; REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5. 2004, Lages, SC. **Anais...** Lages, SC: SBCS; UDESC, 2004. 4p. ( CD ROM).

SILVA, E.A.; MATONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Efeito da rochagem e da adubação orgânica sobre o desenvolvimento de uma espécie arbórea de cerrado. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6. 2005, Curitiba. 2005. **Anais...** Curitiba: SOBRADE/UFPR, 2005. (CD ROM).

SILVA, E.M.R.; SUDO, A.; ALMEIDA, D.L.; MATOS, R.M.B.; PREIRA, M.G.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, C.T.T. **Ocorrência e efetividade de fungos micorrízicos em plantas cultivadas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 25p.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.205-212, 1997.

SILVA, P.C.M.; ZETTL, B.J.E.; NETTO, D.B.; RAMOS, A.M. **Projeto Baronesa**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa da Marinha, 1978. 15p.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Influência do substrato de formação e da micorriza no crescimento de mudas de cafeeiro transplantadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1417-1425, 1995.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTSKY, G. **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. p.357-398.

SOUZA, C.S.S. **Caracterização física e química de diferentes substratos: influência na produção de mudas de cróton (*Codiaeum variegatum*) e acalifa (*Acalypha wilkesiana* M. Arg.)**. Ilha Solteira, 2001. 131p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640p.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.3, p.323-329, 2006.

STRANO, H.C.V.C. **Obtenção e caracterização de concentrado protéico de aguapé (*Eichornia crassipes*)**. Piracicaba, SP, 1997, 73f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

TATE, K.R.; ROSS, D.J.; RAMASAY, A.J.; WHALE, K.N. Microbial biomass of measurement procedures, temporal variations, and the influence of P fertility status. **Plant and Soil**, The Hague, v.132, p.233-241, 1991.

TEO, C.K.; TAN, E.H. Tomato production in cocopeat. **Planter**, Kuala Lumpur, v.69, n.807, p.239-242, 1993.

TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.73-90. (SSSA Special Publication, 35).

UNESP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos/Área de Hidráulica e Irrigação. **Dados climáticos de Ilha Solteira**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/clima.php>>. Acesso em: 23 out. 2006.

ULLER, A. Introdução. In: INSTITUTO CUBANO DE PESQUISA DOS DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR – INCIDCA. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia**. Brasília: ABIPTI, 1999. 474p.

URQUHART, G.M.; ARMOUR, J.; DUNCAN, J.L.; DUNN, A.M.; JENNINGS, F.W. **Parasitologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 273 p.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z.S. Eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta e Ambiente**, Instituto de Florestas/UFRRJ, Seropédica, n.4, p.68-80, 1997.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.773-777, 1987.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.24, p.35-42, 2000.

VASCONCELOS, I.; ALMEIDA, R.T.; MENDES FILHO, P.F. Ocorrência de rizóbios e endomicorrizas em leguminosas arbustivas do estado do Ceará, Brasil. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 1-2, n.15, p.45-52, 1984.

VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; SANZONOWICZ, C.; SPAIN, J.M. **Recuperação de pastagem de *Brachiaria ruziziensis* através do uso de grade aradora, nitrogênio e introdução de leguminosas**. Planaltina: Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985/1987. 1991. p.239-241.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B. e NAKANO E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p.077-087, 2002.

WADT, P.G.S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Documentos 90, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - EMBRAPA e Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento - MAPA, Rio Branco - AC. 2003. 32p.

WAKER, J.; REUTER, D.J. **Indicators of catchment health: a technical perspective**. Melbourne: CSIRO, 1996. 174p.

WANG, G.X.; FUERSTENAU, M.C.; SMITH, R.W. Removal of metal ions by nonliving water hyacinth roots. **Mineral and Metallurgical Processing**, Littleton, v.16, n.1, p.41-47, 1999.

WIKIPEDIA. A enciclopédia livre. **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar#Produ%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Cana-de-A%C3%A7%C3%BAcaroBrasil](http://pt.wikipedia.org/wiki/Cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar#Produ%C3%A7%C3%A3o_de_Cana-de-A%C3%A7%C3%BAcaroBrasil)>. Acesso em: 18 nov. 2006.



## 7. ANEXO

**Tabela 1.** Coeficiente de correlação para carbono do CO<sub>2</sub> liberado (C-CO<sub>2</sub>), carbono da biomassa microbiana (CBM), diâmetro (Diam.), altura (Alt.), fósforo (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), número de esporos (Esp.), colonização micorrízica (Micor.), peso do sistema radicular (PSR), comprimento do sistema radicular (CSR) e peso fresco da parte aérea (PFPA).

	C-CO <sub>2</sub>	CBM	Diam.	Alt.	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	Esp.	Micor.	PSR	CSR	PFPA
C-CO <sub>2</sub>	0,3930**																			
CBM	0,0799	0,4985**																		
Diam.	0,1347	0,5411**	0,9643**																	
Alt.	0,1306	0,4081**	0,6228**	0,6253**																
P	0,6538**	0,2713**	0,0858	0,1377*	0,1839**															
MO	0,4077**	0,1595*	0,1242	0,1703*	0,2693**	0,4650**														
pH	0,5038**	0,1675*	-0,0472	-0,0099	0,0729	0,5981**	0,4159**													
K	0,4057**	0,0425	-0,0681	-0,0365	0,1592*	0,3867**	0,6238**	0,2920**												
Ca	0,4611**	0,1250	-0,0802	-0,0390	0,1405*	0,5100**	0,6369**	0,4715**	0,7342**											
Mg	-0,3190**	-0,0431	-0,0213	-0,0319	-0,1098	-0,3985**	-0,7125**	-0,3535**	-0,4390**	-0,4576**										
H+Al	-0,3143**	-0,1998**	-0,1282	-0,1943**	-0,2403**	-0,3793**	-0,7575**	-0,3521**	-0,4917**	-0,5014**	0,6621**									
Al	0,4776**	0,0775	-0,0646	-0,0252	0,1735**	0,5247**	0,7075**	0,4369**	0,9502**	0,8763**	-0,5530**	-0,5034**								
SB	0,4035**	0,0648	-0,1012	-0,0569	0,1255	0,3943**	0,4256**	0,3207**	0,8309**	0,7632**	-0,1184	-0,2044**	0,8625**							
CTC	0,4850**	0,1110	-0,0073	0,0342	0,1596*	0,5377**	0,7898**	0,4452**	0,9011**	0,8292**	-0,7117**	-0,6402**	0,9527**	0,7122**						
V	-0,0177	0,0309	0,4610**	0,4822**	0,0025	0,1953	0,1825	0,1994	0,0828	0,2045	-0,2215	-0,1926	0,1680	0,1540	0,1989					
Micor.	0,5944**	0,1500	0,1387	0,1697	0,2729	0,7707**	0,4356**	0,4685**	0,3602*	0,4878**	-0,5143**	-0,4356**	0,4815**	0,4487**	0,492*	0,3801*				
PSR	0,5555**	0,2879	0,5290**	0,4702*	0,4902*	0,6614**	0,4979**	0,5761**	0,5464**	0,5316**	-0,4032**	-0,5040**	0,6141**	0,5918**	0,5992**	0,4769*	0,6508**			
CSR	0,2793	0,0654	0,3487*	0,3091*	0,1224	0,4605**	0,2675	0,4861**	0,2532	0,2287	-0,2326	-0,3084	0,2885	0,2542	0,3316	0,4988**	0,4048**	0,5866**		
PFPA	0,5144**	0,2379	0,3743*	0,3806*	0,4819**	0,6975**	0,5840**	0,6225**	0,5772**	0,6099**	-0,5167**	-0,6776**	0,6761**	0,6176**	0,7090**	0,5433**	0,6389**	0,8688**	0,6426**	
qCO <sub>2</sub>	0,4169**	-0,5410**	-0,3773**	-0,3696**	-0,2613**	0,2660**	0,1266	0,1738**	0,2748**	0,2331**	-0,1852**	-0,0401	0,2929**	0,2558**	0,2680**	-0,1287	0,3717*	0,1783	0,1052	0,1458

\* \*\*, \* : significativo a nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.