

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**“Restauração ecológica de um solo decapitado sob  
intervenção antrópica há 17 anos”**

**CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI**

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Cristina Alves

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia -  
UNESP – Campus de Ilha Solteira, para  
obtenção do título de Doutor em Agronomia.  
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP  
julho/2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação

B715r Bonini, Carolina dos Santos Batista.  
Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17anos / Carolina dos Santos Batista Bonini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2012  
191 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2012

Orientador: Marlene Cristina Alves

Inclui bibliografia

1. Recuperação do solo. 2. Propriedades físicas do solo. 3. Propriedades químicas do solo. 4. Propriedades biológicas do solo. 5. Espécies de cerrado.

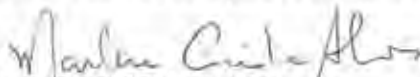
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos.

**AUTORA:** CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA ,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:




Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



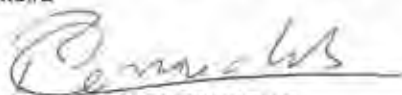
Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



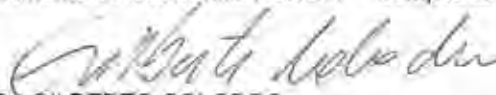
Prof. Dr. HELIO RICARDO SILVA

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. REGES HEINRICHS

Departamento de Zootecnia / UNESP - Campus Experimental de Dracena



Prof. Dr. GILBERTO COLODRO

Departamento de Agricultura / Instituto Federal Goiano

Data da realização: 31 de julho de 2012.

## **DEDICATÓRIA**

À minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por iluminar meu caminho e ajudar em mais uma conquista.

À FAPESP, pela bolsa de doutorado (Proc. FAPESP 09/54804-8) concedida.

A CAPES (BEX- 1577/11-5) pela bolsa de doutorado sanduiche concedida.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, por oferecer um excelente curso de Pós-Graduação.

Ao Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos pela infra-estrutura proporcionada e suporte para realização deste trabalho.

À Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão pelo apoio concedido para o desenvolvimento do projeto.

A Universidade da Coruña pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos.

À Marlene Cristina Alves, pela orientação e pelos ensinamentos de solos e da vida e muito mais pela parceria nesses anos de trabalho.

Ao professor Antonio Paz Gonzalez pela orientação no estágio de doutoramento no exterior.

Ao professor Guillermo, pelo auxílio nas análises de solo realizado na Universidade da Coruña no período de estágio de doutoramento no exterior.

Ao corpo docente, pelos ensinamentos passados e contribuição na minha formação acadêmica.

Ao técnico de campo Valdivino dos Santos pelo auxílio no campo e laboratório.

Aos funcionários: Alvino, Alonso, Carlinhos e Cícero (Buchada) pelo auxílio nas avaliações das espécies arbóreas e coletas de braquiaria.

À minha família: meus pais, José Luiz Batista e Maria Aparecida dos Santos Batista e minhas irmãs Marisa e Francini sempre presentes e acreditando em meus sonhos.

Ao meu esposo, Alfredo Bonini Neto, pelo amor, carinho e dedicação nesses anos de lutas e conquistas.

À minha amiga Indiamara, pelos momentos vividos no período de estágio no exterior e pela amizade de uma vida toda.

Aos meus amigos do laboratório: Débora, Otton, Thaís, Sebastião, Lígia, Laura e Poliana, Tatiana, Vinicius e Vagner.

Aos funcionários da secretaria do DEFERS, Márcia e Domingos, sempre presentes e prontos para ajudar.

Á todos que estiveram presentes em mais uma etapa da minha vida.

# RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE UM SOLO DECAPITADO SOB INTERVENÇÃO ANTRÓPICA HÁ 17 ANOS

**Autor:** Carolina dos Santos Batista Bonini

**Orientadora:** Marlene Cristina Alves

## RESUMO

A utilização incorreta dos solos e grandes construções no meio rural vêm causando alterações no mesmo, tornando-os menos produtivos, aumentando assim as áreas degradadas. Técnicas que visam à restauração ecológica de solos degradados têm sido investigadas. Neste sentido investigaram-se as mudanças positivas no ambiente edáfico de um solo decapitado que está sob intervenção antrópica com técnicas para recuperação há 17 anos, tendo sido utilizado adubos verdes, correção do solo, gesso e pastagem. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos implantados em 1992 foram: Solo mobilizado (vegetação espontânea); Mucuna-preta (MP); Guandu (G) até 1994, após substituído por Feijão-de-porco (FP); Calcário+MP; Calcário+Gesso até 1994, após substituído por FP; Calcário+Gesso+MP; Calcário+Gesso+G até 1994, após substituído por FP e, para controle duas testemunhas T1: solo exposto (sem práticas de recuperação) e T2: Vegetação nativa de Cerrado. Os tratamentos permaneceram por sete anos, e em 1999 implantou-se a *B. decumbens* em toda área experimental. No ano de 2010 e 2011, em três camadas do solo, de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e de 0,20-0,40 m, foram estudadas as propriedades físicas: porosidade do solo; densidade do solo; distribuição e estabilidade dos agregados em água; retenção de água no solo, resistência do solo à penetração, umidade do solo, infiltração de água no solo, temperatura do solo, armazenamento de água no solo e, químicas: cátions trocáveis; C orgânico, nitrogênio, pH, matéria orgânica e acidez potencial, calculadas a SB, CTC e V %. Foram avaliados o desenvolvimento das espécies arbóreas, que se regeneraram naturalmente, e massa seca da parte aérea e das raízes da *B. decumbens*. Em relação aos organismos presente no solo foi avaliada a macrofauna e a fauna epígea. Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade para a comparação de médias. As propriedades físicas mostram que o solo está sendo recuperado até a camada de 0,10 m, as propriedades químicas mostram enriquecimento até a camada 0,20 m. A massa seca da braquiária e a massa da raiz/volume de solo mostram melhor rendimento nos tratamentos com melhor condição físico-química do solo. Os tratamentos com calcário, gesso e adubo verde foram os melhores no desenvolvimento das plantas de *M. actifolium*.

**Termos de indexação:** adubos verdes. degradação do solo. área de empréstimo. qualidade do solo, calagem, gesso.

# RESTORATION ECOLOGY OF SOIL DECAPITATED HUMAN INTERVENTION IN 17 YEARS

**Author:** Carolina dos Santos Batista Bonini

**Advisor:** Marlene Cristina Alves

## ABSTRACT

Incorrect use of land and large buildings in rural areas has caused the same changes, making them less productive, thus increasing the degraded areas. Techniques aimed at ecological restoration of degraded soils have been investigated. In this sense we investigated the positive changes in the soil environment of a soil that is beheaded in human intervention techniques for recovery for 17 years, having been used green manures, soil amendment, gypsum and pasture. The experimental design was completely randomized with nine treatments and four repetitions. The treatments were: control (soil mobilized) until 1999, after deployed *Brachiaria decumbens*; *Stizolobium aterrimum* (Piper & Tracy) until 1999, after replaced by *B. decumbens*; *Cajanus cajan* (L.) until 1994, after replaced by *Canavalia ensiformis* (L.) and from 1999 replaced by *B. decumbens*; Lime+*S. aterrimum* until 1999 when was replaced by *B. decumbens*; Lime+*C. cajan* until 1994, after replaced by *C. ensiformis* from 1999 and replaced by *B. decumbens*; Lime+ Gypsum+*S. aterrimum* until 1999, after was replaced by *B. decumbens*; Lime+Gypsum+*C. cajan* until 1994, after replaced by *C. ensiformis*, and two witnesses: Soil exposed (without recovery technique) and native vegetation (savannah). These treatments were used for seven years and in 1999 *Brachiaria decumbens* was used throughout the experimental area. In 2010, in soil depths layers of 0.00-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m, were evaluated for the following properties: total porosity, soil bulk density, stability of aggregates, water retention in the soil, and soil resistance to penetration and soil moisture, water infiltration into the soil, soil temperature, soil water storage, and chemical, exchangeable cations, organic C, pH, organic matter and potential acidity, calculated SB, CEC and V%. In relation to the plants, topics evaluated were: *B. decumbens* brachiaria dry mass and spontaneous growth of native arboreal species in the plots. In relation to the organisms topics evaluated were: soil macrofauna and the epigeal fauna. The results were analyzed by analysis of variance and the Scott-Knott test with 5% of probability for the comparison of means. The physical properties show that the soil is being recovered to the layer of 0.10 m, the chemical properties show enrichment layer to 0.20 m. dry mass of *Brachiaria* and root mass/volume of soil show better performance in the treatments with better physical and chemical soil. The treatments with lime, gypsum and green manure were the best in plant development *M. actifolium*.

**Index terms:** Green manure. Soil degradation. Decapited soil. Quality soil. Lime. Gypsum.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1 - Imagem de satélite com seta indicando a área experimental	35
Figura III.2 - Vista geral da área decapitada mostrando o corte de 8,60 m de espessura	36
Figura III.3 - Subsolo exposto com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea	37
Figura III.4 - A: Vista geral da área experimental, fevereiro de 1992. B: Vista geral da área experimental, fevereiro de 1993. C: Vista geral da área experimental, fevereiro de 1994 e D: Vista geral da área experimental (aveia-preta), julho de 1998	38
Figura III.5 - Vista geral da área experimental ( <i>Brachiaria decumbens</i> ), julho de 1999	39
Figura III.6 - Vista geral da área experimental, julho de 2001	40
Figura III.7 - Vista geral da área experimental, outubro de 2010	41
Figura III.8 - Vista geral da área experimental, janeiro de 2009	41
Figura III.9 - Croqui da área experimental	43

## CAPITULO 1

Figura 1.1 - A: trincheira para coleta de amostras indeformadas. B: preparo das amostras indeformadas. C: amostras indeformadas coletadas. D: amostras indeformadas na mesa de tensão	52
Figura 1.2 - Torrão coletado para análise de estabilidade de agregados em água	53

Figura 1.3 - A: Resistência do solo à penetração realizada com o PenetroLOG (modelo Falker). B: trado utilizado para coletar solo para determinação da umidade gravimétrica (a base de massa seca)	54
Figura 1.4 - Mini infiltrômetro de disco utilizado para determinação da taxa de infiltração	55
Figura 1.5 - Infiltração média acumulada (cm), no ano de 2010, para os tratamentos de recuperação e testemunhas	73
Figura 1.6 - Infiltração média acumulada (cm), no ano de 2011, para os tratamentos de recuperação e testemunhas	74

## CAPITULO 2

Figura 2.1 - Aparelho utilizado e Laboratório de serviços de apoio à investigação (SAI) da Universidade da Coruña	99
Figura 2.2 - Trincheira aberta para a coleta de solo para análise química	100

## CAPITULO 3

Figura 3.1 - Detalhes das armadilhas para a captura da fauna epígea (A, B, C e D). indivíduos da fauna epígea, no álcool (E) e na placa de Petri para identificação (F)	124
Figura 3.2 - Avaliação da macrofauna (A, B, C e D) frascos com os macroorganismos no álcool (E) e macroorganismos na placa de Petri para identificação (F)	125
Figura 3.3 - Ibuttons para o monitoramento da temperatura do solo. B: Cabo utilizado para transferência dos dados para o computador	126

- Figura 3.4. - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T1: Solo mobilizado e T2: nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 127
- Figura 3.5 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T3: *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T4: Calcário+ *Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 128
- Figura 3.6 - Distribuição dos grupos taxonômicos I da fauna epígea do solo, dos tratamentos T5: Calcário+*Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T6: Calcário+Gesso+*Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 129
- Figura 3.7 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, do tratamento T7: Calcário+Gesso+ *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 130
- Figura 3.8 - Temperatura máxima e mínima -  $T_{max}$  e  $T_{min}$  (°C) nas camadas de 0,00-0,05. 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 131
- Figura 3.9 - Umidade do solo –  $U_g$  (kg kg<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,00-0,05. 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 132
- Figura 3.10 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T1: Solo mobilizado e T2: nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS,

- Figura 3.11 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T3: *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T4: Calcário+ *Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2011 134
- Figura 3.12 - Temperatura máxima e mínima -  $T_{\max}$  e  $T_{\min}$  (°C) nas camadas de 0,00-0,05. 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010 140
- Figura 3.13 - Umidade do solo –  $U_g$  ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) nas camadas de 0,00-0,05. 0,05-0,10 e 0,10-0,15m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2010 141
- Figura 3.14 - Temperatura máxima e mínima -  $T_{\max}$  e  $T_{\min}$  (°C) nas camadas de 0,00-0,05. 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2011 142
- Figura 3.15 - Umidade do solo –  $U_g$  ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) nas camadas de 0,00-0,05. 0,05-0,10 e 0,10-0,15m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2011 143
- Figura 3.16 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS 149
- Figura 3.17 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS 150
- Figura 3.18 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS 151

Figura 3.19 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS	152
Figura 3.20 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS	153
Figura 3.21 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS	154
Figura 3.22 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS	155
Figura 3.23 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS	156
Figura 3.24 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS	157
Figura 3.25 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS	158
Figura 3.26 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS	159
Figura 3.27 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS	160

#### **CAPITULO 4**

Figura 4.1 - A: quadro de dimensão 1m x 1m, utilizado na coleta da massa de braquiária. e B: sacos de papel utilizado para acondicionar as amostras coletadas	174
Figura 4.2 - A: Medição do diâmetro do caule das espécies arbóreas e B: Medição da altura das espécies arbóreas	175

Figura 4.3 - Dados de precipitação e temperatura nos anos de 2009, 2010 e 2011	178
Figura 4.4 - Altura das plantas da espécie <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel (Jacarandá do Campo) em 2007, 2010 e 2011. Selvíria, MS	183
Figura 4.5 - Diâmetro das plantas da espécie <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel (Jacarandá do Campo) em 2007, 2010 e 2011. Selvíria, MS	184

## ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela III.1 - Propriedades químicas do subsolo exposto, realizada antes da implantação do experimento (1992) 37
- Tabela III.2 - Propriedades físicas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo) do subsolo exposto, realizada antes da implantação do experimento (1992) 37

### CAPITULO 1

- Tabela 1.1 - Valores médios para a macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), microporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas (0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), Selvíria, MS. 2010 57
- Tabela 1.2 - Valores médios para a macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), microporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas (0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), Selvíria, MS. 2011 58
- Tabela 1.3 - Teste F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios do DMP (mm) nas camadas estudadas, Selvíria, MS, 2010 e 2011 62
- Tabela 1.4 - Valores médios para a retenção de água no solo (-50, -100 e -200 kPa ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010 64

Tabela 1.5 - Valores médios para a retenção de água no solo (-50, -100 e -200 kPa ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2011	65
Tabela 1.6 - Teste F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios para o armazenamento de água no solo (mm), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010 e 2011	67
Tabela 1.7 - Teste F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios para resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica, nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010	68
Tabela 1.8 - Teste F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios para resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica, nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2011	69
Tabela 1.9 - Valores médios para taxa constante de infiltração de água (cm h <sup>-1</sup> ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010 e 2011	71

## **CAPITULO 2**

Tabela 2.1 - Valores médios de P (mg dm <sup>-3</sup> ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	101
Tabela 2.2 - Valores médios de K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	103
Tabela 2.3 - Valores médios de Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	104
Tabela 2.4 - Valores médios de Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e	

0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	105
Tabela 2.5 - Valores médios de M.O. ( $\text{g dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	107
Tabela 2.6 - Valores médios de pH, teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	108
Tabela 2.7 - Valores médios de Al, teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	109
Tabela 2.8 - Valores médios de $\text{H}^+\text{Al}$ ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	110
Tabela 2.9 - Valores médios de CTC ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011	111
Tabela 2.10 - Valores médios de SB ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%) para os tratamentos estudados na camada de 0,10-0,20m. Selvíria, MS. 2010	117
Tabela 2.11 - Valores médios de V%, teste F, DMS - 5% e CV (%), para os tratamentos estudados na camada de 0,20-0,40m. Selvíria, MS. 2010	113
Tabela 2.12 - Valores médios de carbono e nitrogênio do solo (%), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10. 0,10-0,20 e 0,20-0,40m. Selvíria, MS. 2011	114

### **CAPITULO 3**

Tabela 3.1 - Total de organismos (TO), total de espécies (TE), índice de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para a fauna epígea do solo, nos tratamentos e épocas de amostragem, Selvíria – MS, Brasil. 2010	138
Tabela 3.2 - Total de organismos (TO), total de espécies (TE), índice de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para a fauna epígea do solo, nos tratamentos e épocas de amostragem, Selvíria – MS, Brasil. 2011	139
Tabela 3.3 - Total de organismos (TO) e total de espécies (TE) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta, Selvíria, MS. 2010	145
Tabela 3.4 - Índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta (julho e dezembro de 2010), Selvíria, MS. 2010	146
Tabela 3.5 - Total de organismos (TO) e total de espécies (TE) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta, Selvíria, MS. 2011	147
Tabela 3.6 - Índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta (julho e dezembro de 2011), Selvíria, MS. 2011	148

#### **CAPITULO 4**

Tabela 4.1 - Valores médios de matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i> (kg ha <sup>-1</sup> ), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2010	176
Tabela 4.2 - Valores médios de matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i> (kg ha <sup>-1</sup> )	

<p><sup>1</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2011</p>	177
<p>Tabela 4.3 - Desdobramento da iteração Época de corte x Tratamento da massa seca de <i>B. decumbens</i> (kg ha<sup>-1</sup>) nos tratamentos e épocas de coleta estudada, Selvíria, MS. 2011</p>	178
<p>Tabela 4.4 - Valores médios de massa seca de raiz/dm<sup>3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos, camadas de solo e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2010</p>	179
<p>Tabela 4.5 - Desdobramento da iteração Tratamento x Época de corte da massa seca de raiz.dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>) nos tratamentos, na camada de solo de 0,20-0,40 m e épocas de coleta estudados, Selvíria, MS. 2010</p>	180
<p>Tabela 4.6 - Valores médios de massa seca de raiz.dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos, camadas de solo e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2011</p>	181
<p>Tabela 4.7 - Teste de Scott-Knott para a variável Época de corte da massa seca de raiz.dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>) nos tratamentos, nas camadas de solo e épocas de coleta estudados, Selvíria, MS. 2011</p>	182
<p>Tabela 4.8 - Taxa de crescimento de plantas da espécie <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel (Jacarandá do Campo) de outubro/2007 a janeiro/2011. Selvíria, MS</p>	185
<p>Tabela 4.9 - Levantamento florístico das espécies arbóreas presentes na área</p>	185

## SUMARIO

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>I</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>23</b>
<b>II</b>	<b>RECUPERAÇÃO DE AREAS DEGRADADAS</b>	<b>25</b>
	<b>Referencias</b>	<b>31</b>
<b>III</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL</b>	<b>34</b>
<b>III.1</b>	<b>Localização e características da área experimental</b>	<b>34</b>
<b>III.2</b>	<b>Histórico do trabalho de recuperação da área experimental</b>	<b>35</b>
<b>III.3</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b>	<b>42</b>
<b>III.4</b>	<b>Avaliações realizadas</b>	<b>42</b>
<b>III.5</b>	<b>Análise estatística</b>	<b>44</b>
	<b>Referências</b>	<b>44</b>
	<b>CAPITULO 1: PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO</b>	
<b>1.1</b>	<b>Introdução</b>	<b>46</b>
<b>1.2</b>	<b>Propriedades físicas do solo</b>	<b>47</b>

<b>1.3</b>	<b>Material e Métodos</b>	51
1.3.1	<i>Análises físicas do solo</i>	51
<b>1.4.</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	56
1.4.1	<i>Porosidade do solo (porosidade total, microporosidade e macroporosidade, e Densidade do solo</i>	56
1.4.2	<i>Distribuição e estabilidade de agregados em água</i>	60
1.4.3	<i>Retenção de água</i>	63
1.4.4	<i>Armazenamento de água</i>	66
1.4.5	<i>Resistência do solo à penetração e Umidade gravimétrica do solo (a base de massa)</i>	66
1.4.6	<i>Taxa de infiltração de água.</i>	70
<b>1.4</b>	<b>Conclusões</b>	72
<b>1.5</b>	<b>Referencias</b>	92

## **CAPITULO 2: PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

<b>2.1</b>	<b>Introdução</b>	96
<b>2.2</b>	<b>Propriedades químicas do solo</b>	97
<b>2.3</b>	<b>Material e Métodos</b>	99
2.3.1	<i>Análises químicas do solo</i>	99
<b>2.4.</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	100
2.4.1	<i>Fósforo</i>	100
2.4.2	<i>Potássio</i>	102

2.4.3	<i>Cálcio</i>	103
2.4.4	<i>Magnésio</i>	104
2.4.5	<i>Matéria orgânica</i>	106
2.4.6	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	107
2.4.7	<i>Alumínio</i>	108
2.4.8	<i>Acidez potencial.</i>	109
2.4.5	<i>Soma de bases, Capacidade de troca catiônica e Saturação por bases</i>	110
2.4.10	<i>Carbono orgânico e Nitrogênio do solo</i>	113
<b>2.5</b>	<b>Conclusões</b>	116
<b>2.6.</b>	<b>Referencias</b>	117

### **CAPITULO 3: PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DO SOLO**

<b>3.1</b>	<b>Introdução</b>	119
<b>3.2</b>	<b>Propriedades biológicas do solo</b>	120
<b>3.3</b>	<b>Material e Métodos</b>	122
3.3.1	<i>Fauna epígea do solo</i>	122
3.3.2	<i>Macrorganismos</i>	123
<b>3.4</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	126
3.4.1	<i>Fauna epígea do solo</i>	126
3.4.2	<i>Macrorganismos</i>	144
<b>3.5</b>	<b>Conclusões</b>	161

<b>3.6</b>	<b>Referencias</b>	162
------------	--------------------	-----

## **CAPITULO 4: ANÁLISE DAS PLANTAS**

<b>4.1</b>	<b>Introdução</b>	166
<b>4.2</b>	<b>Espécies do Cerrado e Adubos Verdes e braquiária</b>	167
<b>4.3</b>	<b>Material e Métodos</b>	173
4.3.1	<i>Análise da produção de matéria seca de braquiária e massa seca de raiz/volume de solo</i>	173
4.3.2	<i>Análises das espécies arbóreas que se regeneraram naturalmente após a intervenção para recuperação do solo</i>	174
<b>4.4</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	176
4.4.1	<i>Produção de matéria seca de braquiária e de raiz/volume de solo</i>	176
4.4.2	<i>Taxa de crescimento das espécies arbóreas</i>	183
<b>4.5</b>	<b>Conclusões</b>	187
<b>4.6</b>	<b>Referências</b>	188

## I. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização dos recursos naturais de forma inadequada geralmente dá lugar a um novo sistema ecológico não sustentável. Com isso, solos utilizados intensamente e de forma inadequada, são levados à degradação. Técnicas que visam à recuperação de solos degradados têm sido investigadas.

A partir da década de 60, com o crescimento populacional e a demanda por maiores quantidades de energia, os governos passaram a empreender esforços para suprirem suas necessidades. Desta forma, diversas usinas hidrelétricas foram projetadas para este fim. Nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, foi construída a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no Rio Paraná (1967 a 1977), com geração de 3.240 Megawatts. Tendo em vista não existirem, na época, relatórios de impacto ambiental, a construção transcorreu sem a adequada preocupação com o nível de degradação do ambiente. Ainda que a hidroeletricidade, como alternativa para produção de energia, possa ser considerada ambientalmente mais vantajosa em relação a outras opções, por utilizar um recurso natural renovável e não-polvente, a formação de reservatórios implica na ocorrência de diversos impactos ao ambiente (CESP, 1998).

No entorno da obra da Usina Hidrelétrica devido a retirada de camadas de solo para a construção da parede da barragem, tem-se as áreas de empréstimo, que se constituem em um ecossistema degradado, pois tiveram eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes e de plântulas. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento.

Pesquisas realizadas por Alves e Souza (2008), Colodro et al., (2010), Campos e Alves (2006) e, Campos e Alves (2008) e Kitamura et al., (2008) foram desenvolvidas com o objetivo de gerar soluções para amenizar o quadro exposto. Restaurar ecossistemas é a denominação que se tem atribuído ao árduo desafio de, por meio de interferências planejadas, reconstruírem a estrutura e criar condições para que se restabeleçam, também, os processos ecológicos naturais de cada ecossistema.

Na recuperação de uma área degradada o grande desafio é o estabelecimento do horizonte A, para que a partir daí o condicionamento natural se restabeleça, podendo surgir outros horizontes (NOFFS, 2000). Muitos indicadores têm sido utilizados para a avaliação e monitoramento de ecossistemas naturais, e este é um assunto muito discutido, cujo objetivo é eleger aqueles que sejam eficientes para avaliar o nível de degradação.

No processo de recuperação, a seleção de espécies, bem como a determinação de requerimentos nutricionais, constitui passo importante para se obter o sucesso esperado. A utilização de espécies de rápido crescimento, como as leguminosas, que desenvolveram simbioses com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, tem-se mostrado bastante promissora (ALVES, 2001).

Várias técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, a maioria delas combina práticas mecânicas, que visam romper camadas compactadas, com a adição de matéria orgânica.

Mediante a preocupação de equacionar os problemas que envolvem a recuperação do solo e compreender os fatores que estão associados a resiliência da área estudada investigaram-se as mudanças ocorridas no ambiente edáfico de um solo decapitado que está sob intervenção antrópica com técnicas para recuperação há 17 anos, tendo sido utilizado adubos verdes, correção do solo, gesso e pastagem.

## II. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

No planejamento de recuperação de uma área degradada, o grande desafio a ser alcançado é o estabelecimento de um horizonte A, para que a partir daí, o processo seja catalisado pela biosfera, podendo surgir outros horizontes, conforme o condicionamento natural. Deste modo, em trabalho de recuperação, a primeira atividade compreende a identificação e caracterização dos processos de degradação atuantes e a análise de suas conseqüências ambientais. Para isto, é necessário o uso de indicadores que traduzam quantitativa ou qualitativamente o grau da degradação existente e, ainda, permitam estimar a dimensão dos esforços técnicos e econômicos que deverão ser alocados na recuperação (BITAR, 1997).

No processo de recuperação, a seleção de espécies, bem como a determinação de requerimentos nutricionais, constitui passos importantes para se obter o sucesso esperado. A utilização de espécies de rápido crescimento, como as leguminosas, que desenvolveram simbioses com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, tem-se mostrado bastante promissora (ALVES, 2001). Segundo Faria et al. (2000) espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio, associadas a fungos micorrízicos, são reconhecidas na melhoria da fertilidade do solo. Polli et al. (1996) afirmam que as propriedades físicas do solo potencialmente afetadas pela incorporação de matéria orgânica promovida pela adubação verde são a estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade, capacidade de retenção de água e taxa de infiltração de água.

Os adubos verdes são plantas leguminosas ou não cultivadas com o intuito de serem incorporadas ao solo para melhorar a capacidade produtiva deste (PEREIRA et al., 1990). O estabelecimento e o cultivo de plantas em solos degradados requerem também a utilização de insumos químicos e orgânicos (LEITE et al., 1994).

Roth et al. (1991), constataram que manejos que mantêm o solo descoberto diminuem a estabilidade de agregados, causando selamento superficial, reduzindo a infiltração de água e, conseqüentemente, induzindo à enxurrada e à erosão. Por isso, a

estabilidade de agregados tem sido usada como indicador da qualidade física do solo, pois é sensível às alterações, conforme o manejo adotado.

A adição de várias fontes de matéria orgânica tem sido utilizada com o objetivo de melhorar as propriedades do solo. O fornecimento contínuo de material orgânico pela serrapilheira e/ou por excreções radiculares, cujos subprodutos são constituídos por moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atua como agente de formação e estabilização dos agregados, proporcionando uma melhor estruturação do solo (CAMPOS et al., 1995; CAMPOS; ALVES, 2008).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de semeadura, do corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e das interações desses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000). Avaretto et al. (2000) mencionam que as culturas forrageiras, gramíneas e leguminosas, em função de suas características, têm sido utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas.

O problema de degradação da área em estudo foi gerado em consequência da construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP. Ainda que a hidroeletricidade, como alternativa tecnológica para produção de energia, possa ser considerada ambientalmente mais vantajosa em relação a outras opções, por utilizar um recurso natural renovável e não poluente, a formação de reservatórios implica na ocorrência de diversos impactos ao ambiente, atingindo elementos físicos, biológicos e sócio-econômicos (CESP, 1998).

As áreas de empréstimo constituem-se em um ecossistema degradado, pois teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Para a recuperação é preciso selecionar e identificar espécies aptas às novas condições edáficas e que de forma rápida acelere a estruturação e formação dos horizontes mais superficiais do solo (CARPANEZZI et al., 1994). A adaptação e desenvolvimento dessas espécies dependerão das condições físicas, químicas, biológicas e hídricas do solo, bem como das condições do microclima local.

Pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de gerar soluções para amenizar o quadro exposto. Restaurar ecossistemas é a denominação que se tem

atribuído ao árduo desafio de, por meio de interferências planejadas, reconstruírem a estrutura e criar condições para que se restabeleçam, também, os processos ecológicos naturais de cada ecossistema.

Portanto, a restauração de ecossistemas exige, a princípio, resgatar as características originais do objeto em questão, assim, faz-se necessário utilizar elementos e técnicas semelhantes aos que deram origem ao objeto a ser restaurado, além de controlar os agentes que levam à descaracterização ou degeneração do mesmo. Esse princípio pode ser obedecido por estudos básicos, envolvendo inventários qualitativos e quantitativos de solo, planta e atmosfera, bem como estudos sobre a estrutura das comunidades, que podem ser realizados em áreas remanescentes próximas à área a ser restaurada (DURIGAN, 1999).

A diversidade biológica, a intensidade e longevidade das perturbações determinam a resiliência dos ecossistemas. A resiliência indica a capacidade do ecossistema de se regenerar após alguma degradação natural ou antrópica (ARONSON et al., 1993). Várias técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, a maioria delas combina práticas mecânicas, que visam romper camadas compactadas, com a adição de matéria orgânica. Várias fontes de matéria orgânica também têm sido utilizadas.

Os conceitos ambientais atualmente discutidos baseiam-se nas teorias do desenvolvimento sustentável, que consideram o aperfeiçoamento das práticas e da melhoria do desempenho dos empreendimentos por meio da efetividade e da garantia de atendimento às exigências ambientais, entre as quais se inclui a recuperação de áreas degradadas (FORNASARI FILHO et al., 1994).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2008) para qualquer grande obra de engenharia é necessária a movimentação de solo para os trabalhos de terraplanagem e construção civil, expondo camadas do mesmo que podem resultar em processos erosivos superficiais ou laminares, em sulcos e até voçorocas. Esses processos além de causarem o assoreamento das linhas de drenagem, podem, no seu estágio mais avançado, colocar em risco edificações e vias de acesso. Assim, muitas vezes a ocorrência de grandes áreas impermeabilizadas e/ou a sistematização de terrenos associados à falta e/ou deficiência de um sistema de drenagem das águas pluviais, podem causar a desestabilização, queda de taludes e o aparecimento de processos erosivos de grandes dimensões.

Com o crescimento populacional e a demanda por maiores quantidades de energia, os governos passaram a empreender esforços para suprirem suas necessidades. Desta forma, diversas usinas hidrelétricas foram projetadas para este fim a partir da década de 60. No Estado de São Paulo, foi construída a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no Rio Paraná (1967 a 1977), com geração de 3.240 Mega-watts. Tendo em vista não existirem, na época, relatórios de impacto ambiental, a construção transcorreu sem a adequada preocupação com o nível de degradação do ambiente. Ainda que a hidroeletricidade, como alternativa tecnológica para produção de energia, possa ser considerada ambientalmente mais vantajosa em relação a outras opções, por utilizar um recurso natural renovável e não poluente, a formação de reservatórios implica na ocorrência de diversos impactos ao ambiente, atingindo elementos físicos, biológicos e sócio-econômicos (CESP, 1998).

Como seqüelas da construção, diversas áreas, anexas ou não ao corpo da obra, tendem a sofrer acentuada degradação, que se manifesta sob a forma de ruptura do equilíbrio entre a litosfera (especialmente em sua porção mais frágil, os solos), a hidrosfera e a biosfera (especialmente a cobertura vegetal). Entre as áreas, onde esse processo é mais agravante, encontram-se as áreas de empréstimo, as encostas instáveis e áreas alagadiças, áreas inundadas, etc. (ALVES; SOUZA, 2008).

Esses locais, de onde são retirados materiais para complementar os volumes de solos necessários à execução dos terraplenos e fundações, entende-se por "áreas de empréstimo" (LOPES et al., 1994). As áreas de empréstimo constituem-se em um ecossistema degradado, pois teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Para a recuperação é preciso selecionar e identificar espécies aptas às novas condições edáficas e que de forma rápida acelere a estruturação e formação dos horizontes mais superficiais do solo (CARPANEZZI et al., 1994).

A definição de degradação do solo está associada à própria definição de qualidade do solo, ou seja, à medida que as características determinantes da qualidade de um solo são alteradas negativamente, estabelece-se um processo de degradação (ALVES; SOUZA, 2008).

Mielniczuk (1999) menciona que vários conceitos de qualidade de solo foram propostos, sendo o de Doran e Parkin (1994) o melhor deles, definindo a qualidade do solo como sendo a sua capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra.

Rodrigues et al. (2007) definem áreas degradadas, como ecossistemas alterados, onde as perdas são as formas mais comuns de perturbações e degradações ambientais. A retirada da cobertura vegetal, dependendo da intensidade, pode ser considerada uma degradação ou uma perturbação ambiental.

Reis e Kageyama (2003) complementam que a sucessão é um processo complexo e concomitante, ou seja, com a mesma evoluem as condições de solo, o microclima, a diversidade da flora, da fauna e dos decompositores sendo esses fatores ressaltados por Alves (1992) que afirma: para a manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e balanço da matéria orgânica são fundamentais, pois esta manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas via biológica, isto é, por meio de ação de raízes, da atividade macro e microbiológica e da decomposição da matéria orgânica. Dentre os monitoramentos necessários, as condições de solo e clima são fundamentais, pois essas são as que fornecerão a sustentabilidade do sistema. Estudos realizados indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos culturais pode prevenir sua erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e permitir a sustentabilidade das culturas (ANDRADE JUNIOR, 2004).

Campos (2006) desenvolveu trabalho em área degradada, utilizando o lodo de esgoto para a recuperação das propriedades físicas e químicas do subsolo em estudo. A área estava sendo cultivada com eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), na qual foi constatado que o lodo de esgoto influenciou as propriedades físicas e químicas do subsolo estudado e que o mesmo proporcionou maior rendimento da massa verde e seca da braquiária e, além disso, promoveu maior desenvolvimento das plantas de eucalipto.

Alves et al. (2007), estudando a recuperação de solo de área remanescente de obra civil (usina hidrelétrica), concluíram que ocorrem melhorias na qualidade do solo quando efetuado o seu preparo e a adição de lodo de esgoto e adubos verdes. Kitamura et al. (2008) verificaram recuperação de propriedades físicas do solo em área de estudo degradada também por retirada de solo para construção de barragem, sendo que a densidade do solo foi o melhor indicador físico das alterações do mesmo.

Portanto, a restauração de ecossistemas exige, a princípio, resgatar as características originais do objeto em questão, assim, faz-se necessário utilizar elementos e técnicas semelhantes aos que deram origem ao objeto a ser restaurado, além de controlar os agentes que levam à descaracterização ou degeneração do mesmo. Esse princípio pode ser obedecido por meio de estudos básicos, envolvendo inventários qualitativos e quantitativos de solo, planta e atmosfera, bem como estudos sobre a estrutura das comunidades, que podem ser realizados em áreas remanescentes próximas (CESP, 1998).

## Referencias

ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 277-288, 2000.

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terraplano e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho Distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 617-625, 2007.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2505-2516, 2008.

ANDRADE JÚNIOR, R. T. **Propriedades Físico-químicas de um solo em Recuperação e adaptação da Brachiaria decumbens**. 2004. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

ARONSON, J.; FLORET, C.; FLOCH, E.; OVALLE, C.; PONTANIER, R. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid lands. **Restoration Ecology**, Malden, v. 1, n. 3, p. 68-186, 1993.

AVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A.C.V.; PREVEDELLO, B.M.S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 289-297, 2000.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região Metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CAMPOS, F. S. ; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1389-1397, 2008.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 10, p. 759–764, 2006.

CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das florestas. Conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1994, Campos de Jordão. **Anais...** Campos de Jordão: IPF, 1994. p. 216-217.

CESP - CENTRAIS ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diretoria de Meio Ambiente Recomposição vegetal.** São Paulo: CESP, 1998. 11 p.

COLODRO, G.; ALVES, M. C.; ESPINDOLA, C. R.; MAIA, G. A. ; SILVA, N. F. ; SOUZA, J. G. Recuperação das propriedades físicas de um solo degradado usando lodo de esgoto. **Cultura Agronomica**, Ilha Solteira, v. 19, p. 67-75, 2010.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: ASA / SSSA, 1994. p. 3-21.

DURIGAN, G. Técnicas silviculturais aplicadas à restauração de ecossistemas. In: SIMPÓSIO SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSSISTEMAS NATURAIS, 1, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP. 1999.

TAVARES, S. R. L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

FARIA, S. M.; FLEMING, G. P. M.; SILVA, M. G.; CARVALHO FILHO, C. A.; DAMASCENO, M. A. P. Revegetação da bacia de rejeito da mineração de ferro da samarco Mariana – MG como um componente para a reabilitação ambiental, In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE AREAS DEGRADADAS, 4, 2000, Blumenau. **Anais...** Blumenau: Sociedade Brasileira de recuperação de Áreas Degradadas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, 2000. CD-ROM.

FORNASARI FILHO, N.; BRAGA, T. O.; BATISTUCCI, S. G. G.; MONTANHESI, M. O. R. Auditoria e sistema de gerenciamento ambiental (ISO 14000). In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, SIMPÓSIO NACIONAL, 2, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 25-44.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 405-416, 2008.

KITAMURA, E. M. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto.** 2007. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

LEITE, L. L.; MARTIN, C. R.; HARIDASAN, M. Efeitos da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma Cascalheira no Parque Nacional de Brasília. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, Brasília, 1994. **Anais...** Foz de Iguaçu: UFPR & Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 527-534.

LOPES, J. A. V.; QUEIROZ, S. M. P. Rodovias e meio ambiente no Brasil: uma resenha crítica. In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADA, 2, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba, FUPEF - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 75-90.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Ecosistemas Tropicais & Subtropicais, 1999. p. 1-8.

NOFFS, P. da S. Áreas degradadas. In: NOFFS, P. da S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica**. 2. ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 48 p.

PEREIRA, P. J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos Verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1990. **Anais...** Goiânia: 1990. p. 140-154.

POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A. A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1996, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 225-242.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 93-108.

RODRIGUES, B. R.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007

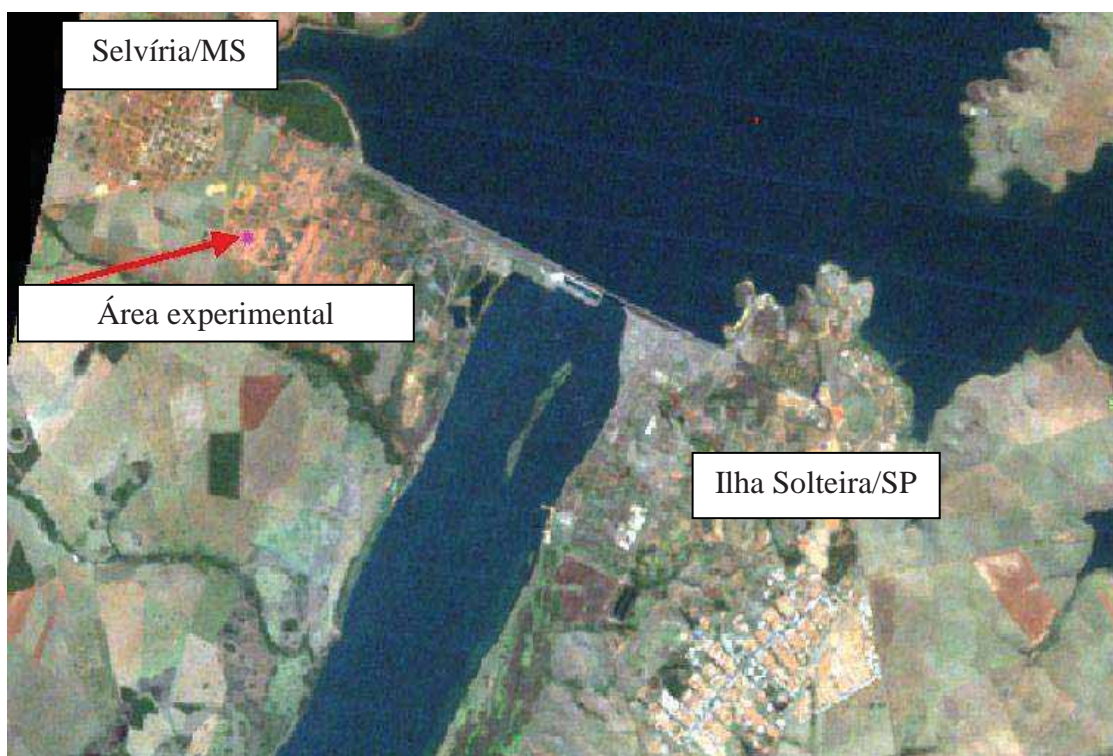
### III. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

#### III.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no município de Selvíria, MS. A mesma está localizada na margem direita do Rio Paraná, apresentando as coordenadas geográficas de 51<sup>o</sup> 22' de longitude oeste de Greenwich e 20<sup>o</sup> 22' de latitude sul, com altitude de 327 metros (Figura III.1). Apresenta médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar de: 1370 mm, 23,5<sup>o</sup> C e 70-80 %, respectivamente (DEMATTÊ, 1980).

O solo da área de estudo foi classificado com Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (DEMATTÊ, 1980), textura franco argilo-arenosa (KITAMURA, 2007), muito profundo, rico em sesquióxidos. A sua fração argila é de baixa atividade e denominada essencialmente pela gibsita e caulinita. Pela nomenclatura atual no nível de grande grupo é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006).

Figura III.1 - Imagem de satélite com seta indicando a área experimental.

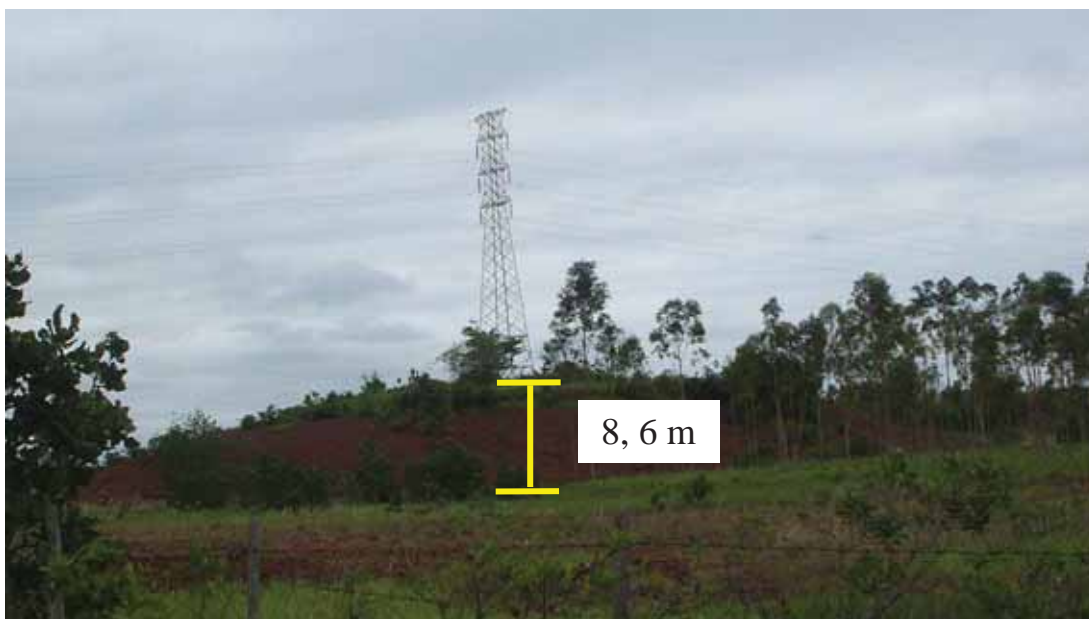


Fonte: Bonini (2010)

### III.2 Histórico do trabalho de recuperação da área experimental

A usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP teve o início de sua construção na década de 60, sendo que da área em estudo foi retirado solo para a terraplanagem e fundação da barragem, dando origem a uma área degradada, a qual é denominada de “área de empréstimo”. Foi removida uma camada de 8,6 metros do perfil do solo original, sendo que o subsolo da área em estudo estava exposto desde 1969 (ALVES; SOUZA, 2008) (Figura III.2.).

Figura III.2 - Vista geral da área decapitada mostrando o corte de 8,60 m de espessura.



Fonte: dados do próprio autor

No ano de 1992, o subsolo apresentava-se com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea (Figura III.3.). Nesse mesmo ano iniciou-se o trabalho de recuperação, e o solo foi preparado efetuando-se uma subsolagem atingindo profundidade média de 0,40 m. Foi efetuada também, uma aração e após essa operação, uma gradagem niveladora. A caracterização físico-química da área foi realizada no momento da instalação do experimento (Tabelas III.1 e III.2).

A correção do solo foi baseada na caracterização química da área experimental. A aplicação de calcário para elevar a saturação por bases a 70 %, foi efetuada, empregando-se a quantidade de 18,5 kg de calcário por parcela (1850 kg de calcário por ha) nas parcelas com calcário somente e, no caso das parcelas com calcário e gesso, houve a substituição de 25% de CaO do calcário por 25% do gesso, aplicando-se 5,2 kg de gesso (520 kg de gesso por ha) e 13,8 kg de calcário por parcela (1380 kg de calcário por ha), ambos incorporados no solo. Foi utilizado calcário dolomítico com PRNT de 70 %.

Figura III.3 - Subsolo exposto com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea.



Fonte: Alves (2001)

Tabela III.1 - Propriedades químicas do subsolo exposto, realizada antes da implantação do experimento (1992).

Camada.	P <sub>resina</sub>	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V%
(m)	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
0,00-0,20	1	7,0	4,0	0,2	2,0	1,0	20,0	3,2	23,2	14
0,20-0,40	0	4,0	4,2	0,2	2,0	1,0	20,0	3,2	23,2	14

Fonte: Alves (2001)

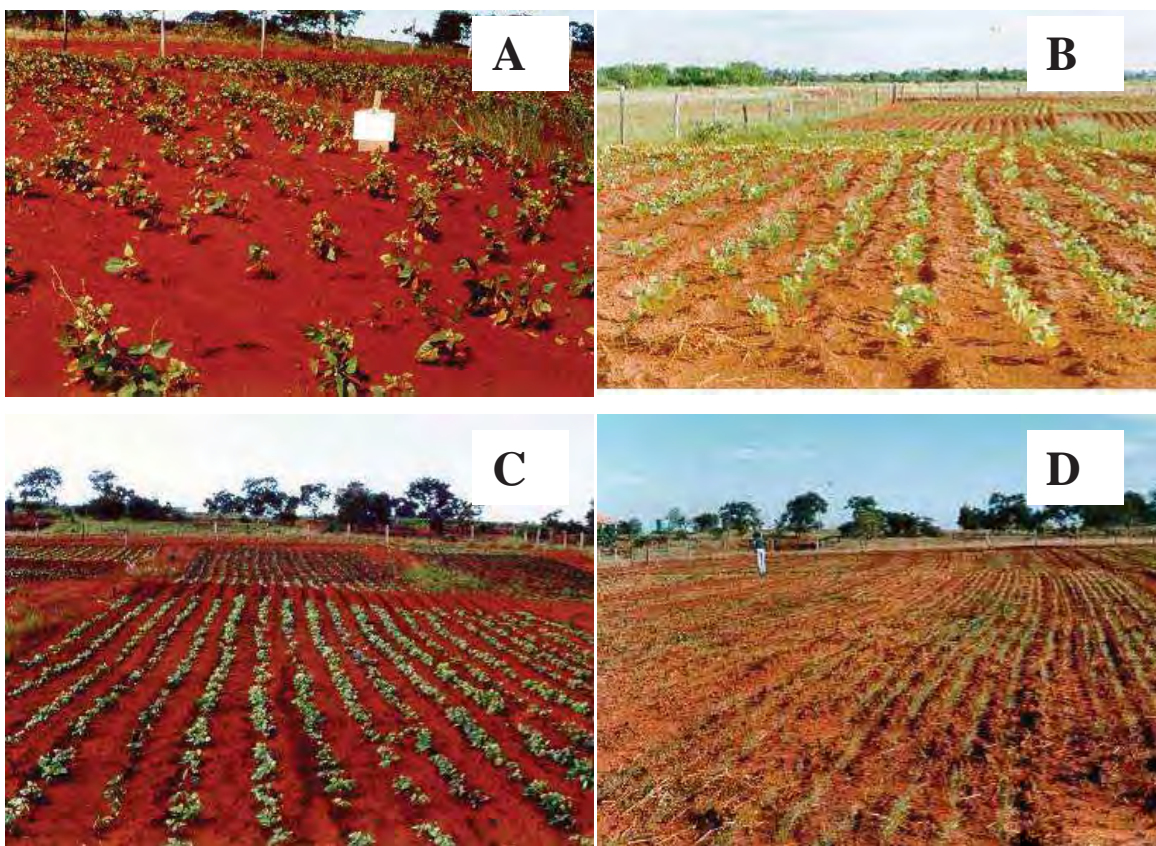
Tabela III.2 - Propriedades físicas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo) do subsolo exposto, realizada antes da implantação do experimento (1992).

Camada.	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade do solo
m	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>			kg dm <sup>-3</sup>
0,00-0,10	0,10	0,25	0,35	1,52
0,10-0,20	0,08	0,25	0,33	1,69
0,20-0,40	0,07	0,26	0,33	1,74

Fonte: Alves (2001)

Foram semeadas em dezembro-janeiro dos anos de 1992 a 1996 espécies de adubos verdes (mucuna-preta, guandu, aveia-preta e feijão-de-porco) (Figura III.4), a semeadura das espécies foi realizada manualmente e, a densidade de semeadura dos adubos verdes foi de 10 plantas por metro linear, com o intuito de melhorar as características físicas e químicas do subsolo em estudo e, no início do florescimento foram roçadas e deixadas na superfície.

Figura III.4 - A: Vista geral da área experimental, fevereiro de 1992. B: Vista geral da área experimental, fevereiro de 1993; C: Vista geral da área experimental, fevereiro de 1994 e D: Vista geral da área experimental (aveia-preta), julho de 1998.



Fonte: Alves (2001).

Em 1996 foi realizada novamente a correção do solo, com base na análise química, para os tratamentos com calcário e calcário mais gesso. A substituição de CaO do calcário pelo CaO do gesso seguiu o mesmo procedimento do início do experimento. A correção foi efetuada nos casos em que a saturação por bases estava inferior a 60 %, objetivando-se elevá-la a 70 %.

Em janeiro de 1997, foi semeada em toda a área experimental a cultura do milho (*Zea mays* L.) utilizando a semente do híbrido AG 405 e 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-10 mais 0,3 % de zinco, sem aplicação de calcário; porém, sem muito sucesso, pois as plantas apresentaram pouco crescimento e obteve-se baixo rendimento de grãos, com espigas de 0,10 m de comprimento. Em junho de 1998, foi semeada a aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb.), houve boa germinação, porém, por falta de água, a cultura não resistiu e, com poucos centímetros de altura morreu. Em fevereiro de 1999, foi semeada a *Brachiaria decumbens* Stapf., com o intuito de proteger o solo e acumular matéria orgânica ao mesmo (Figuras III.5 e III.6). Em 2006, avaliou-se a presença espontânea de espécies arbóreas nativas de cerrado (Figuras III.7 e III.8).

Figura III.5 - Vista geral da área experimental (*Brachiaria decumbens*), julho de 1999.



Fonte: Alves (2001).

Nos anos de 2008 e 2009 foram estudadas algumas propriedades físicas e químicas do solo; massa seca da braquiária e a altura e diâmetro das espécies arbóreas nativas que surgiram espontaneamente na área, como indicadores de qualidade do Latossolo Vermelho decapitado, que está em recuperação há 17 anos, utilizando adubos verdes, correção do solo, gesso e pastagem.

Nos anos de 2010 e 2011 os estudos das propriedades físicas e químicas continuaram sendo realizados, além do rastreamento da fauna do solo e do comportamento do desenvolvimento das raízes de braquiária. O monitoramento da umidade e temperatura do solo também foram incluídas nas análises realizadas.

Figura III.6 - Vista geral da área experimental, julho de 2001.



Fonte: Alves( 2001).

Figura III.7 - Vista geral da área experimental, outubro de 2010.



Fonte: dados do próprio autor

Figura III.8 - Vista geral da área experimental, janeiro de 2009.



Fonte: dados do próprio autor

### III.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constando de nove tratamentos e quatro repetições (Figura III.9). A dimensão de cada parcela foi de 10 m x 10 m.

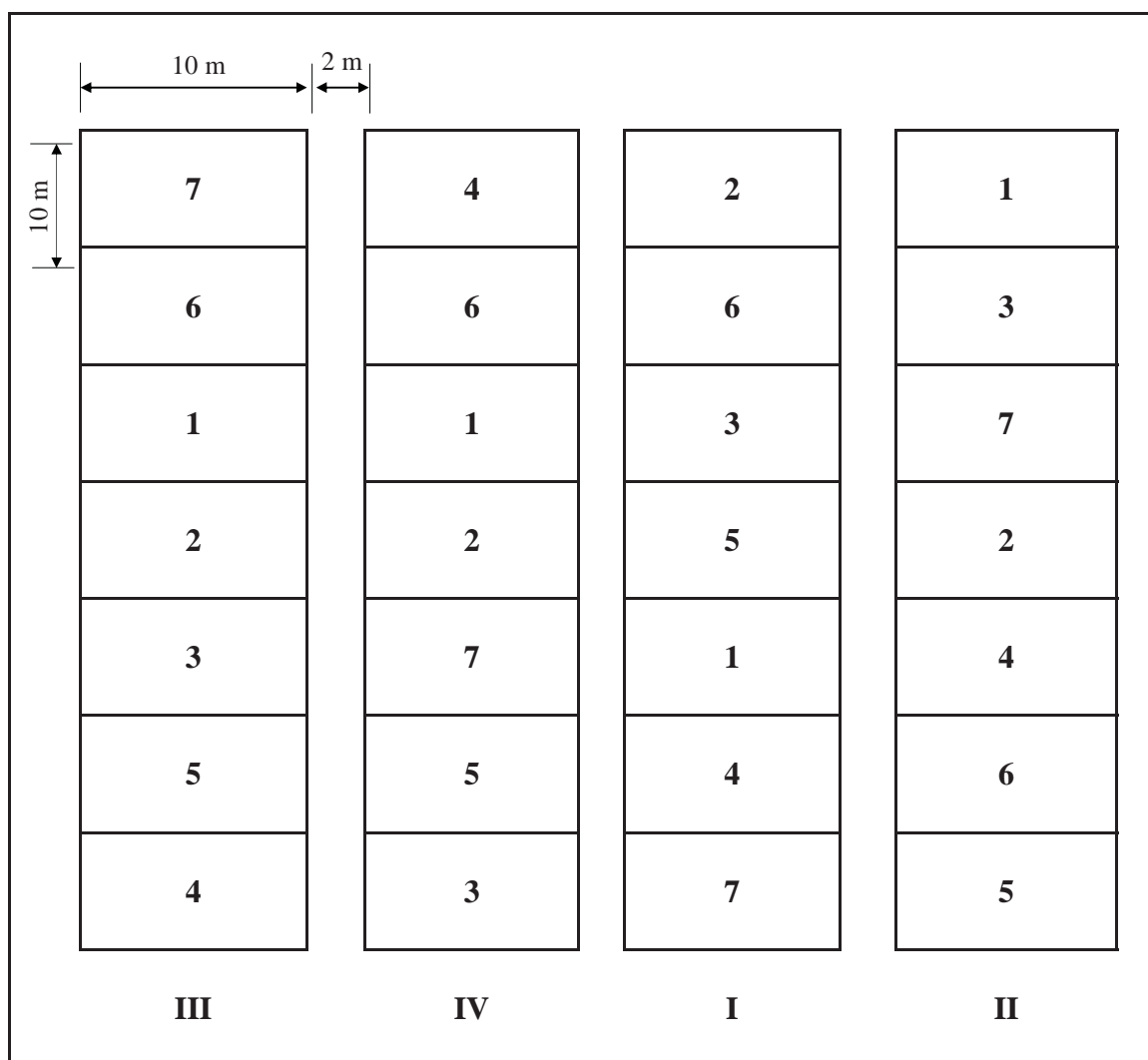
Os tratamentos foram:

- 1 - SM/B: Solo mobilizado e ocorrência de vegetação espontânea, até 1999, após implantada *Brachiaria decumbens*;
- 2 - MP/B: Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy) até 1999 após substituída por *B. decumbens*;
- 3 - G/FP/B: Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens*;
- 4 - C+MP/B: Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por *B. decumbens*;
- 5 - C+G/FP/B: Calcário + Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens*;
- 6 - C+Ge+MP/B: Calcário + Gesso + Mucuna-preta até 1999 após substituída por *B. decumbens*;
- 7 - C+Ge+G/FP/B: Calcário + Gesso + Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens* e, duas Testemunhas;
- 8 - SE: Subsolo exposto (sem técnica de recuperação) e
- 9 - MA: Vegetação nativa de Cerrado.

### III.4 Avaliações realizadas

Foram realizados simultaneamente quatro estudos nesta área experimental. O primeiro estudo consistiu em monitorar as propriedades físicas do solo, o segundo as propriedades químicas, o terceiro os organismos do solo e por fim o quarto as plantas. Em cada capítulo será apresentado às análises realizadas.

Figura III.9 - Croqui da área experimental

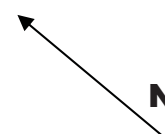


Fonte: dados do próprio autor

Tratamentos:

1. T<sub>1</sub> - Testemunha (solo mobilizado).
2. T<sub>2</sub> - Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy).
3. T<sub>3</sub> - Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp).
4. T<sub>4</sub> - Calcário + Mucuna-preta.
5. T<sub>5</sub> - Calcário + Guandu.
6. T<sub>6</sub> - Calcário + Gesso + Mucuna-preta.
7. T<sub>7</sub> - Calcário + Gesso + Guandu.

E os tratamentos: 8. SE: Subsolo exposto (sem técnica de recuperação) e 9. MA: Vegetação nativa de Cerrado foi coletado em áreas próximas as parcelas experimentais anteriormente descritas. Repetições: I, II, III e IV.



### III.5 Análise estatística

Os dados foram analisados efetuando-se a análise de variância, e teste de Scott-Knott para as comparações de média no nível de 5 % de probabilidade. Foi usado o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2003), para a realização da análise estatística.

No capítulo 1 foram estudados as propriedades físicas do solo e e aplicou-se a análise da variância e quando significativo, o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

No capítulo 2 foram estudados as propriedades químicas do solo e e aplicou-se a análise da variância e quando significativo, o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

No capítulo 3 foram estudadas as propriedades biológicas do solo, para o Total de organismos (TO), total de espécies (TE), índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para a fauna epígea do solo e , aplicou-se a análise da variância e quando significativo, o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para a comparação das médias. Para a temperatura foi apresentada as temperatura máxima e mínima.

No capítulo 4 foram estudadas a produção de matéria seca da parte aérea e raiz da *Brachiaria decumbens* e aplicou-se a análise da variância e quando significativo, o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para a comparação das médias. Para o desenvolvimento dos indivíduos de *Machaerium actifolium* fez-se a Taxa de crescimento de plantas.

### Referencias

BONINI, C.S.B. **Propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho sob recuperação há 16 anos e a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas.** 2010. 106f. Dissertação mestrado (Mestrado em Sistemas de Produção). - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2505-2516, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP)**. Piracicaba, 1980. 131 p. (Mimeogr.).

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2**. [S.l.]: DEX/UFLA, 2003.

KITAMURA, E. M. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto**. 2007. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

## CAPITULO 1: PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

### 1.1 Introdução

Com a degradação física dos solos, o comportamento de suas propriedades é afetado, um dos principais problemas é a compactação que influencia no crescimento das plantas e atividade dos organismos do solo.

As mudanças nas propriedades físicas são muitas, pode-se citar a diminuição da taxa de infiltração do solo que é influenciada pela redução dos macroporos, o que leva à redução na área da seção transversal para o fluxo de água. O aumento da resistência do solo à penetração de raízes que é influenciada pela desestruturação e compactação das camadas. A densidade do solo, estabilidade de agregados também são propriedades afetadas. A microporosidade do solo não é influenciada pelo manejo, mas é indicador de degradação do solo, a proporção ideal é de  $\frac{3}{4}$  da porosidade total do solo.

A porosidade do solo é importante no manejo do solo, mas muito maior é a preocupação com a distribuição do tamanho de poros. Os macroporos são responsáveis pela aeração e os microporos pelo armazenamento de água no solo. A distribuição ideal também é um indicativo da qualidade do solo.

Sem condição física para as plantas se desenvolverem, há uma redução no aporte de matéria orgânica que são fundamentais na manutenção da qualidade do solo; e com o solo sem cobertura vegetal, o solo fica exposto ao impacto da água da chuva e mais propenso a erosão.

## 1.2 Propriedades físicas do solo

A compactação é um dos problemas mais agravantes das áreas degradadas, influenciando no crescimento das espécies vegetais e na capacidade da fauna do solo sobreviver nestas áreas que se tornam inabitáveis. Sendo assim, uma das primeiras medidas físicas a serem aplicadas nestas áreas degradadas são relacionadas à diminuição da densidade do solo, seja por meio de manejo com máquinas pesadas ou da aplicação de matéria orgânica (KITAMURA, 2007).

O solo é constituído de fase sólida, líquida e gasosa. Um solo é considerado ideal quando tem 50 % de fase sólida dividida em compostos orgânicos (matéria orgânica) e inorgânicos (mineral) e 50 % de espaço poroso sendo 1/3 destes poros de macroporos, ou seja,  $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e 2/3 de microporos (KIEHL, 1979). O balanço de macro e microporos indicam se o solo está sendo manejado adequadamente.

Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, há modificações no arranjo de suas partículas, provocando diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maior (macroporos), o que leva à redução na área da seção transversal para o fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento de fluido, afetando com isso o processo de infiltração (SOUZA; ALVES, 2003).

Ingaramo (2003) diz ainda que a porosidade do solo poder ser dividida em porosidade intra e inter-agregados, o primeiro equivale a microporosidade que é o espaço entre as partículas primárias do solo e o segundo o arranjo dos microagregados do solo que é influenciado pelo manejo, pela atividade de micro, meso e macro organismos e pelo crescimento das raízes.

Segundo Greenland (1981) a macroporosidade deve ter valor igual ou superior  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e abaixo deste limite é considerado valor crítico e prejudica o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

A relação entre massa e volume do solo, ou seja, o volume ocupado por poros e por partículas é denominado densidade do solo. Esta propriedade física do solo varia de acordo com o arranjo das partículas (natureza, forma e dimensão). A densidade do solo é variável para um mesmo tipo de solo dependendo da estruturação e se for manejado incorretamente pode provocar a compactação, alterando a estruturação.

Teixeira et al. (1997) relataram que os efeitos das plantas podem resultar em alterações nas características químicas e propriedades físico-hídricas do solo. Como por exemplo, as alterações que algumas plantas provocam na macroporosidade, devido aos canais abertos pelas raízes. O volume e a distribuição do espaço poroso são muito importantes, visto que são nesses espaços que se processam os principais fenômenos que regulam o crescimento e a produção vegetal, tais como: reações químicas e biológicas, difusão de gases e íons, movimento e retenção de água e penetração de raízes.

Para reduzir o valor da densidade do solo recomenda-se a aplicação de matéria orgânica nas suas diferentes formas de adubação verde, de esterco animal, de composto preparado na fazenda, de tortas vegetais e demais resíduos industriais como a vinhaça, o bagacinho, palha de arroz, etc. (KIEHL, 1979).

Segundo Carvalho (1998) a função da matéria orgânica é melhorar as propriedades físicas do solo com o aumento da porosidade (aeração) e da retenção de água, por meio da formação de grânulos no solo, servir de fonte de minerais para as plantas, pois a ela estão ligados o nitrogênio, o fósforo e o enxofre e propiciar o desenvolvimento da comunidade microbiana do solo, formada por bactérias, fungos, algas, vírus e protozoários que atuam na sua decomposição.

Estudos realizados por Campos e Alves (2008) com o objetivo de verificar a ação de lodo de esgoto na reestruturação de um solo, verificaram seu efeito benéfico nas propriedades físicas (densidade do solo, porosidade total e macroporosidade) e proporcionaram maior rendimento de massas verde e seca da braquiária e promoveram maior crescimento das plantas de eucalipto.

Boni et al. (1994) trabalharam em uma área de empréstimo com cerca de 1,10 m de camada de solo retirada (Latosolo Roxo). A recuperação foi realizada com o emprego de leguminosas (crotalária e guandu) e com vegetação espontânea instalada (capim Napier). Após 5 anos (dois ciclos consecutivos, seguidos de três de pousio), os autores verificaram que as camadas compactadas tiveram redução de densidade do solo (1,25 para 1,18, e 1,48 para 1,16 kg dm<sup>-3</sup>, respectivamente), elevação de porosidade (0,55 para 0,57, e 0,48 para 0,58 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) e aumento nos valores de diâmetro médio ponderado. Essas alterações, segundo os autores, ocorreram em decorrência dos efeitos das vegetações que se instalaram, implementando a recuperação do solo degradado que hoje está incorporado às normais atividades agrícolas de um campo experimental.

A resistência do solo à penetração das raízes é uma das propriedades físicas que influenciam diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Vários autores utilizaram a resistência do solo à penetração para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (BENGHOUGH; MULLINS, 1990; TORMENA; ROLOFF, 1996).

Daniel et al. (1994) estudando as mudanças nas características da resistência do solo sob diferentes manejos, concluíram que ferramentas que provocam um grau maior de mobilidade do solo, como arado de disco, grade aradora e a enxada rotativa, proporcionaram valores mais elevados de resistência do solo à penetração, indicando a presença de camadas compactadas; eles explicam, ainda, que a compactação ou a dureza do solo está intimamente ligada à umidade e que uma possível compactação pode ser mascarada pela elevada umidade do solo, no momento da amostragem.

Campos e Alves (2006) com o intuito de estudar a resistência à penetração de um Latossolo Vermelho de uma área que teve 8,6 m de camada de solo extraída devido à construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP, constataram que uma área com estado avançado de degradação na profundidade de 0-5 cm se encontra na classe de resistência do solo à penetração considerada alta com 5,92 MPa. Isto significa que o solo está com sérias limitações ao crescimento das raízes. Os mesmos autores complementam que, em solos em condições naturais de cerrado, não há limitação ao crescimento das raízes, pois a classe de resistência à penetração é muito baixa com 0,72 MPa. Este comportamento de resistência à penetração, descrito acima, nas áreas em estado avançado de degradação, é explicado pela ausência de plantas e cobertura morta.

Os principais fatores que influem na gênese dos agregados são: argila, a matéria orgânica e os sesquióxidos de ferro e alumínio, todos tidos como agentes cimentantes das partículas, os cátions, absorvidos e o manejo do solo, que também influem no processo de estruturação (KIEHL, 1979). O autor ainda menciona que para haver formação de agregados no solo são necessárias duas condições fundamentais: primeira, que uma formação mecânica provoque a aproximação das partículas do solo e a segunda é que, após o contato das partículas, haja um agente cimentante para consolidar essa união, gerando o agregado.

A agregação do solo é influenciada pela micro, meso e macrofauna do solo, que direta ou indiretamente, por meio da ingestão, decomposição e excreção de materiais de solo, constituídos por misturas variadas de compostos orgânicos e

inorgânicos. Beare et al. (1995) citado por Alves (2001) afirmam que a influencia direta de microartrópodos no ciclo biogeoquímico, é devido ao seu papel na mineralização de nutrientes, por meio da ingestão de organismos da microflora, da fauna do solo e, pela trituração de detritos de plantas e dejetos fecais.

Em função da natureza química dos compostos orgânicos presentes no solo, Tisdall e Oades (1982) propuseram três tipos de ação cimentante para a matéria orgânica. Os compostos que são rapidamente decompostos por microorganismos, principalmente os polissacarídeos, são considerados agentes cimentantes transitórios, e estão associados a formação de macroagregados. O mucigel, produzido na rizosfera por microorganismos e pelas raízes, composto essencialmente por polissacarídeos, é considerado um cimentante orgânico transitório e sua importância na formação de macroagregados estáveis em água foi observada com o uso de agentes oxidantes seletivos para polissacarídeos (CHESHIRE et al., 1983). As hifas dos fungos e as raízes, que permanecem no solo por vários meses e até alguns anos, são consideradas agentes cimentantes temporários e estão associados a formação de macroagregados jovens, principalmente em raízes de gramíneas (TISDALL; OADES, 1979).

Os agentes cimentantes orgânicos persistentes são constituídos pelas substâncias húmicas que, ao se ligarem a cátions polivalentes, presentes na fração mineral  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  e  $Ca^{2+}$ , constituem importante mecanismo de formação de microagregados. Os microagregados são estáveis à ruptura provocada pelo umedecimento rápido e por distúrbios mecânicos do solo (CANELLAS et al., 1999). Os mesmos autores ainda falam que as ligações organo-minerais formadas pelas substâncias são persistentes, não sendo influenciadas pelas mudanças no conteúdo de matéria orgânica e pelo manejo do solo. Todavia, a quantidade de macroagregados estáveis em água depende do conteúdo de matéria orgânica e diminui com o cultivo intenso do solo.

A presença de agregados estáveis potencializa a capacidade de armazenamento de água, diminuindo as perdas de partículas e nutrientes por processos erosivos e facilita a proteção física e o acúmulo de matéria orgânica no solo (JASTROW et al., 1998).

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar o efeito da adição de matéria orgânica. Andrade Junior (2004) trabalhou em área degradada com objetivo de estudar o efeito de adubo verde, calcário e gesso e verificou que os tratamentos de recuperação empregados agiram de forma semelhante na recuperação das propriedades

físicas. Alves e Suzuki (2004) observaram que o uso de plantas de cobertura aliado à sucessão de culturas (milho e soja) sob semeadura direta melhorou as propriedades físicas do solo, como porosidade, densidade do solo e resistência do solo à penetração. E Silva et al. (2002) em estudo realizado na “área de empréstimo” originada da construção da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP, com o objetivo de verificar os efeitos de espécies e variedades de pinus, instaladas em 1982, na recuperação do solo, verificou que: o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mostrou-se promissor, por apresentar um bom crescimento aliado a sua sobrevivência; as características físicas do solo (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo), que não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

A infiltração do solo é um dos fenômenos que melhor refletem as condições físicas internas do solo, pois uma boa qualidade estrutural leva a uma distribuição de tamanho de poros favorável ao crescimento de raízes e à capacidade de infiltração de água no solo (ALVES; CABEDA, 1999). É considerada por Doran e Parkin (1994), como uma das propriedades físicas utilizadas como indicadores básicos na avaliação da qualidade do solo.

### **1.3 Material e Métodos**

#### **1.3.1 Análises físicas do solo**

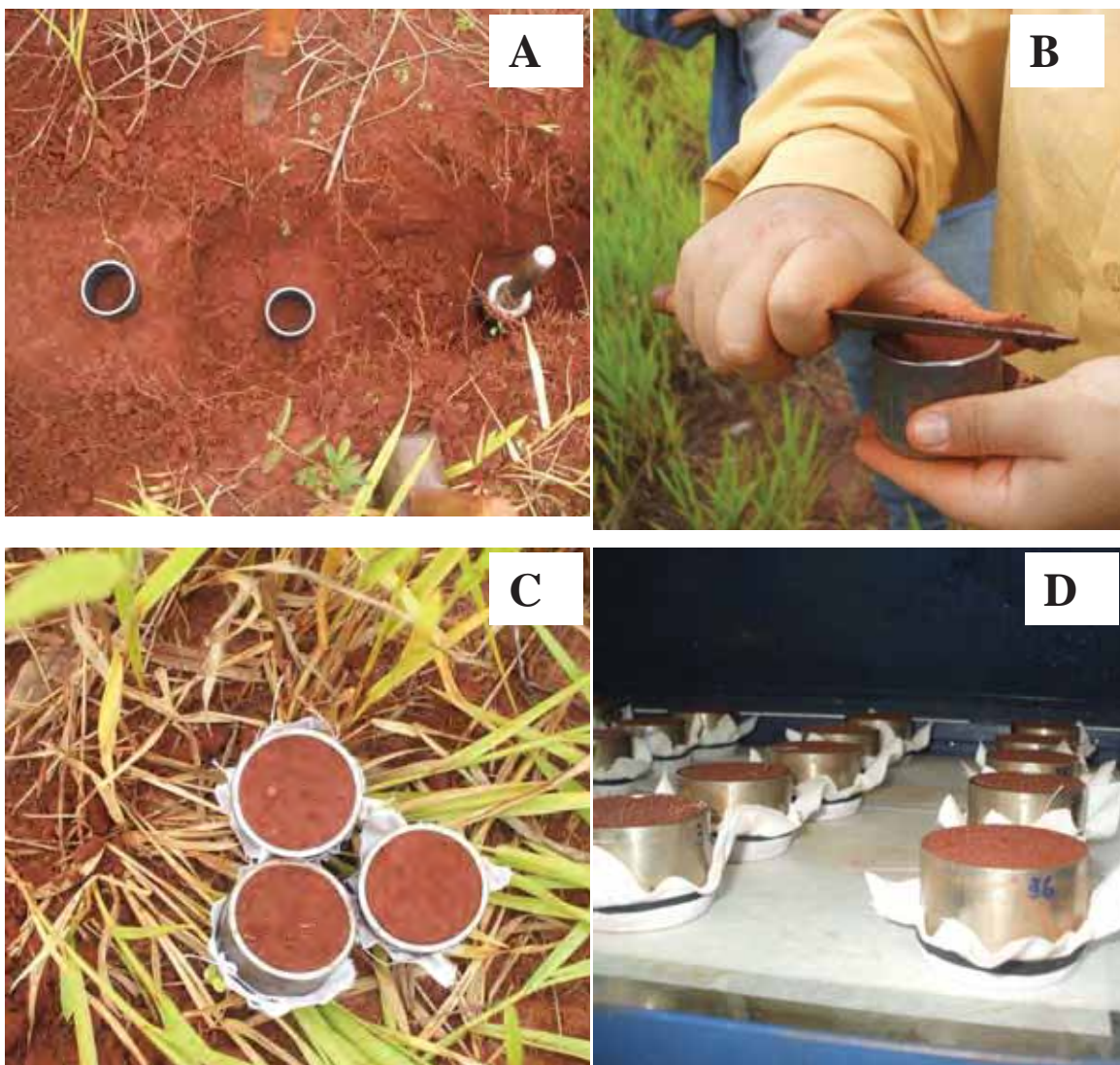
As propriedades físicas analisadas foram:

A porosidade total pela saturação do solo (volume de poros totais do solo ocupado pela água), a microporosidade pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,060 kPa e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade, segundo EMBRAPA (1997). A Densidade do solo pelo método do anel volumétrico de acordo com EMBRAPA (1997) (Figura 1.1).

A retenção de água, sendo que para a tensão mais baixa, isto é, 6 kPa foi empregada na mesa de tensão, segundo Kiehl (1979) e, para as tensões de 50, 100 e 200 kPa, foi utilizada a câmara de Richards, seguindo-se a metodologia de Richards (1965). E o Armazenamento de água no entre as tensões de 0,1 e 200 kPa, foi obtido de acordo com a umidade do solo sob essas duas tensões, aplicando-se a fórmula:

$A = (\theta_{10} - \theta_{200}) \cdot z$ , em que:  $A$  = Armazenamento de água, em mm;  $\theta_{0,1}$  = teor de água no solo com base em volume na tensão de 10 kPa;  $\theta_{200}$  = teor de água no solo com base em volume na tensão de 200 kPa;  $z$  = profundidade do solo (camada onde foi coletada a amostra), em mm (Figura 1.1).

Figura 1.1 - A: trincheira para coleta de amostras indeformadas; B: preparo das amostras indeformadas; C: amostras indeformadas coletadas; D: amostras indeformadas na mesa de tensão.



Fonte: dados do próprio autor.

Para as análises especificadas anteriormente, foram coletadas amostras indeformadas de solo, com anel volumétrico, em quatro camadas de solo: 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m e em três repetições por parcela, nos anos de 2010 e 2011.

A distribuição e estabilidade de agregados em água pela metodologia de Angers e Mehuys (2000) (Figura 1.2). Para esta análise foi coletado um torrão de solo e tamizado em peneiras de 6 e 4 mm, para posterior análise. As amostras foram coletadas em quatro camadas de solo: 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m e em três repetições por parcela, nos anos de 2010 e 2011.

Figura 1.2 - Torrão coletado para análise de estabilidade de agregados em água.



Fonte: dados do próprio autor.

Para a resistência do solo à penetração usando o penetroLOG, modelo Falker, Automação Agrícola e Umidade gravimétrica do solo pelo método clássico de pesagem (EMBRAPA, 1997). Foi avaliada no momento da realização da resistência do solo à penetração (Figura 1.3), em quatro camadas de solo: 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m, nos anos de 2010 e 2011.

A taxa de infiltração de água usando o mini infiltrômetro de disco (ZANG, 1997) (Figura 1.4), nos anos de 2010 e 2011.

Figura 1.3 - A: Resistência a penetração realizada com o Penetrolog (modelo Falker); B: trado utilizado para coletar solo para determinação da umidade gravimétrica (a base de massa seca).



Fonte: dados do próprio autor.

Figura 1.4 - Mini infiltrômetro de disco utilizado para determinação da taxa de infiltração.



Fonte: dados do próprio autor.

## 1.4. Resultados e Discussão

### 1.4.1 Porosidade do solo (porosidade total, microporosidade e macroporosidade) e Densidade do solo.

Para a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se nos Tabelas 1.1 e 1.2, nos anos 2010 e 2011, respectivamente. No ano de 2010, houve diferença significativa para o macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo na camada de 0,00-0,10m. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, somente não houve diferença significativa entre os tratamentos para a porosidade total. No ano de 2011, em todas as camadas e propriedades estudadas foram significativas, exceto para porosidade total e densidade do solo, na camada de 0,10-0,20m.

Na camada superficial, a macroporosidade está acima do valor considerado crítico por Greenland (1981) que considera para um bom desenvolvimento das plantas, valor superior a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Já na camada de 0,10-0,20m somente o tratamento com guandu alcançou valor superior a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e na camada de 0,20-0,40m em todos os tratamentos a macroporosidade obteve valores inferiores ao considerado crítico, no ano de 2010. No ano de 2011, o comportamento foi semelhante.

Kiehl (1979) menciona que o solo ideal deve apresentar 1/3 de macroporosidade, dos 50 % ocupados pelo espaço poroso, isto é  $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e na camada superficial, todos os tratamentos atingiram valores próximos, sendo que o tratamento com guandu atingiu  $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Apesar da evolução positiva da macroporosidade, este atributo físico ainda não atingiu semelhança à vegetação nativa do cerrado, no entanto este estudo mostra que houve uma evolução positiva deste atributo em relação às pesquisas realizadas por Alves (2001) e Andrade Júnior (2004), que iniciaram o trabalho de recuperação da área em estudo. E concordam com Alves e Suzuki (2004) que verificaram que as propriedades físicas de solos de Cerrado respondem lentamente à recuperação com plantas de cobertura, em um processo de recuperação de solo. Estudos realizados Campos e Alves (2006) em área degradada semelhante à desta pesquisa, verificaram a recuperação atingiu a camada de 0,00-0,05 m, porém, neste estudo mostra que o efeito da matéria orgânica tem atingido até a camada de 0,10 m.

Tabela 1.1 - Valores médios para a macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ), microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ), porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ), densidade do solo ( $kg dm^{-3}$ ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas (0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40m), Selvíria, MS. 2010.

Tratamentos	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade total	Densidade do solo
<b>0,00-0,10m</b>				
SM/B	0,15 b	0,30 a	0,44 a	1,39 b
MP/B	0,15 b	0,30 a	0,45 a	1,34 b
G/FP/B	0,17 b	0,28 a	0,45 a	1,39 b
C+MP/B	0,14 b	0,29 a	0,43 a	1,42 b
C+G/FP/B	0,14 b	0,29 a	0,42 a	1,42 b
C+GE+MP/B	0,13 b	0,29 a	0,43 a	1,40 b
C+GE+G/FP/B	0,15 b	0,29 a	0,44 a	1,38 b
MA	0,27 a	0,16 b	0,43 a	1,36 b
SE	0,10 c	0,29 a	0,39 b	1,63 a
F	15,215*	41,545*	3,588*	11,413*
CV (%)	26,94	8,55	7,69	6,08
<b>0,10-0,20m</b>				
SM/B	0,09 c	0,29 b	0,38	1,57 a
MP/B	0,07 c	0,31 b	0,38	1,58 a
G/FP/B	0,11 b	0,29 b	0,40	1,53 a
C+MP/B	0,07 c	0,29 b	0,37	1,58 a
C+G/FP/B	0,08 c	0,29 b	0,38	1,58 a
C+GE+MP/B	0,09 c	0,29 b	0,38	1,57 a
C+GE+G/FP/B	0,08 c	0,29 b	0,37	1,63 a
MA	0,22 a	0,17 a	0,39	1,47 b
SE	0,10 b	0,28 b	0,39	1,61 a
F	43,102*	91,481*	1,377 <sup>ns</sup>	2,657*
CV (%)	23,74	5,46	7,30	6,41
<b>0,20-0,40m</b>				
SM/B	0,06 b	0,30 a	0,36	1,71 a
MP/B	0,07 b	0,30 a	0,37	1,65 a
G/FP/B	0,06 b	0,30 a	0,36	1,71 a
C+MP/B	0,06 b	0,29 a	0,35	1,72 a
C+G/FP/B	0,06 b	0,30 a	0,36	1,73 a
C+GE+MP/B	0,06 b	0,29 a	0,35	1,77 a
C+GE+G/FP/B	0,06 b	0,29 a	0,35	1,70 a
MA	0,19 a	0,19 c	0,38	1,51 b
SE	0,07 b	0,27 b	0,34	1,76 a
F	90,093*	48,070*	1,785 <sup>ns</sup>	6,010*
CV (%)	20,57	6,45	7,89	6,42

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Tabela 1.2 - Valores médios para a macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ), microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ), porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ), densidade do solo ( $kg dm^{-3}$ ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas (0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40m), Selvíria, MS. 2011.

Tratamentos	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade total	Densidade do solo
<b>0,00-0,10m</b>				
SM/B	0,14 b	0,27 a	0,39 b	1,46 b
MP/B	0,13 b	0,28 a	0,40 b	1,44 b
G/FP/B	0,13 b	0,28 a	0,40 b	1,46 b
C+MP/B	0,14 b	0,27 a	0,41 a	1,38 c
C+G/FP/B	0,14 b	0,26 b	0,39 b	1,46 b
C+GE+MP/B	0,13 b	0,24 b	0,38 b	1,46 b
C+GE+G/FP/B	0,12 b	0,27 a	0,39 b	1,47 b
MA	0,25 a	0,18 c	0,43 a	1,37 c
SE	0,11 b	0,29 a	0,40 b	1,57 a
F	22,923*	21,922*	2,199*	4,324*
CV (%)	23,60	10,53	8,99	7,10
<b>0,10-0,20m</b>				
SM/B	0,11 b	0,27 b	0,37	1,57
MP/B	0,09 c	0,27 b	0,36	1,58
G/FP/B	0,06 d	0,43 a	0,51	1,44
C+MP/B	0,07 d	0,27b	0,35	1,58
C+G/FP/B	0,08 c	0,27 b	0,35	1,60
C+GE+MP/B	0,09 c	0,28b	0,36	1,61
C+GE+G/FP/B	0,09 c	0,27 b	0,36	1,58
MA	0,19 a	0,17 b	0,36	1,49
SE	0,11 b	0,32 b	0,43	1,53
F	45,910*	2,823*	1,575 <sup>ns</sup>	1,555 <sup>ns</sup>
CV (%)	20,76	25,58	19,56	10,47
<b>0,20-0,40m</b>				
SM/B	0,07 c	0,27 b	0,34 b	1,74 a
MP/B	0,05 c	0,29 a	0,35 b	1,69 a
G/FP/B	0,06 c	0,27 b	0,34 b	1,75 a
C+MP/B	0,06 c	0,29 a	0,35 b	1,71 a
C+G/FP/B	0,05 c	0,28 a	0,33 b	1,74 a
C+GE+MP/B	0,05 c	0,27 b	0,33 b	1,79 a
C+GE+G/FP/B	0,09 b	0,27 b	0,37 a	1,69 a
MA	0,19 a	0,17 c	0,36 b	1,52 c
SE	0,09 b	0,30 a	0,39 a	1,62 b
F	31,723*	101,268*	4,688*	14,229*
CV (%)	18,53	5,78	10,31	4,94

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Quando um solo apresenta altos valores de microporosidade, significa que está degradado, o ideal segundo Kiehl (1979) é que o solo deve ter 2/3 de microporosidade, dos 50% ocupados pelo espaço poroso do solo. Alves (2001) menciona que a microporosidade e a porosidade total são alteradas a medida que as condições de macroporosidade são modificadas. Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, o efeito imediato é o aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade. Foi verificado por Kitamura et al. (2008) que a redução da macroporosidade nos solos degradados decorre do aumento da sua compactação, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo.

A microporosidade do solo sem tratamento para recuperação (solo exposto) e do solo que está recebendo os tratamentos de recuperação estão semelhantes, indicando que as mudanças na estruturação do solo ainda não estão sendo detectadas por essa propriedade física.

A porosidade total nada mais é do que a soma da macro e microporosidade, então não se pode afirmar que altos valores de porosidade do solo, indicam que o solo está em condição adequada. A distribuição do tamanho de poros é de extrema importância para avaliar a qualidade da estrutura do solo. E segundo Taboada-Castro et al. (2009) a perda de estrutura do solo implica uma diminuição da qualidade do solo e produtividade.

Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, há modificações no arranjo de suas partículas, provocando diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maior (macroporos) (SOUZA; ALVES, 2003).

Os valores de densidade do solo encontrados na camada superficial (0,00-0,10 m) estão de acordo com o valor considerado médio para esta classe textural. Reichert et al. (2003) consideram que a densidade do solo crítica, para o bom desenvolvimento do sistema radicular, é igual a  $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$  para solos de textura média. Nas demais camadas estudadas notam-se que os valores da densidade do solo estão acima do valor crítico considerado por Reichert et al. (2003), mas em relação aos demais anos estudados houve uma evolução positiva deste atributo em relação às pesquisas realizadas por Alves (2001) e Andrade Júnior (2004).

Campos e Alves (2006), Bonini, Alves e Oliveira (2008), e Kitamura et al. (2008) trabalhando com recuperação de áreas degradadas e estudando as propriedades físicas observaram que a adição de matéria orgânica no solo via adubos verdes, adubos

verdes+lodo de esgoto e lodo de esgoto diminuiu a densidade do solo e melhorou a distribuição do tamanho de poros.

Analisando-se as testemunhas (área de vegetação natural de cerrado e área degradada sem intervenção para recuperação) observou-se que os maiores e menores valores, respectivamente, ocorreram para a macroporosidade, porosidade total e densidade do solo, para todas as camadas de solo estudadas. Comportamento semelhante foi verificado por Campos e Alves (2006) e Kitamura et al. (2008), demonstrando que a área degradada tem baixa resiliência.

Comparando-se o tratamento solo mobilizado sem plantio até 1999 e após cultivado com braquiária, com 17 anos de início do processo de recuperação, de forma geral verificou-se que o mesmo encontrou-se semelhante aos demais tratamentos implantados com a finalidade de recuperação do solo. Resultados que concordam com os obtidos por Andrade Junior (2004) o qual estudando as propriedades físicas do solo nesta mesma área, constatado que os tratamentos para recuperação tiveram efeitos semelhantes entre si e menciona que ao longo do tempo as raízes da braquiária fornecem matéria orgânica para o solo e a adição da matéria orgânica por meio dos adubos verdes e do sistema radicular da braquiária proporciona um efeito positivo sobre as propriedades físicas do solo.

A macroporosidade e a densidade do solo foram as propriedades físicas mais sensíveis para detectar mudanças entre tratamentos, portanto, mostrando-se melhores indicadores da qualidade física do solo.

#### *1.4.2 Distribuição e estabilidade de agregados em água*

Para a distribuição e estabilidade de agregados em água, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios de DMP (diâmetro médio ponderado), nos anos de 2010 e 2011, encontram-se no Tabela 1.3. Em todas as camadas de solo estudadas, houve significância para os tratamentos, Nota-se que a testemunha, vegetação nativa do cerrado, teve maior DMP e a testemunha solo exposto menor DMP, mostrando assim que o segundo solo em questão está degradado.

Em relação aos tratamentos de recuperação, os valores de DMP mostram que esse solo está se recuperando, ou melhor, o DMP está semelhante ao encontrado para a vegetação nativa do cerrado.

No ano de 2010, na camada de 0,00-0,10m os tratamentos de recuperação com guandu e calcário+gesso+guandu foram iguais estatisticamente a testemunha vegetação nativa do cerrado, os demais tratamentos estão semelhantes ao valor do DMP. Já no ano de 2011, todos os tratamentos de recuperação foram iguais estatisticamente a vegetação nativa do cerrado. Esse comportamento mostra que o solo está em processo de recuperação e que o fornecimento de matéria orgânica do solo é imprescindível no processo de recuperação.

Na camada de 0,10-0,20m, no ano de 2010 a testemunha vegetação nativa do cerrado teve o maior valor de DMP, seguida dos tratamentos de recuperação com guandu e suas combinações. E no ano de 2011, os tratamentos tiveram comportamento a camada de 0,00-0,10m. Nesta camada, nos dois anos de avaliação, houve uma mudança de comportamento dos tratamentos de recuperação em relação à testemunha solo exposto.

Por fim, na camada de 0,20-0,40m, resultados encontrados no ano de 2011, mostra que houve uma evolução nos valores de DMP em relação aos dados obtidos no início do experimento (ANDRADE JUNIOR, 2004), mostrando que a recuperação das propriedades físicas é um processo lento.

No ano de 2011, fica claro o efeito da matéria orgânica da *B. decumbens* em todos os tratamentos, mostrando que já não há mais efeito dos adubos verdes implantados no início do processo de recuperação. A formação de agregados depende do fornecimento de matéria orgânica (agente cimentantes formados pela degradação de matéria orgânica e pela atividade dos organismos do solo) e da aproximação das partículas orgânicas que pode ser feito pela ação mecânica das raízes e por macroorganismos.

O efeito das gramíneas foi verificado por CARPENEDO; MIELNICZUK, (1990) que afirma que o tipo de vegetação interfere na estruturação dos solos, ou seja, as gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade de agregados do que as leguminosas.

Tabela 1.3 - Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios do DMP (mm) nas camadas estudadas, Selvíria, MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
SM/B	4,21 b	2,31 c	1,47 c	3,77 b	4,37 a	2,77 b
MP/B	3,29 c	3,61 b	2,40 b	3,67 b	3,33 a	2,07 b
G/FP/B	4,63 a	4,01 b	4,40 a	3,71 b	3,88 a	3,02 b
C+MP/B	4,22 b	2,58 c	1,88 b	4,39 a	4,18 a	4,17 a
C+G/FP/B	4,042 b	3,65 b	1,72 b	3,62 b	3,62 a	2,51 b
C+GE+MP/B	4,35 b	2,57 c	1,97 b	3,30 b	3,32 a	2,42 b
C+GE+G/FP/B	4,54 a	4,09 b	2,12 b	4,81 a	3,75 a	2,30 b
MA	4,80 a	4,67 a	4,40 a	4,80 a	4,80 a	4,80 a
SE	2,04 d	1,96 c	1,40 c	1,11 c	0,73 b	0,85 c
F	27,158*	17,690*	24,065*	7,594*	8,275*	9,044*
CV (%)	14,20	23,57	30,35	19,30*	20,90	21,51

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Resultados observados por Campos (2006) e Marchini (2011) que trabalharam em áreas degradadas semelhantes, concordam com os valores de DMP encontrados neste trabalho, mostrando que o aumento do acréscimo contínuo de material orgânico teve efeitos positivos no aumento da agregação do solo.

Solos com uma boa cobertura impedem ou diminuem a ação direta das gotas de chuva, mantêm mais uniforme a umidade e temperatura, favorecem o desenvolvimento do sistema radicular e atividade microbiana e contribuem para a criação de um ambiente mais favorável à agregação (CAMPOS et al., 1999).

#### *1.4.3 Retenção de água*

Para a retenção de água no solo, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se nos Tabelas 1.4 e 1.5, para os anos de 2010 e 2011, respectivamente. Houve diferença significativa para todas as camadas de solo, tensões e anos estudados.

Para a retenção de água no solo, na tensão de - 50 kPa, nas camadas de solo estudadas, os menores valores encontrados foi para a testemunha vegetação nativa do cerrado, os maiores valores para os tratamentos de recuperação, Para as outras tensões estudadas (- 100 kPa e - 200kPa) foi observado o mesmo comportamento.

Nota-se que quanto maior os valores de retenção de água no solo, maior microporosidade deste solo, com isso o solo exposto que é um solo degradado e os solos dos tratamentos que ainda estão em processo de recuperação, apresentaram maior retenção de água.

O solo da vegetação nativa do cerrado, apresentou menor retenção de água no solo e segundo Figueiredo et al, (2008), os Latossolos do cerrado são solos que apresentam baixa retenção de água, devido principalmente, à composição oxídica da fração argila e a presença de estrutura do tipo granular.

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com Costa (2010), que estudou diversos tipos de solo e manejos, na região de Ilha Solteira e constatou valores semelhantes para o Latossolo Vermelho distrófico.

Tabela 1.4 - Valores médios para a retenção de água no solo (-50, -100 e -200 kPa ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010.

Tratamentos	-50 kPa		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	0,19 a	0,21 a	0,23 a
MP/B	0,20 a	0,21 a	0,24 a
G/FP/B	0,20 a	0,21 a	0,24 a
C+MP/B	0,20 a	0,21 a	0,23 a
C+G/FP/B	0,20 a	0,22 a	0,24 a
C+GE+MP/B	0,20 a	0,20 a	0,24 a
C+GE+G/FP/B	0,20 a	0,21 a	0,22 a
MA	0,13 c	0,12 c	0,12 c
SE	0,18 b	0,18 b	0,20 b
F	27,746 *	52,585*	59,304*
CV	8,92	7,84	7,99
	-100 kPa		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	0,18 a	0,20 a	0,23 a
MP/B	0,19 a	0,21 a	0,23 a
G/FP/B	0,19 a	0,20 a	0,23 a
C+MP/B	0,18 a	0,20 a	0,23 a
C+G/FP/B	0,19 a	0,21 a	0,23 a
C+GE+MP/B	0,18 a	0,19 a	0,23 a
C+GE+G/FP/B	0,18 a	0,20 a	0,21 b
MA	0,11 c	0,11 c	0,12 d
SE	0,17 b	0,17 b	0,19 c
F	31,227*	52,317*	56,399*
CV	8,81	8,17	8,28
	-200 kPa		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	0,17 a	0,18 b	0,22 a
MP/B	0,18 a	0,20 a	0,22 a
G/FP/B	0,18 a	0,19 a	0,22 a
C+MP/B	0,17 a	0,18 b	0,21 a
C+G/FP/B	0,18 a	0,20 a	0,22 a
C+GE+MP/B	0,18 a	0,18 b	0,22 a
C+GE+G/FP/B	0,18 a	0,19 a	0,20 b
MA	0,11 b	0,10 c	0,11 d
SE	0,16 a	0,17 b	0,19 c
F	23,277*	24,284*	46,122*
CV	9,83	11,86	8,97

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Tabela 1.5 - Valores médios para a retenção de água no solo (-50, -100 e -200 kPa ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2011.

Tratamentos	<b>-50 kPa</b>		
	<b>0,00-0,10m</b>	<b>0,10-0,20m</b>	<b>0,20-0,40m</b>
SM/B	0,19 a	0,20 a	0,23 a
MP/B	0,20 a	0,21 a	0,23 a
G/FP/B	0,20 a	0,20 a	0,23 a
C+MP/B	0,19 a	0,20 a	0,22 a
C+G/FP/B	0,20 a	0,21 a	0,22 a
C+GE+MP/B	0,19 a	0,20 a	0,23 a
C+GE+G/FP/B	0,19 a	0,21 a	0,22 a
MA	0,19 a	0,11 c	0,12 c
SE	0,15 b	0,16 b	0,17 b
F	9,329*	56,081*	22,228*
CV	9,56	8,12	13,68
	<b>-100 kPa</b>		
	<b>0,00-0,10m</b>	<b>0,10-0,20m</b>	<b>0,20-0,40m</b>
SM/B	0,18 a	0,20 a	0,22 a
MP/B	0,19 a	0,20 a	0,22 a
G/FP/B	0,19 a	0,19 a	0,23 a
C+MP/B	0,18 a	0,19 a	0,22 a
C+G/FP/B	0,19 a	0,21 a	0,23 a
C+GE+MP/B	0,18 a	0,19 a	0,23 a
C+GE+G/FP/B	0,18 a	0,19 a	0,21 a
MA	0,18 a	0,10 c	0,11 c
SE	0,14 b	0,15 b	0,17 b
F	8,968*	52,660*	45,302*
CV	9,77	8,71	9,73
	<b>-200 kPa</b>		
	<b>0,00-0,10m</b>	<b>0,10-0,20m</b>	<b>0,20-0,40m</b>
SM/B	0,17 a	0,18 a	0,22 a
MP/B	0,18 a	0,19 a	0,22 a
G/FP/B	0,17 a	0,18 a	0,22 a
C+MP/B	0,17 a	0,18 a	0,21 a
C+G/FP/B	0,18 a	0,15 a	0,22 a
C+GE+MP/B	0,17 a	0,18 a	0,22 a
C+GE+G/FP/B	0,17 a	0,19 a	0,20 a
MA	0,18 a	0,10 b	0,11 c
SE	0,14 b	0,14 a	0,17 b
F	6,762*	1,024*	39,084*
CV	10,20	11,87	10,25

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

#### *1.4.4 Armazenamento de água*

Para o armazenamento de água do solo, nas camadas de solo estudadas, nos anos de 2010 e 2011, encontram-se no Tabela 1.6.

Em relação ao armazenamento de água no solo, houve diferença significativa em todas as camadas de solo estudadas. Os menores e maiores valores encontrados foram para as testemunhas solo exposto e vegetação nativa do cerrado, respectivamente. E segundo Costa (2010), o armazenamento e a retenção de água no solo estão diretamente relacionados com a textura do solo. Solos com maiores teores de argila tendem a apresentar maior número de microporos, que são responsáveis pela retenção de água no solo.

#### *1.4.5 Resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica do solo (a base de massa)*

Para a resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se nos Tabelas 1.7 e 1.8, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente. Houve diferença significativa em todas as camadas estudadas.

Os maiores e menores valores foram encontrados nas testemunhas, solo exposto e vegetação nativa do cerrado, respectivamente. Os valores encontrados nos tratamentos foram menores quando comparados com os dados obtidos na mesma área experimental por Andrade Júnior (2004), notou-se que houve redução da resistência do solo à penetração nas camadas estudadas e verificou-se que os resultados estão coerentes com a densidade do solo.

Nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m, o tratamento com guandu obteve valores menores que os demais tratamentos, nos dois anos de avaliação.

Os resultados encontrados neste estudo confirmam os verificados por Bonini (2007) onde a adição de matéria orgânica na recuperação do solo degradado diminuiu a resistência do solo à penetração. Porém, vale ressaltar que os valores encontrados se

enquadram na classe média (2,6-5,0 MPa) e segundo Canarache (1990) nesta classe as raízes podem sofrer algumas limitações ao seu crescimento.

Tabela 1.6 - Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o armazenamento de água no solo (mm), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010 e 2011.

	Armazenamento de água no solo (mm)		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
<b>2010</b>			
SM/B	0,53 b	1,87 b	6,16 a
MP/B	2,64 b	2,02 a	4,75 b
G/FP/B	0,63 b	2,16 a	5,09 b
C+MP/B	0,77 b	1,83 b	5,14 b
C+G/FP/B	1,25 b	1,87 b	5,29 b
C+GE+MP/B	0,76 b	1,62 b	3,13 b
C+GE+G/FP/B	1,11 b	1,49 b	3,89 b
MA	3,83 a	2,89 a	7,85 a
SE	0,17 c	1,23 b	1,04 c
F	43,434*	4,494*	7,371*
CV (%)	28,22	31,20	33,85
<b>2011</b>			
SM/B	1,97 a	1,71 c	1,44 c
MP/B	2,04 a	1,63 c	1,32 c
G/FP/B	1,88 a	1,47 c	1,41 c
C+MP/B	1,80 a	1,28 c	1,37 c
C+G/FP/B	1,85 a	1,51 c	1,26 c
C+GE+MP/B	1,95 a	1,63 c	1,43 c
C+GE+G/FP/B	1,91 a	1,65 c	1,52 c
MA	2,50 a	3,00 a	8,30 a
SE	0,21 b	2,16 b	2,04 b
F	3,451*	29,580*	887,457*
CV (%)	16,31	15,44	10,68

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Trabalhos com lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas realizado por Campos e Alves (2008), foi observado que o tratamento solo exposto comparado

com os tratamentos de recuperação foi significativo, o que demonstrou que os tratamentos de recuperação atuaram de forma eficiente na alteração desse atributo físico. Comparando os dados com pesquisas realizadas na mesma área nos anos de 1999 (ALVES; SOUZA, 2008) e 2004 (Andrade Júnior, 2004) os resultados obtidos foram semelhantes, mas agora os tratamentos com guandu e suas combinações se destaca entre os demais tratamentos de recuperação.

Tabela 1.7 - Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica (a base de massa), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010.

Tratamentos	Resistência do solo à penetração - MPa		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	1,66 c	5,67 b	4,38 b
MP/B	2,24 b	6,32 a	6,70 a
G/FP/B	1,38 c	4,22 b	6,45 a
C+MP/B	2,20 b	5,08 b	5,77 a
C+G/FP/B	1,32 c	4,20 b	6,89 a
C+GE+MP/B	2,03 b	4,94 b	7,86 a
C+GE+G/FP/B	1,98 b	4,14 b	3,69 b
MA	0,34 d	0,92 c	2,00 b
SE	4,53 a	7,71 a	9,67 a
F	27,539*	8,346*	4,813*
CV (%)	15,13	24,15	32,85
	Umidade gravimétrica kg.kg <sup>-1</sup>		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	0,13 a	0,12 a	0,14 a
MP/B	0,14 a	0,14 a	0,15 a
G/FP/B	0,14 a	0,13 a	0,14 a
C+MP/B	0,13 a	0,12 a	0,13 a
C+G/FP/B	0,14 a	0,13 a	0,13 a
C+GE+MP/B	0,13 a	0,13 a	0,13 a
C+GE+G/FP/B	0,12 a	0,12 a	0,13 a
MA	0,11 b	0,08 b	0,08 b
SE	0,110 b	0,13 a	0,13 a
F	3,425	12,704*	8,139*
CV (%)	9,10	7,79	10,30

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, Resistência do solo à penetração - dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ), SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Este atributo indica que está ocorrendo um processo de recuperação do solo e concordam com Campos (2006) que trabalhou com recuperação de áreas degradadas e verificou que o solo decapitado, com os tratamentos de recuperação apresenta horizonte A, e segundo Demattê (1980) nas condições naturais, o solo estudado apresenta horizonte A com 0,15 m de espessura.

Tabela 1.8 - Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica, nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2011.

Tratamentos	Resistência do solo à penetração - MPa		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	1,33 b	5,48 c	3,58 c
MP/B	1,24 c	6,72 b	2,67 c
G/FP/B	1,45 b	7,31 b	6,34 a
C+MP/B	1,07 c	5,74 c	4,28 b
C+G/FP/B	1,10 c	6,18 c	1,78 c
C+GE+MP/B	0,63 c	4,72 d	4,38 b
C+GE+G/FP/B	1,57 b	4,61 d	4,05 b
MA	0,95 d	1,22 e	2,69 c
SE	4,20 a	9,41 a	4,78 b
F	32,909*	20,885*	9,985*
CV (%)	13,87	19,23	17,91
	Umidade gravimétrica - kg kg <sup>-1</sup>		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	0,11 a	0,11 a	0,11 b
MP/B	0,11 a	0,11 a	0,13 a
G/FP/B	0,11 a	0,10 a	0,12 b
C+MP/B	0,11 a	0,11 a	0,11 b
C+G/FP/B	0,11 a	0,11 a	0,11 b
C+GE+MP/B	0,11 a	0,11 a	0,11 b
C+GE+G/FP/B	0,11 a	0,10 a	0,12 b
MA	0,12 a	0,11 a	0,10 c
SE	0,08 b	0,08 b	0,08 d
F	3,702*	6,532*	19,768*
CV (%)	10,94	7,33	5,83

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, Resistência do solo à penetração, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,20-0,40m - dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ), SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Em relação à umidade gravimétrica do solo, nas camadas de solo estudadas não houve diferença significativa entre os tratamentos de recuperação, somente entre as testemunhas houve diferença.

Segundo CAMPOSa (2006) a determinação da umidade do solo no momento da avaliação da resistência à penetração, é fundamental para se realizar adequadamente a interpretação dos resultados encontrados.

O grau de umidade intervém, modificando a coesão entre as partículas do solo, que é maior no solo seco e decresce na medida em que a quantidade de água aumenta, provocando a separação das suas partículas (KLEIN et al., 1998).

#### *1.4.6 Taxa de infiltração de água*

Para a taxa de infiltração de água, nos anos de 2010 e 2011, os valores médios encontram-se no Tabela 1.9 e os gráficos da infiltração média acumulada estão apresentados na Figura 1.5 e 1.6, nos anos 2010 e 2011, respectivamente, Houve diferença significativa para a variável analisada.

Os valores encontrados foram maiores para a vegetação nativa de cerrado e seguida dos tratamentos de recuperação e o menor valor para ao solo exposto, esse comportamento caracteriza bem o estado atual de distribuição do tamanho de poros.

No solo exposto, contem maior quantidade de microporos e menos de macroporos, que é o local onde para a água gravitacional ou de escoamento, sendo assim, menor infiltração de água no solo. Com a degradação da estrutura do solo, há modificações no arranjo de suas partículas, provocando diminuição no tamanho dos poros, principalmente nos macroporos, o que leva à redução na área da seção transversal para o fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento de fluido, afetando com isso o processo de infiltração (SOUZA; ALVES, 2003).

Tabela 1.9 - Valores médios para taxa constante de infiltração de água ( $\text{cm h}^{-1}$ ), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	Taxa constante de infiltração de água	
	2010	2011
SM/B	46,10 a	41,29 b
MP/B	50,98 a	39,11 b
G/FP/B	47,93 a	40,39 b
C+MP/B	44,72 a	35,35 b
C+G/FP/B	45,55 a	24,70 c
C+GE+MP/B	42,56 a	31,03 c
C+GE+G/FP/B	46,60 a	39,76 b
MA	56,51 a	119,73 a
SE	16,81 b	3,50 d
F	6,815*	187,275*
CV (%)	33,15	19,22

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Com a degradação física do solo, ocorre um selamento causando pelo impacto das gotas da chuva, com isso há uma redução da taxa de infiltração (LAL, 1974) e segundo Souza e Alves (2003) uma das soluções para diminuir o efeito do impacto da água das chuvas e/ou irrigação é a adoção dos preparos conservacionistas, que proporcionam menor mobilização do solo e mantêm maior proteção da superfície com os resíduos culturais.

Assim, dados deste trabalho, concordam com Costa (2010) e Silva (2003) que afirmam que solos com maior macroporosidade permitem maior movimentação de água, uma vez que dispõe de maior área de transporte. O que deve ser considerado também com relação ao movimento de água no solo não é somente o tamanho do poro, mas a continuidade dos mesmos, pois pequenos poros podem conduzir mais água quando estes são contínuos.

Os valores encontrados neste trabalho são superiores aos encontrados por Alves et al.,(2007) que trabalhou em área degradada semelhante. Também Maltoni et al. (2011) e verificaram baixa taxa de infiltração de água em um subsolo exposto, em condições semelhantes as estudadas neste trabalho, após revegetação. Marchini (2011)

afirma que em solo exposto, o baixo valor encontrado para a taxa de infiltração de água no solo e infiltração acumulada foi devido ao alto grau de degradação do solo, apresentando-se compactado.

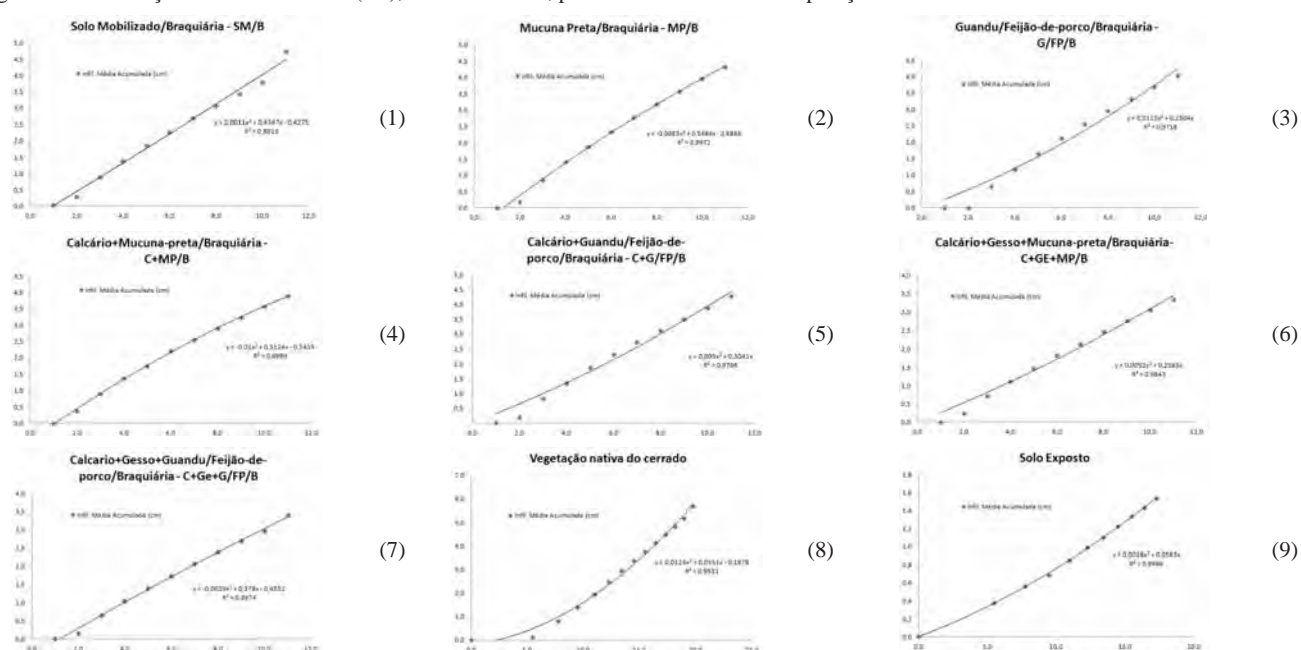
Na testemunha vegetação nativa do cerrado, com teor de material orgânico e cobertura vegetal mais abundante, o funcionamento do mini infiltrômetro de disco não apresentou bom desempenho, subestimando os dados, comportamento também verificado por Marchini (2011). A mesma autora afirma que a cobertura vegetal existente sobre a superfície, tanto viva como morta, ajuda bastante a infiltração da água, tanto por proteger a superfície do impacto direto das gotas de chuva, como também por reduzir a velocidade do escoamento superficial, aumentando o tempo de oportunidade para que a água infiltre.

### **3.4 Conclusões**

As propriedades físicas do solo estão sendo recuperadas, ao longo do tempo, sendo que para a macroporosidade do solo, densidade do solo, resistência do solo à penetração, estabilidade de agregados em água e a infiltração de água no solo, foram bons indicadores da qualidade física do solo;

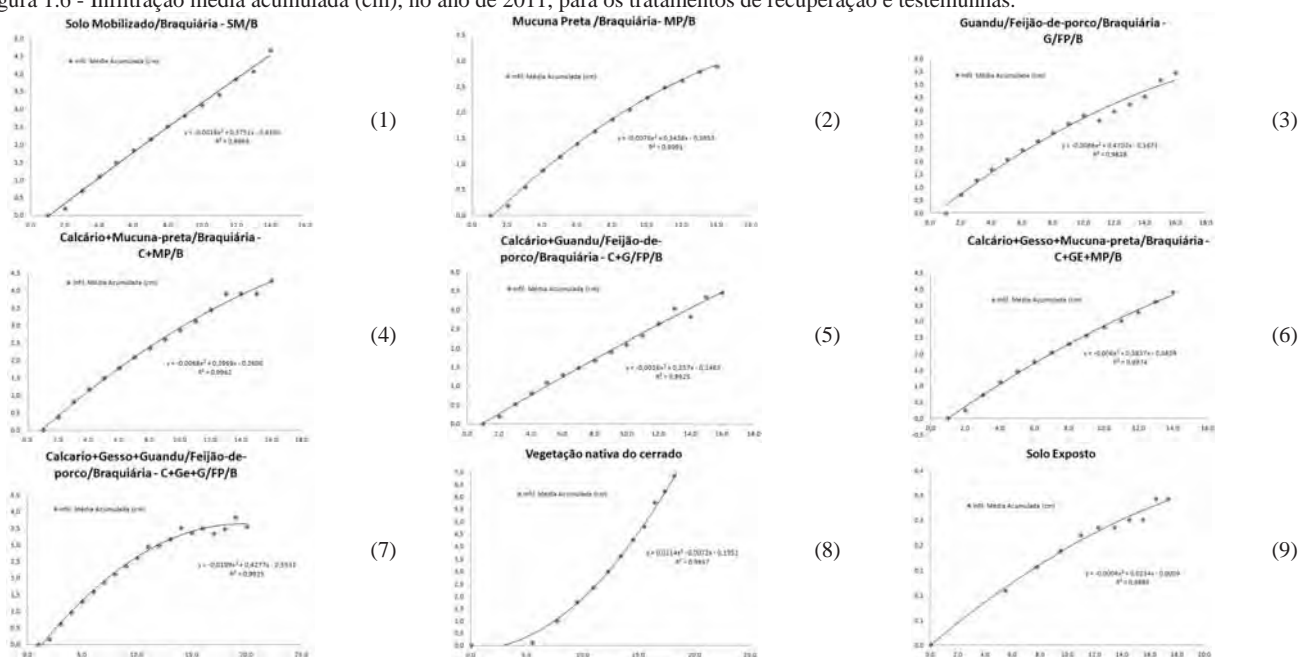
Os tratamentos de recuperação do solo estão sendo eficientes no processo de recuperação e está atingindo até a camada de 0,20 m do solo.

Figura 1.5 - Infiltração média acumulada (cm), no ano de 2010, para os tratamentos de recuperação e testemunhas.



1 - SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; 2 - MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; 3 - G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; 4 - C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; 5 - C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; 6 - C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; 7 - C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; 8 - MA = Vegetação nativa do Cerrado; 9- SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 1.6 - Infiltração média acumulada (cm), no ano de 2011, para os tratamentos de recuperação e testemunhas.



1- SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; 2 - MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; 3 - G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; 4 - C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; 5 - C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; 6 - C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; 7 - C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; 8 - MA = Vegetação nativa do Cerrado; 9- SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

## 1.5 Referencias

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2505-2516, 2008.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.

ALVES, M. C.; CABEDA, M. S. V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 753-761, 1999.

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ANDRADE JÚNIOR, R. T. **Propriedades físico-químicas de um solo em recuperação e adaptação da *Brachiaria decumbens***. 2004. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

ANGERS, D. A.; MEHUY, G. R. Aggregate stability to water. In: CARTER, M. R. **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Canadian Society of Soil Science; Lewis Publishers, 2000. p. 529-539.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal Soil Science**, Baltimore, v. 41, n. 3, p. 341-58, 1990.

BONI, N. R.; ESPINDOLA, C. R.; GUIMARÃES, E. C. Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 563-568.

BONINI, C. S. B.; OLIVEIRA, B. A.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 15, 2007, Pirassununga. **Anais...** São Paulo: USP, 2007.

BONINI, C. S. B. **Recuperação de um Latossolo Vermelho tratado com lodo de esgoto**. 2007. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 383-391, 1999.
- CAMPOS, F. S. ; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 1389-1397, 2008.
- CAMPOS, F. S. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de Latossolo Vermelho degradado**. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 10, p. 759-764, 2006.
- CANARACHE, A, Penetr – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, p. 51-70, 1990.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 70-89.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.
- CARVALHO, R. M. Recomendação de controle ambiental na exploração de jazidas de laterita no Planalto Central. In: ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE UNIDADES AMBIENTAIS DO SETOR TRANSPORTES, 3., 1998, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: DER, 1998. CD-ROM.
- CHESHIRE, M. V.; SPARLING, G. P.; MUNDIE, C. M. Effect of periodate treatment of soil on carbohydrate constituents and soil aggregation. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v. 34, p. 105-112, 1983.
- COSTA, C. D. O. **Regeneração de espécies arbóreas em um subsolo degradado revegetado com *Brachiaria decumbens* stapf**. 2007. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2007.
- DANIEL, L. A.; CARVALHO, J. F.; JUNQUEIRA, G. S. Avaliação de camadas de solo compactado: efeito de diferentes sistemas de preparo e cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1994. p. 300-305.
- DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP)**. Piracicaba, 1980. 131 p. (Mimeogr.).

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: ASA, CCSA, SSSA, 1994. p. 3-21.(SSSA Spec. Publ., 35).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212 p.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

GREENLAND, D. J. Soil management and soil degradation. **Journal of Soil Science**, London, v. 31, p. 301-322, 1981.

INGARAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. 2003. 298 f. Tese (Doutorado) – Universidade da Coruña, La Coruña, 2003.

JASTROW, J. D.; MILLER, R. M.; LUSSENHOP, J. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 30, p. 905-916, 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 405-416, 2008.

KITAMURA, E. M. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto**. 2007. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 18, p. 45-54, 1998.

LAL, R. **Role of mulching techniques in tropical soil and water management**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, 1974. 37 p. (Technical Bulletin, 1).

MALTONI, K. L.; SILVA, E. A. da; SANTOS, D. Z. ; CASSIOLATO, A. M. R., Atributos físicos de subsolo exposto após revegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIAS DO SOLO, 33., Uberlândia, 2011. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011. CR-ROM.

MARCHINI, D.C. **Agregação de um latossolo em recuperação após 5 anos**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência Ambiental**, Alta Floresta, v. 27, p. 29-48, 2003.
- RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 128-152.
- SILVA, A. M.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T. ; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Recuperação de áreas degradadas com a utilização de diferentes espécies e variedades de Pinus. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2002.
- SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 79-88.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 18-23, 2003.
- TABOADA-CASTRO, M. M.; ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; TABOADA-CASTRO, T. Revegetation on a removed topsoil: effect on aggregate stability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 40, p. 771-786, 2009.
- TEIXEIRA, W. G.; SCHROTH, G.; FACCIN, O. P.; HUNE, B.; ZECH, W. Avaliação de parâmetros físico-químicos e hídricos do solo como indicadores da recuperação de áreas degradadas na Amazônia Ocidental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 166-174.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v. 33, p. 141-163, 1982.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 17, n. 3, p. 429-441, 1979.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.
- ZANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1024-1030, 1997.

## **CAPITULO 2: PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

### **2.1 Introdução**

As propriedades químicas do solo dos solos tropicais têm características peculiares do bioma Cerrado. O baixo teor de matéria orgânica e fósforo e alto índice de pH do solo são as principais características.

Essas características estão interligadas e são favorecidas pelo clima quente e úmido, proporcionando uma degradação muito rápida da matéria orgânica do solo. O principal desafio no manejo dos solos de cerrado é o enriquecimento e manutenção do conteúdo de matéria orgânica do solo.

Na recuperação de solos degradados, o desafio é maior ainda, devido a baixa resiliência desses solos e falta de material de regeneração desse solo. Vários estudos têm sido realizados com o objetivo de verificar quais os materiais (adubos verdes, adubação mineral, lodo de esgoto, escórias, resíduos da produção de celulose) adicionados ao solo que são mais eficientes no enriquecimento de matéria orgânica do solo.

Com o aumento da matéria orgânica do solo, há uma elevação do pH e com isso uma maior disponibilidade de todos os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Criando assim ambiente favorável para o desenvolvimento de organismos no solo que vão atuar na melhoria das qualidades químicas e físicas do solo. Com a ação dos organismos do solo, há uma melhoria na estrutura do solo, pelo aumento dos agentes cimentantes e ação mecânica.

## 2.2 Propriedades químicas do solo

A matéria orgânica do solo é a principal fonte de nutrientes minerais para as plantas. Assim, a perda da fertilidade natural dos solos tropicais úmidos tem como principal causa o desaparecimento da matéria orgânica do mesmo (FRANCO et al., 1992). A sua perda, de acordo com os mesmos autores, causa sérios problemas na estrutura do solo, disponibilidade de água, atividade biológica do mesmo, prejudica o suprimento de nutrientes às plantas e como consequência, a produtividade do sistema. Este processo é mais intenso em áreas de declive acentuado, onde, além da decomposição natural da matéria orgânica, há perdas, pela remoção da parte superficial do solo, por erosão. O caso extremo ocorre com a movimentação de terras como nas construções de barragens, estradas, áreas de mineração, etc., onde todo horizonte superficial é removido.

O manejo adequado deve prever o enriquecimento e a manutenção, pelo maior tempo possível, da matéria orgânica no solo, o que pode ser conseguido com a aplicação de resíduos orgânicos e com a prática da adubação (PEREIRA et al., 1992).

Quanto à degradação química do solo, Gonçalves et al. (2003) afirmam que, este tipo de degradação resulta na queda de sua fertilidade, ocasionada pela redução dos teores e da qualidade da matéria orgânica e pela redução dos teores de macro e micronutrientes. Comumente, há aumento dos teores de Mn e Al, devido ao abaixamento do pH. Diretamente dependentes das condições físicas e químicas do solo, os macro e microorganismos podem ter suas comunidades drasticamente alteradas em curtos períodos. Sob condições desfavoráveis, a diversidade e a quantidade de organismos de cada espécie são rapidamente afetadas, comumente reduzidas. Estes atributos constituem importantes indicadores da qualidade do solo.

Moreira (2004) complementa que a diminuição da matéria orgânica em solos degradados pode ser considerada um problema ambiental, pois dificulta a produção vegetal, resultando menor infiltração de água, favorecendo, assim, a erosão e a perda por escoamento superficial.

Alguns autores relatam à relação direta da matéria orgânica sobre a CTC do solo. Para Rodrigues et al. (2007), pesquisando a capacidade de regeneração de um subsolo, em uma área de empréstimo, área esta a qual foram removidos quase 10 m em

alguns pontos, para a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, observaram que o comportamento da CTC era semelhante ao da matéria orgânica. Foi constatado ainda, que a partir de 20 cm de profundidade a CTC deixa de ser influenciada pelos conteúdos de matéria orgânica. Junto com a matéria orgânica e a CTC, a soma de bases e a saturação por bases, decrescem em profundidade, pois a maior parte dos nutrientes é proveniente da vegetação e está relacionada aos conteúdos de matéria orgânica do solo.

A adição de várias fontes de material orgânico tem sido utilizada com o objetivo de melhorar as propriedades do solo. Nascimento et al. (2003) mencionaram que em solo degradado as leguminosas contribuíram para a diminuição da acidez do solo, elevando o pH no perfil e os teores de K e Mg.

Alves e Souza (2008) em estudo realizado na “área de empréstimo” originada da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP, com o objetivo de avaliar a recuperação de atributos químicos (pH, teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , P, K, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e teor de matéria orgânica) usando adubos verde, calcário e gesso, verificaram que o tratamento utilizando mucuna-preta teve melhor desempenho na recuperação dos atributos químicos do solo degradado. E os efeitos atingiram a camada de 0,20 m.

Bonini, Alves e Oliveira (2008a) trabalharam com recuperação de áreas degradadas remanescentes da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP, utilizando duas doses de lodo de esgoto, adubação mineral e o cultivo de eucalipto e braquiária observaram que na camada superficial houve aumento no teor de P, Ca, Mg, pH, MO, SB, CTC e V% e redução no teor de Al na área cultivada com maior dose de lodo de esgoto ( $60 \text{ Mg ha}^{-1}$ ).

Também Kitamura (2007) estudando a recuperação de área degradada oriunda da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira-SP, com adubos verdes, lodo de esgoto verificou que as propriedades químicas do solo foram melhoradas e o tratamento combinando adubo verde+lodo de esgoto foi o melhor e os teores de P, MO, K e CTC do solo foram influenciados positivamente.

Segundo Correa et al. (2009) o efeito da aplicação de calcário vai além do aumento do pH e enfatiza que nos latossolos, as cargas são dependentes do pH, o que pode favorecer a dispersão de argilas, também fornece  $\text{Ca}^{+2}$  que funciona como ligante entre partículas de argila. Não olvidando dos efeitos indiretos, por aumentar a produção das culturas, acréscimo de MO. e atividade microbiana.

## 2.3 Material e Métodos

### 2.3.1 Análises químicas do solo

As análises químicas do solo realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983) e foram avaliados os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio pelo método de extração com resina trocadora de íons.

O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram calculadas a soma de bases ( $SB = Ca + Mg + K$ ), capacidade de troca catiônica ( $CTC = SB + (H + Al)$ ) e saturação por bases ( $V\% = (100 \times SB) / CTC$ ).

Também foi determinado o teor de C orgânico e o teor de nitrogênio do solo pela análise elementar (Analisador elemental Carlo Erba Instruments EA 1108). Essas análises foram realizadas no período de estágio de pós-doutoramento no exterior (Figura 2.1).

As amostras para a análise química foram coletadas no mês de janeiro, nos anos de 2010 e 2011, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40m. Em cada parcela foram coletadas amostras em cinco pontos para formar uma amostra composta (Figura 2.2).

Figura 2.1 - Aparelho utilizado e Laboratório de serviços de apoio à investigação (SAI) da Universidade da Coruña.



Fonte: dados do próprio autor.

Figura 2.2 - Trincheira aberta para a coleta de solo para análise química.



Fonte: dados do próprio autor.

## 2.4. Resultados e Discussão

### 2.4.1 Fósforo

Para o fósforo, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se na Tabela 2.1. Verificou-se para fósforo que somente na camada de 0,00-0,10m houve diferença significativa.

Para o fósforo, os tratamentos com guandu, mucuna e suas combinações não diferiram estatisticamente, assim como o tratamento solo mobilizado e as testemunhas: solo exposto e vegetação nativa do cerrado, no ano de 2010. Sendo que, os tratamentos de recuperação obtiveram maiores teores de fósforo. Resultados semelhantes aos encontrados por Andrade Júnior (2004) que nesta mesma área o tratamento solo mobilizado diferiu dos tratamentos com adubo verde e as combinações calcário e/ou calcário+gesso. Os teores encontrados neste trabalho são considerados baixos, que segundo Raij et al. (1996) o teor médio é de 13-30 mg dm<sup>-3</sup> para as culturas perenes.

Tabela 2.1 - Valores médios de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	4 b	3	3	5 b	3	3
MP/B	9 a	4	3	7 b	3	3
G/FP/B	8 a	3	3	5 b	3	3
C+MP/B	9 a	4	3	4 b	3	3
C+G/FP/B	8 a	5	3	14 a	3	3
C+Ge+MP/B	8 a	3	3	5 b	3	3
C+Ge+G/FP/B	8 a	3	3	5 b	3	3
MA	4 b	3	3	4 b	3	3
SE	3 b	3	3	3 b	3	3
F	10,582*	1,008 <sup>ns</sup>	-	3,096*	-	-
CV (%)	20,94	32,39	-	24,32	-	-

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) na camada de 0,00-0,10m, no ano de 2011.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

O efeito dos adubos verdes estudados foi semelhante e não foram observadas diferenças quando foi aplicado calcário e/ou calcário + gesso. Souza et al. (2006), avaliando as formas de aplicação de calcário em área de pastagem, observaram comportamento decrescente dos teores de P à medida que se elevou a saturação por bases do solo, quando o corretivo foi aplicado superficialmente.

Já no ano de 2011, o tratamento calcário+guandu diferiu dos demais tratamentos e testemunhas. O teor encontrado neste tratamento foi muito superior ao encontrado nos demais tratamentos e se enquadra no teor médio considerado por Raji et al. (1996), mostrando superioridade em relação aos demais tratamentos.

Alves e Souza (2008) estudando atributos químicos nesta mesma área experimental verificaram que nos anos avaliados houve incremento no teor de P de 70 e 50 % na camada superficial e subsuperficial, respectivamente, dados que concordam com este trabalho. E Valpassos et al. (2000) verificaram recuperação dos atributos químicos do solo em estudo de área com subsolo exposto, devido principalmente ao estabelecimento das comunidades rizosféricas e suas relações mutualísticas com as

raízes, que têm papel fundamental na dinâmica de nutrientes no solo e na sobrevivência de plantas.

Em relação ao teor de fósforo no início do experimento Alves e Souza (2008) nota-se um acréscimo devido ao aumento no teor e mineralização do experimento. E ainda vale ressaltar que não foi realizada adubação com fósforo e isso mostra a eficiência do sistema de praticas adotada para a recuperação e a melhoria dessa propriedade química.

#### **2.4.2 Potássio**

Para o potássio, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se no Tabela 2.2. Verificou-se para o potássio que na camada de 0,00-0,10m houve diferença significativa, nos dois anos analisados e na camada de 0,10-0,20m, no ano de 2011.

Analisando o potássio, nota-se que nos tratamentos com mucuna e suas combinações, no ano de 2010 foram os tratamentos com maior teor. Já no ano de 2011, verificou-se que os tratamentos com as combinações com calcário e calcário + gesso foram os de maior teor de potássio.

A ultima analise concorda com os dados encontrados por Alves e Souza (2008) que trabalhando nesta mesma área experimental verificaram que os tratamentos com mucuna que não receberam calcário e calcário + gesso teve maior teor de K e isto é explicado, porque o sistema radicular ramificado e profundo das leguminosas proporciona aumento na eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes percolados, principalmente K, Ca, Mg e  $\text{NO}_3^-$ , funcionando também como “agente minerador” dos nutrientes de pouca disponibilidade, como o P e o Mo, tornando-os mais disponíveis às culturas subsequentes.

Tabela 2.2 - Valores médios de K ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	0,7 b	0,3	0,3	0,5 b	0,0 b	0,0
MP/B	1,2 a	0,5	0,3	0,6 b	0,0 b	0,3
G/FP/B	0,9 b	0,3	0,3	0,8 b	0,0 b	0,0
C+MP/B	0,7 b	0,4	0,3	1,0 a	0,0 b	0,0
C+G/FP/B	1,0 a	0,3	0,2	1,0 a	0,3 b	0,0
C+Ge+MP/B	1,1 a	0,4	0,2	0,5 b	0,0 b	0,0
C+Ge+G/FP/B	0,8 b	0,4	0,2	0,3 c	0,0 b	0,0
MA	0,7 b	0,3	0,2	1,5 a	1,0 a	0,0
SE	0,6 b	0,2	0,3	0,8 b	0,3 b	0,0
F	2,179*	2,250 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	2,618*	9,000*	1,000 <sup>ns</sup>
CV (%)	33,21	12,92	6,83	19,27	14,39	11,96

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) na camada de 0,10-0,20m, nos anos de 2010 e 2011, na camada 0,20-0,40, em 2010 e na camada de 0,00-0,10m, em 2011.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

### 2.4.3 Cálcio

Para o cálcio, os valores médios encontram-se no Tabela 2.3. Em todas as camadas estudadas, no ano de 2010 e na camada de 0,10-0,20 m, no ano de 2011 o teste F foi significativo.

Para o cálcio, na camada de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m, houve um melhor desempenho nos teores nos tratamentos de recuperação do solo, já na camada de 0,20-0,40m, os teores encontrados foram baixos em todos os tratamentos.

Resultados estes contrastantes com ALVES e SOUZA (2008) que verificaram nesta mesma área experimental que o tratamento com mucuna apresentou maior valor de cálcio, devido a maior eficiência em reciclar cálcio do solo.

Segundo Raij et al. (1996) o teor de cálcio neste trabalho é classificado como médio (4 a 7  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).

Tabela 2.3 - Valores médios de Ca ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	3 d	3 b	2 b	5	4 a	2
MP/B	5 b	3 b	3 a	4	3 b	2
G/FP/B	4 c	3 b	2 b	5	4 a	3
C+MP/B	6 a	4 a	3 a	4	3 b	3
C+G/FP/B	5 b	4 a	2 b	5	3 b	3
C+Ge+MP/B	7 a	4 a	4 a	5	4 a	3
C+Ge+G/FP/B	5 b	4 a	2 b	5	4 a	2
MA	2 d	1 c	1 c	4	1 b	1
SE	3 d	1 c	1 c	3	2 b	1
F	33,348*	9,492*	6,360*	1,017 <sup>ns</sup>	5,482*	1,718 <sup>ns</sup>
CV (%)	12,48	28,29	32,23	28,50	14,27	20,55

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) na camada de 0,10-0,20 e 0,20-0,40m, no ano de 2011.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto..  
Fonte: dados do próprio autor.

#### 2.4.4 Magnésio

Para o magnésio, no ano de 2010 o teste F foi significativo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m, e no ano de 2011, na camada de 0,10-0,20m (Tabela 2.4).

Em 2010, na camada superficial, o tratamento solo mobilizado e as duas testemunhas foram iguais estatisticamente e os demais tratamentos de recuperação do solo não diferiram entre si, já em 2011 todos os tratamentos e as testemunhas não diferiram entre si. Na camada de 0,10-0,20m, os tratamentos com calcário e calcário e gesso apresentaram maiores teores, os demais tratamentos e as testemunhas não diferiram entre si, em 2010 e 2011. Na camada de 0,20-0,40m, nos anos estudados, não houve diferença entre os teores de potássio encontrados nos diferentes tratamentos.

Em relação aos trabalhos anteriores (ALVES, 2001; ANDRADE JÚNIOR, 2004; ALVES e SOUZA, 2008) realizados nesta mesma área, nota-se um incremento no teor de magnésio, principalmente na camada superficial.

Ainda, Andrade Júnior (2004) verificou incremento no teor de magnésio na camada superficial e afirma que esse comportamento é devido a prática de adubação verde que promove a recuperação da fertilidade do solo, proporcionando aumento de matéria orgânica, da capacidade de troca catiônica e da disponibilidade de macro e micronutrientes.

Tabela 2.4 - Valores médios de Mg ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	2 b	1 c	1	3	1 b	1
MP/B	5 a	1 c	1	3	1 b	1
G/FP/B	4 a	1 c	2	3	2 a	2
C+MP/B	5 a	3 a	2	3	1 b	2
C+G/FP/B	5 a	3 a	2	3	1 b	1
C+Ge+MP/B	6 a	2 b	2	4	2 a	2
C+Ge+G/FP/B	5 a	2 b	1	4	3 a	1
MA	3 b	1 c	1	4	2 a	1
SE	3 b	1 c	1	3	1 b	1
F	7,419*	10,558*	1,351 <sup>ns</sup>	0,975 <sup>ns</sup>	2,902*	0,750 <sup>ns</sup>
CV (%)	24,46	25,76	12,78	14,62	14,49	13,83

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) na camada de 0,20-0,40m, no ano de 2010 e em todas as camadas estudadas em 2011.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto.

Fonte: dados do próprio autor.

### 2.4.5 Matéria orgânica

Para a matéria orgânica, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se no Tabela 2.5. Houve diferença significativa em todas as camadas de solo estudadas, nos anos estudados.

No ano de 2010, na camada de solo 0,00-0,10m, a testemunha solo exposto e o tratamento solo mobilizado foram iguais estatisticamente e os demais tratamentos e vegetação nativa do cerrado não diferiram entre si. Na camada de 0,10-0,20m, o tratamento solo mobilizado e a testemunha: solo exposto não diferiu estatisticamente entre si, assim como os tratamentos de recuperação e a vegetação nativa do cerrado diferiu dos demais anteriormente citados. E na camada de 0,20-0,40m, os tratamentos diferiram somente da vegetação nativa do cerrado.

No ano de 2011, os tratamentos de recuperação do solo diferiram somente da testemunha vegetação nativa do cerrado. E os teores encontrados em todos tratamentos baixos, pois segundo Raij et al. (1996) o teor deveria estar entre 16 a 30 g dm<sup>-3</sup>, confirmando a característica dos solos de cerrado. No entanto, podemos afirmar que houve um incremento no teor quando comparado com trabalhos realizados nesta mesma área em anos anteriores (ALVES, 2001; ANDRADE JÚNIOR, 2004; ALVES ; SOUZA, 2008).

Também se pode afirmar que os tratamentos de recuperação atingiram as camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m, pois nestas camadas os tratamentos de recuperação proporcionaram maior teor de matéria orgânica.

Esses resultados obtidos para a matéria orgânica confirmam os resultados encontrados para os outros atributos químicos do solo analisados e mostra que os nutrientes são disponibilizados pela mineralização da matéria orgânica presente no solo, concordando com Assad (1997), que afirma que as gramíneas são importantes na adição de matéria orgânica e na reestruturação do solo.

Trabalhos com resultados semelhantes foram encontrados na literatura, como o de Colodro et al. (2007) relatam a influência do conteúdo de material orgânico no solo e a atividade microbiana e Suzuki et al. (2007) mostram a correlação da matéria orgânica com algumas propriedades físicas do solo.

Tabela 2.5 - Valores médios de M.O. ( $\text{g dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	6 b	4 d	4 b	11 b	8 b	8 b
MP/B	12 a	6 b	5 b	11 b	9 b	8 b
G/FP/B	11 a	5 c	4 b	10 b	8 b	8 b
C+MP/B	11 a	6 b	4 b	10 b	9 b	8 b
C+G/FP/B	10 a	5 c	4 b	12 b	9 b	8 b
C+Ge+MP/B	13 a	5 c	4 b	11 b	10 b	8 b
C+Ge+G/FP/B	11 a	5 c	4 b	10 b	9 b	8 b
MA	13 a	8 a	7 a	16 a	11 a	11 a
SE	5 b	3 d	3 b	10 b	8 b	8 b
F	14,301*	8,800*	11,176*	9,306*	3,477*	8,764*
CV (%)	14,57	15,71	16,28	11,61	11,23	9,26

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

#### 2.4.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para a potencial hidrogeniônico (pH), nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontra-se na Tabela 2.6. Houve diferença significativa em todas as camadas de solo estudadas.

Em todas as camadas estudadas, o pH dos tratamentos de recuperação agiram de forma semelhante e diferiram da testemunha (vegetação nativa de cerrado). Visto que os solo de cerrado são solos ligeiramente ácidos e os tratamentos de recuperação foram corrigidos, por isso maior pH que a testemunha (vegetação nativa do cerrado).O pH na camada superficial foi devido a contribuição da braquiária na adição de matéria orgânica em todas as parcelas experimentais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva Junior (2005) e que avaliou as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho utilizando adubações químicas e orgânicas, após a utilização de adubos orgânicos, constatando aumento nos valores do

pH e nos teores de P no solo. E Kitamura (2007) trabalhando na recuperação de área degradada com as mesmas características obteve resultados semelhantes.

Tabela 2.6 - Valores médios de pH, teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	5,0 a	4,5 b	5,0 a	4,6 a	4,8 a	4,7 a
MP/B	5,0 a	4,5 b	5,0 a	4,9 a	4,3 b	4,8 a
G/FP/B	4,8 a	4,5 b	5,0 a	4,8 a	4,8 a	4,7 a
C+MP/B	5,0 a	4,8 a	5,0 a	4,9 a	4,8 a	4,6 a
C+G/FP/B	5,0 a	4,9 a	5,0 a	4,2 b	4,5 b	4,8 a
C+Ge+MP/B	5,0 a	4,8 a	5,0 a	4,9 a	5,3 a	4,9 a
C+Ge+G/FP/B	5,0 a	4,7 a	5,0 a	4,6 a	4,9 a	4,5 a
MA	4,0 b	4,1 c	4,0 b	4,3 b	4,0 b	4,0 b
SE	5,0 a	4,5 b	5,0 a	5,0 a	5,0 a	4,0 b
F	16,000*	6,806*	$1 \times 10^{-9}$ *	2,883*	5,887*	4,274*
CV (%)	3,43	3,96	0,00	7,21	6,75	6,89

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

## 2.4.7 Alumínio

Para o alumínio, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontra-se na Tabela 2.7. Houve diferença significativa em todas as camadas de solo estudadas.

Para o alumínio, os resultados que estão de acordo com os encontrados para o pH do solo neste experimento, com valor baixo de pH e valor alto de alumínio para a vegetação nativa do cerrado, que tem por característica pH levemente ácido e pobre em matéria orgânica devida a rápida decomposição de resíduos devido ao clima tropical (ALVES, 2001).

Andrade Júnior (2004) trabalhando na mesma área experimental verificou nos anos de 2003/04 que o pH houve uma diminuição na camada superficial nos tratamentos que tinha calcário e/ou calcário+gesso este efeito neste experimento não é mais

verificado. E Kitamura (2007) verificou pH ligeiramente ácido, também trabalhando em área de cerrado.

Tabela 2.7 - Valores médios de Al, teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) em todas camadas estudadas, no ano de 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	2 b	2 c	2 a	3 b	3 b	3 b
MP/B	2 b	4 b	2 a	2 c	4 b	3 b
G/FP/B	3 b	3 b	2 a	2 c	1 c	2 a
C+MP/B	2 c	1 c	2 a	2 c	3 b	3 b
C+G/FP/B	2 c	1 c	2 a	4 b	3 b	2 b
C+Ge+MP/B	1 c	1 c	2 a	1 c	1 c	2 b
C+Ge+G/FP/B	2 b	1 c	2 a	2 c	2 b	3 b
MA	7 a	8 a	8 b	7 a	10 a	11 a
SE	1 c	2 b	2 a	0 c	2 b	4 b
F		29,512*	51,857*	8,807*	8,393*	12,998*
CV (%)		29,91	22,44	2,60	26,96	17,56

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

## 2.4.8 Acidez potencial

Para a acidez potencial, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontra-se na Tabela 2.8. Houve diferença significativa em todas as camadas de solo estudadas.

Para a acidez potencial, os valores de H+Al nos tratamentos de recuperação foram menores quando comparados a vegetação nativa de cerrado, corroborando com o Al e o pH encontrados neste experimento. Resultados concordantes foram encontrados por Campos (2006), Andrade Júnior (2004) e Kitamura (2007).

Tabela 2.8 - Valores médios de H+Al ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	24 c	25 b	22 b	18 c	17 c	17 b
MP/B	27 b	26 b	22 b	17 c	18 b	17 b
G/FP/B	27 b	24 b	22 b	18 c	16 c	17 b
C+MP/B	24 c	21 c	21 b	18 c	18 b	17 b
C+G/FP/B	23 c	21 c	21 b	21 b	18 b	17 b
C+Ge+MP/B	25 c	21 c	20 b	17 c	15	16 b
C+Ge+G/FP/B	24 c	21 c	21 b	18 c	16 c	17 b
MA	37 a	33 a	31 a	28 a	26 a	26 a
SE	20 d	23 c	22 b	16 c	16 c	18 b
F	24,787*	15,142*	27,233*	47,611*	58,638*	51,142*
CV (%)	7,41	8,38	5,68	5,68	4,85	4,61

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

#### 2.4.9 Soma de bases, Capacidade de troca catiônica e Saturação por bases

Para a capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação por bases, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os valores médios encontram-se nos Tabelas 2.9, 2.10 e 2.11, respectivamente.

Para a soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases houve significância em todas as camadas de solo estudadas, exceto para CTC, nas camadas de 0,20-0,40, nos anos de 2010 e 2011 e na camada de 0,00-0,10m no ano de 2011 e saturação por bases nas camadas de 0,00-0,10 e 0,20-0,40m no ano de 2011.

A SB, CTC e V% os resultados encontrados foram semelhantes, sendo que para SB e V% valores menores e para CTC maior para a vegetação nativa do cerrado, esse comportamento confirma os teores encontrados para os outros atributos químicos do solo estudados e reforça a característica do solo de cerrado ser ligeiramente ácido. Os

tratamentos de recuperação diferiram da testemunha vegetação nativa do cerrado.

Tabela 2.9 - Valores médios de CTC ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010 e 2011.

Tratamentos	2010				2011							
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,00-0,10		0,10-0,20					
SM/B	31,2	b	28,8	c	24,8	b	26,5	b	22,0	b	19,8	b
MP/B	37,7	a	30,8	b	25,8	b	25,3	b	21,5	b	20,8	b
G/FP/B	36,6	a	27,8	c	26,3	b	26,5	b	22,3	b	21,0	b
C+MP/B	35,5	a	28,3	c	25,8	b	26,0	b	21,5	b	21,0	b
C+G/FP/B	34,5	a	27,8	c	24,3	b	29,0	b	22,3	b	20,0	b
C+Ge+MP/B	37,8	a	27,3	c	25,5	b	27,0	b	21,5	b	20,8	b
C+Ge+G/FP/B	34,3	a	27,0	c	24,8	b	27,0	b	22,0	b	20,0	b
MA	41,9	a	35,0	a	33,0	a	38,3	a	30,0	a	27,8	a
SE	25,6	c	24,8	c	23,5	b	22,8	b	19,2	c	19,8	b
F	8,887*		7,432*		13,702*		14,964*		30,610*		11,573*	
CV (%)	8,84		7,39		5,79		8,12		4,77		6,97	

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) na camada de 0,20-0,40m, nos anos de 2010 e 2011 e na camada de 0,10-0,20m, no ano de 2011.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Os dados deste experimento foram maiores quando comparados com os encontrados por Andrade Júnior (2004) que trabalhou em 2003/04 na mesma área experimental. E também mostram que o efeito é em todas as parcelas experimentais e não no tratamento com calcário e/ou calcário+gesso.

O aumento do pH e diminuição do Al, corrobora com os dados obtidos para a SB, CTC e V% que foram maiores nos tratamentos de recuperação quando comparados com dados de Alves (2001). Resultados semelhantes foram encontrados por KITAMURA (2007), CAMPOS (2006) e ANDRADE JÚNIOR (2004).

Tabela 2.10 - Valores médios de SB ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), teste F e CV (%) para os tratamentos estudados, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2010.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	5,3 d	2,8 d	3,0	8	6 a	3
MP/B	12,3 a	5,0 b	3,8	8	4 b	4
G/FP/B	8,1 c	4,3 c	4,3	8	6 a	4
C+MP/B	12,7 a	7,0 a	4,8	8	4 b	4
C+G/FP/B	11,7 b	6,8 a	3,8	8	5 b	3
C+Ge+MP/B	13,3 a	6,5 a	5,3	10	7 a	4
C+Ge+G/FP/B	10,6 b	6,3 a	3,8	9	6 a	3
MA	6,0 d	2,3 d	2,0	10	4 b	2
SE	5,8 d	2,3 d	2,0	7	3 b	2
F	33,321*	22,228*	2,313 <sup>ns</sup>	0,800 <sup>ns</sup>	2,654*	1,498 <sup>ns</sup>
CV (%)	11,78	17,53	16,15	26,19	13,72	18,47

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto.

Fonte: dados do próprio autor.

Tabela 2.11 - Valores médios de V%, teste F, DMS - 5% e CV (%), para os tratamentos e camadas de solo estudados. Selvíria, MS. 2010.

Tratamentos	2010			2011		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
SM/B	23 b	11 c	13 b	32	25 a	16
MP/B	30 a	16 b	15 a	31	19 b	16
G/FP/B	23 b	16 b	16 a	31	29 a	19
C+MP/B	33 a	26 a	19 a	30	20 b	19
C+G/FP/B	34 a	28 a	16 a	27	20 b	17
C+Ge+MP/B	35 a	24 a	21 a	36	31 a	22
C+Ge+G/FP/B	31 a	24 a	16 a	34	27 a	15
MA	13 c	7 c	7 b	26	13 b	9
SE	23 b	9 c	9 b	31	18 b	10
F	8,724*	32,196*	3,312*	1,078 <sup>ns</sup>	4,221*	2,592 <sup>ns</sup>
CV (%)	17,85	15,48	16,25	20,00	12,97	16,41

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ), na camada de 0,20-0,40m, no ano de 2010. e nas camadas de 0,10-0,20m e 0,20-0,40m, no ano de 2011.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

#### 2.4.10 Carbono orgânico e Nitrogênio do solo

Para o carbono e nitrogênio do solo, em todas as camadas analisadas, houve significância, exceto para nitrogênio na camada de 0,20-0,40m (Tabela 2.12).

Em relação ao teor de carbono orgânico do solo, os tratamentos de recuperação do solo diferiram somente da testemunha vegetação nativa do cerrado, resultado este que confirma os resultados encontrados para a matéria orgânica do solo.

Os teores de carbono orgânico encontrados para os tratamentos são muito baixos quando comparados com teores encontrados em Latossolos para a vegetação de cerrado e pastagem, 25,5 % e 34,3%, respectivamente (CARNEIRO et al., 2009).

Os teores de carbono orgânico do solo nos tratamentos de recuperação do solo foram estatisticamente iguais, esse comportamento é devido à cobertura vegetal da área com a gramínea *Brachiaria decumbens* desde 1999.

Já para o nitrogênio do solo, os tratamentos de recuperação têm valores superiores ao da testemunha solo exposto e inferiores ao da testemunha vegetação

nativa do cerrado. Esse comportamento também foi verificado por Assis et al. (2006) que estudando os diferentes manejos do solo, decrescem o teor de nitrogênio do solo em relação à mata nativa.

Tabela 2.12 - Valores médios de carbono e nitrogênio do solo (%), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40m. Selvíria, MS. 2011.

Tratamentos	%C		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20m	0,20-0,40 m
SM/B	0,49 b	0,22 b	0,21 b
MP/B	0,46 b	0,25 b	0,24 b
G/FP/B	0,51 b	0,26 b	0,18 b
C+MP/B	0,51 b	0,26 b	0,16 b
C+G/FP/B	0,70 b	0,25 b	0,20 b
C+Ge+MP/B	0,55 b	0,33 b	0,18 b
C+Ge+G/FP/B	0,56 b	0,27 b	0,23 b
MA	1,51 a	0,97 a	0,78 a
SE	0,30 b	0,21 b	0,21 b
F	13,917*	53,224*	28,964*
CV (%)	30,20	19,54	27,33
	%N		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20m	0,20-0,40 m
SM/B	0,05 b	0,04 b	0,038
MP/B	0,06 b	0,04 b	0,038
G/FP/B	0,05 b	0,04 b	0,033
C+MP/B	0,07 b	0,05 b	0,043
C+G/FP/B	0,07 b	0,05 b	0,043
C+Ge+MP/B	0,07 b	0,06 a	0,050
C+Ge+G/FP/B	0,06 b	0,04 b	0,030
MA	0,11 a	0,07 a	0,058
SE	0,02 c	0,02 c	0,018
F	8,156*	7,234*	3,414 <sup>ns</sup>
CV (%)	27,04	26,20	32,52

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

O nitrogênio é de extrema importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas e também é de suma importância na estruturação do solo.

Vários estudos têm verificado correlações significativas e positivas entre carbono orgânico total e os índices de estabilidade estudados (ASSIS et al., 2006; . WENDLING et al., 2005 e CARNEIRO et al., 2009)

## 2.4 Conclusões

Os atributos químicos foram bons indicadores da qualidade do solo.

Os tratamentos de recuperação do solo foram eficientes no processo de recuperação e atingiram até a camada de 0,20 m.

A instalação da *B. decumbens* na área desde 1999 proporcionou em todos os tratamentos de recuperação do solo o mesmo efeito nas propriedades químicas.

## 2.6 Referencias

- ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2505-2516, 2008.
- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.**, 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- ANDRADE JÚNIOR, R. T. **Propriedades Físico-químicas de um solo em Recuperação e adaptação da *Brachiaria decumbens*.** 2004. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA, 1997. 524 p.
- ASSIS, C. P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S. E NEVES, J. C. L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 10, p. 1541-1550, 2006.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, B. A. Influencia de la materia organcia en la densidad del suelo en Ferralsol decapitado tratado con lodo de depuradora y fertilización mineral. In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 21., 2008, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina. **Anais...** San Luis: [s.n.], 2008.
- CAMPOS, F. S. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de Latossolo Vermelho degradado.** 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S. ; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 147-157, 2009.
- CORRÊA, J. L.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORAES, M. H. Alteração de atributos físicos em latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 263-272, 2009.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados.** Seropédica: EMBRAPA/CNPAB, 1992. 11 p. (Comunicado técnico, n. 9).
- GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 113-157.

KITAMURA, E. M. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto**. 2007. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.

PEREIRA, P. J.; BURLE, M. L.; RESK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1., 1992, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim técnico, 31).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Adubação orgânica. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1997. p. 30-35 (Boletim técnico, 100).

RODRIGUES, B. R.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.

SOUZA, R. M.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; COUTO FILHO, C. C. C. Formas de aplicação de calcário nos teores de minerais da forragem do Capim Tanzânia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 752-758, 2006.

VALPASSOS, M. A.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. Contribuição de coberturas vegetais para a recuperação das características químicas e atividade microbiana do solo de uma “área de empréstimo”. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau. **Anais...** Blumenau: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2000. CDROM.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S. ; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DDF, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

## CAPITULO 3: PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DO SOLO

### 3.1 Introdução

Os macrorganismos do solo têm papel fundamental no ecossistema, pois ocupam diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo, afetando a produção primária de maneira direta e indireta, o que altera as populações e atividade de microrganismos responsáveis pela mineralização e humificação e por consequência exerce influência no ciclo da matéria orgânica, bem como a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (LAVELLE, 2002; SILVA et al., 2006) e podem ser influenciadas pelo sistema de cultivo, adubação e calagem.

Eles podem ser agrupados, segundo Gassen (1999), de acordo com o tamanho do corpo: micro (<0,2mm), meso (0,2 a 2,0mm) e macrofauna (>2,0mm). Acima de 20 mm passam a ser classificados como megafauna edáfica. Essas duas categorias, macro e mega fauna, têm grande importância na fragmentação de detritos vegetais da liteira, na predação de outros invertebrados e na modificação da estrutura do solo por meio da atividade da escavação e produção de coprólitos (CORREIA ; ANDRADE, 1999).

O papel dos organismos do solo, principalmente dos macrorganismos que são considerados engenheiros do ecossistema, colaboram com a estruturação do solo e o enriquecimento da matéria orgânica do solo. A matéria orgânica e a fauna edáfica participam da agregação e desagregação da matéria mineral por meio de sua relação com os fenômenos hidrogeoquímicos, além de forte estruturação do solo e de aumento da porosidade e transferência de argila para a superfície (DUCATTI, 2006).

### 3.2 Propriedades biológicas do solo

Fauna do solo é o termo utilizado quando se deseja referenciar a comunidade de invertebrados que vive permanente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo. Esses invertebrados variam muito em tamanho e diâmetro, o que lhes confere habilidade diferenciada na sua estratégia de alimentação e adaptação ao habitat. Desta forma, o tamanho define a extensão em que a atividade dos mesmos (alimentação e escavação) pode modificar as propriedades do solo (ANDERSON, 1988), e também a amplitude em que podem ser influenciados pelo manejo do solo.

A fauna do solo pode ser classificada pelo diâmetro corporal dos indivíduos, sendo a macrofauna (2 e 20 mm), mesofauna (100  $\mu\text{m}$  e 2 mm) e microfauna (4 a 100  $\mu\text{m}$ ). A microfauna atua de maneira indireta, na ciclagem de nutrientes, regulando as populações de bactérias e fungos (WARDLE ; LAVELLE, 1997), já a mesofauna, são animais extremamente dependentes de umidade, movimentam-se nos poros do solo e na interface serrapilheira/solo e destaca-se sua contribuição significativa na regulação da população microbiana, mas sua contribuição é insignificante na fragmentação do resíduo vegetal (SWIFT et al., 1979) e a macrofauna do solo apresentam indivíduos pertencentes a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se Acari, Collembola, Protura e Diplura e incluindo Annelida e Coleoptera (ANTONIOLLI et al., 2006) e suas atividades tróficas semelhantes. Também podem ser agrupados de acordo com os hábitos alimentares: animais fitófagos (consumidores de plantas), zoófagos (predadores e parasitóides de outros animais), saprófagos (consumidores de animais e vegetais em decomposição), necrófagos (consumidores de animais e vegetais mortos) e geófagos (alimentam-se de terra).

A macrofauna têm função de engenheiros do ecossistema porque de forma direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos pela escavação ou digestão e pelo transporte de material mineral e orgânico do solo, pelas estruturas construídas, como: galerias, bolotas fecais, montículos e ninhos, modificando o ambiente químico e físico do solo (AQUINO, 2005).

A relação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental no monitoramento da área. Essa necessidade foi constatada por Chowdhury et al. (2007) que estudaram o comportamento de alguns atributos do solo em pomar de laranjas em

um região de Bangladesh e verificaram que com o manejo intensivo do solo feito pelos agricultores houve aumento da densidade do solo, redução da fauna do solo e diminuição da teor de matéria orgânica.

A complexidade do sistema solo e sua relação com os seres que vivem nele (abrigo, fonte de alimentação e desenvolvimento) é ainda pouco conhecida (ASSAD, 1997; COLEMAN E GROSSLEY, 1995). Segundo ANTONIOLLI et al. (2006) a fauna edáfica desempenha um importante papel na manutenção da cadeia alimentar e do fluxo energético e ainda afirmam que o uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais pode atuar diretamente sobre a população da fauna edáfica. Wright e Coleman (2000) relatam que os processos de um ecossistema são influenciados por uma gama de fatores incluindo clima, vegetação, solo e fauna.

A diversidade de espécies esta associada a uma relação entre o número de espécies (riqueza de espécies) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (equitabilidade) (WALKER, 1989). Esta definição esta explicitada nos índices de Shannon e de Pielou, que conjugam estas duas variáveis (ODUM, 1983; COLINVAUX, 1996). Todavia, num sentido mais amplo sobre a complexidade das comunidades, a própria riqueza de espécies pode ser utilizada como uma medida geral da diversidade (Connell, 1978; Kitamura, 2007).

A fauna do solo pode ser classificada pelo diâmetro corporal dos indivíduos, sendo a macrofauna (2 e 20 mm), mesofauna (100  $\mu\text{m}$  e 2 mm) e microfauna (4 a 100  $\mu\text{m}$ ). A microfauna atua de maneira indireta, na ciclagem de nutrientes, regulando as populações de bactérias e fungos (WARDLE ; LAVELLE, 1997), já a mesofauna, são animais extremamente dependentes de umidade, movimentam-se nos poros do solo e na interface serrapilheira/solo e destaca-se sua contribuição significativa na regulação da população microbiana, mas sua contribuição é insignificante na fragmentação do resíduo vegetal (SWIFT et al., 1979) e a macrofauna do solo apresentam indivíduos pertencentes a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se Acari, Collembola, Protura e Diplura e incluindo Annelida e Coleoptera (ANTONIOLLI et al., 2006) e suas atividades tróficas semelhantes.

Estudando o comportamento dos indivíduos da ordem Isoptera, em dois ambientes: Cerrado e pastagem cultivada, Oliveira et al. (2011) verificaram uma redução na densidade do solo nas áreas povoadas por cupins e um volume de solo mobilizado de 4 a 11  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ .

Estudos no Brasil feitos por Kaschuk et al. (2006), relatam que diversas espécies de cupins modificam as propriedades físicas e químicas do solo, podendo revolver até  $130 \text{ m}^3$  de solo  $\text{ha}^{-1}$ , enquanto que na Índia foi estudado a utilização de cupins como agentes de recuperação de solos salinizados pela atividade industrial (PARDESHI e PRUSTY, 2010). Benito et al. (2004) mencionam que a macrofauna do Cerrado brasileiro é predominantemente povoada por cupins, tanto em densidade como em biomassa.

A relação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental no monitoramento da área. Essa necessidade foi constatada por Chowdhury et al. (2007) que estudaram o comportamento de alguns atributos do solo em pomar de laranjas em um região de Bangladesh e verificaram que com o manejo intensivo do solo feito pelos agricultores houve aumento da densidade do solo, redução da fauna do solo e diminuição da teor de matéria orgânica.

A diversidade da fauna edáfica é considerada um fator importante para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais (LAVELLE et al.1994; BROWN et al., 2003), apresentando resposta aparentemente mais rápida do que outros atributos do solo, servindo, portanto, como indicadores biológicos sensíveis às alterações ecológicas nos agroecossistemas (BARETTA et al., 2003). Entretanto, os benefícios destes organismos são pouco conhecidos em solos brasileiros (ALVES, et al., 2006).

### **3.3 Material e Métodos**

#### *3.3.1 Fauna epígea do solo*

Na região central de cada tratamento foram instaladas 2 armadilhas do tipo “pitt fall” utilizadas para a avaliação da atividade da fauna epígea (Figura 3.1). Na confecção dos “pitt fall” foi utilizado um pote plástico com 0,11 m de diâmetro e 0,075 m de profundidade. Também foi utilizado um prato plástico com 0,15 m de diâmetro para cobrir os potes plásticos e proteger contra a ação da chuva que foi fixado ao solo com auxílio de palitos de madeira de forma a não impedir que a mesofauna fosse capturada.

Dentro de cada pote foi colocada uma solução de ácido acetilsalicílico a 4% para preservação da fauna no período de uso do “pitt fall”. As armadilhas foram colocadas na interface solo- braquiária e permaneceram durante sete dias no campo.

O material coletado foi triado com auxílio de lupa e chaves taxonômicas para a quantificação do número total de indivíduos, grupos funcionais e atividade (indivíduos/armadilhas/dia). Foram calculados os índices de diversidade de Shannon (PIELOU, 1975), índice de equitabilidade de Pielou (PIELOU, 1969), e Riqueza de grupos, de acordo com as equações a seguir:

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad e \quad E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

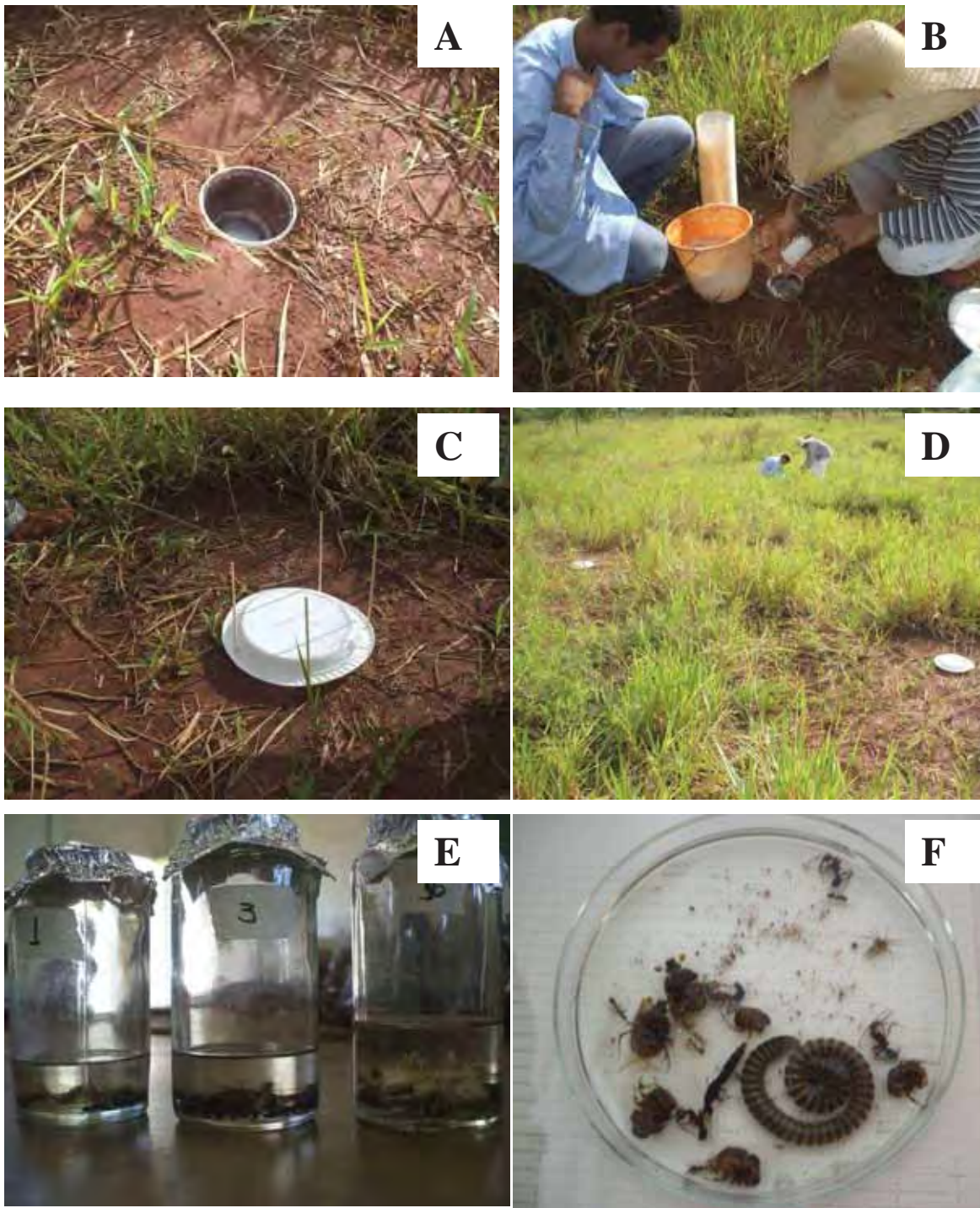
Sendo:  $H'$  = Índice de diversidade de Shannon;  $P_i = n_i / N$ ;  $n_i$  = número de indivíduos da espécie  $i$ ;  $N$  = número total de indivíduos amostrados;  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $E$  = equitabilidade;  $H'_{\max} = \ln S$ ;  $S$  = número de espécies amostradas.

### 3.3.2 *Macrorganismos*

Foram avaliados utilizando-se o método de coleta direta, mediante o uso do quadrado metálico de 0,30 m de lado, cravado no solo. Foi coletada uma amostra por parcela para cada camada de solo de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e de 0,10-0,15 m em duas estações do ano (inverno e verão). Também foi avaliada a macrofauna na área com vegetação nativa (cerrado). A avaliação constou da contagem do número de indivíduos e da identificação da Ordem (KITAMURA, 2007), (Figura 3.2).

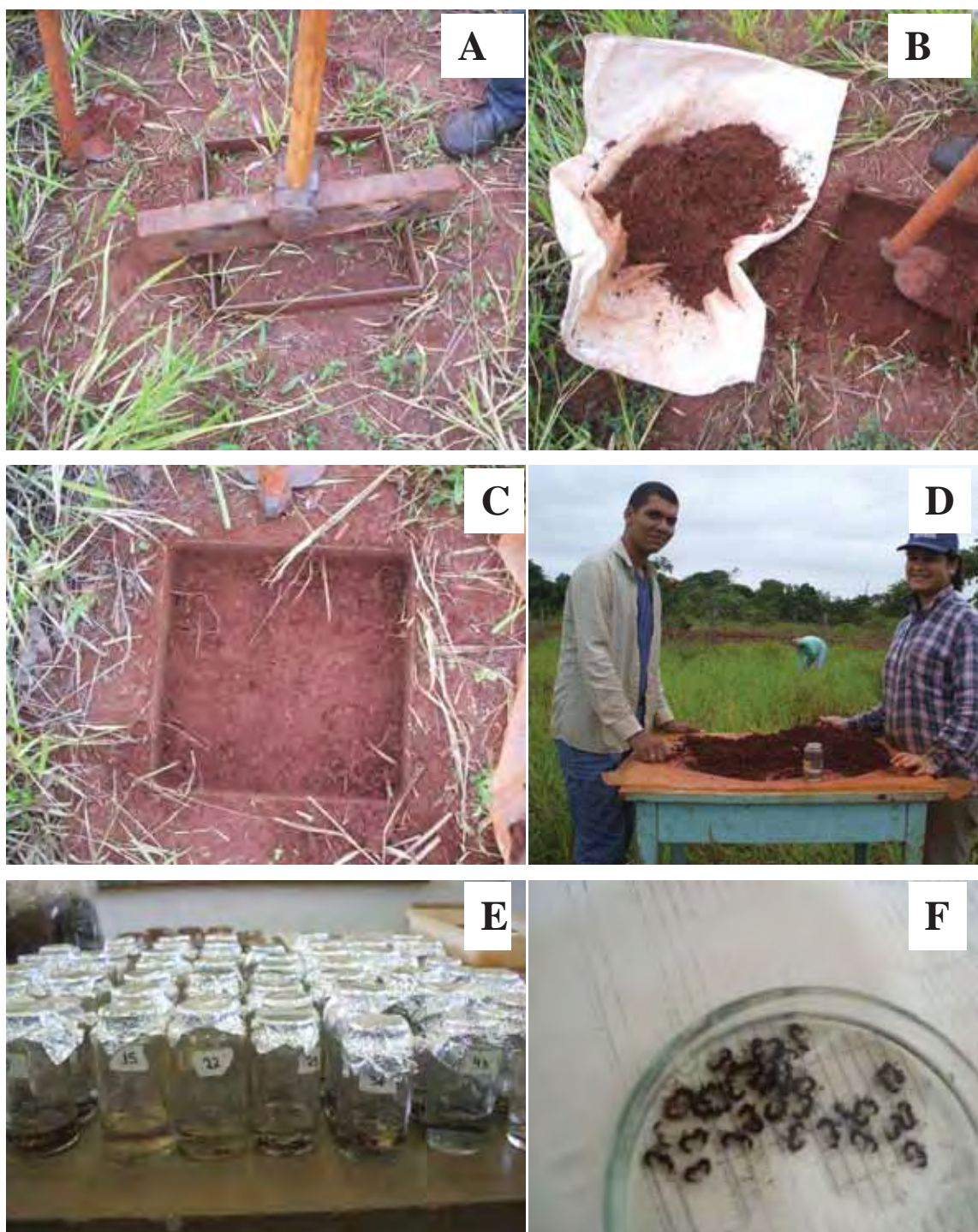
Simultaneamente ao rastreamento da fauna do solo foi realizado o monitoramento da temperatura do solo utilizando-se sensores *iButton ThermoChron*, que é um termômetro digital que incorpora à memória, calendário e relógio, em um mesmo circuito integrado. Foi utilizado um intervalo de tempo de 30 minutos para registro das temperaturas. Com este intervalo, a capacidade de armazenamento do sensor é de 40 dias. A temperatura foi monitorada nos meses de abril/maio (outono), julho/agosto (inverno), outubro/novembro (primavera) e janeiro/fevereiro (verão), nos anos de 2010 e 2011. (Figura 3.3).

Figura 3.1 - Detalhes das armadilhas para a captura da fauna epígea (A,B; C e D); indivíduos da fauna epígea, no álcool(E) e na placa de Petri para identificação (F).



Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.2 - Avaliação da macrofauna (A; B; C e D); frascos com os macroorganismos no álcool (E) e macroorganismos na placa de Petri para identificação (F).



Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.3 - A: Ibuttons para o monitoramento da temperatura do solo; B: Cabo utilizado para transferência dos dados para o computador.



Fonte: dados do próprio autor.

### 3.4 Resultados e Discussão

#### 3.4.1 Fauna epígea do solo

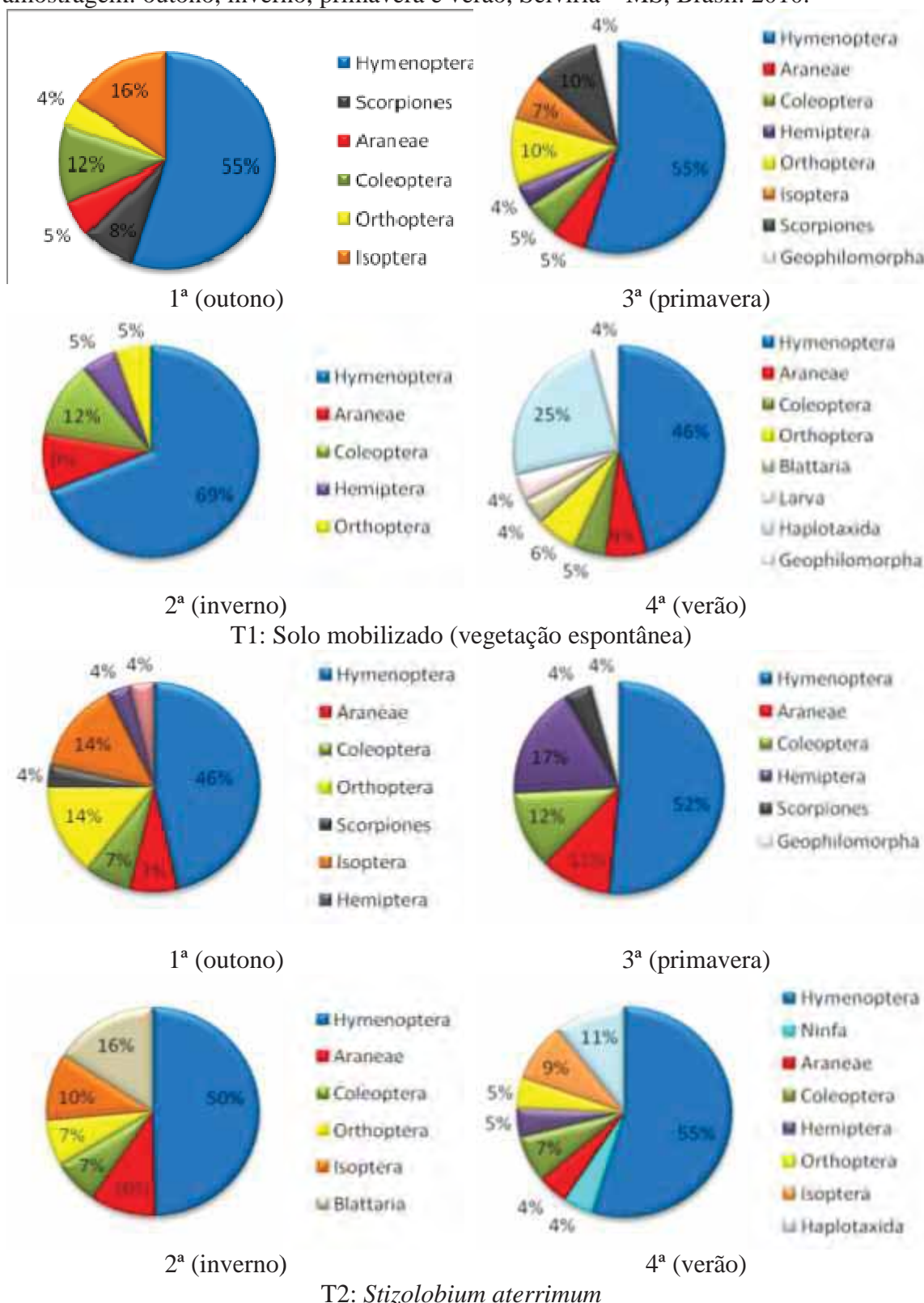
A distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, para os tratamentos estudados e coletas realizadas encontra-se nas Figuras 3.4 a 3.7 e 3.8 a 3.11, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente.

Em relação à distribuição dos grupos taxonômicos, no ano de 2010, as ordens de maior ocorrência foram: hymenoptera, isoptera e coleoptera. Verificou-se que a ordem hymenoptera está presente em todos os tratamentos e épocas de amostragem e corresponde a 50% dos indivíduos amostrados, exceto no tratamento T4 que está em menor proporção e apresenta maior número de indivíduos da ordem isoptera.

Os indivíduos pertencentes a ordem coleoptera também estão presentes em todos os tratamentos e épocas estudados, já os da ordem orthoptera nos tratamentos: T1, T3 e T6 e da aranae: T1, T2, T4, T5, T6 e T7. A ordem scorpiones está presente em duas ou três coletas de cada tratamento, principalmente nos tratamentos com combinação de calcário e/ou calcário+gesso.

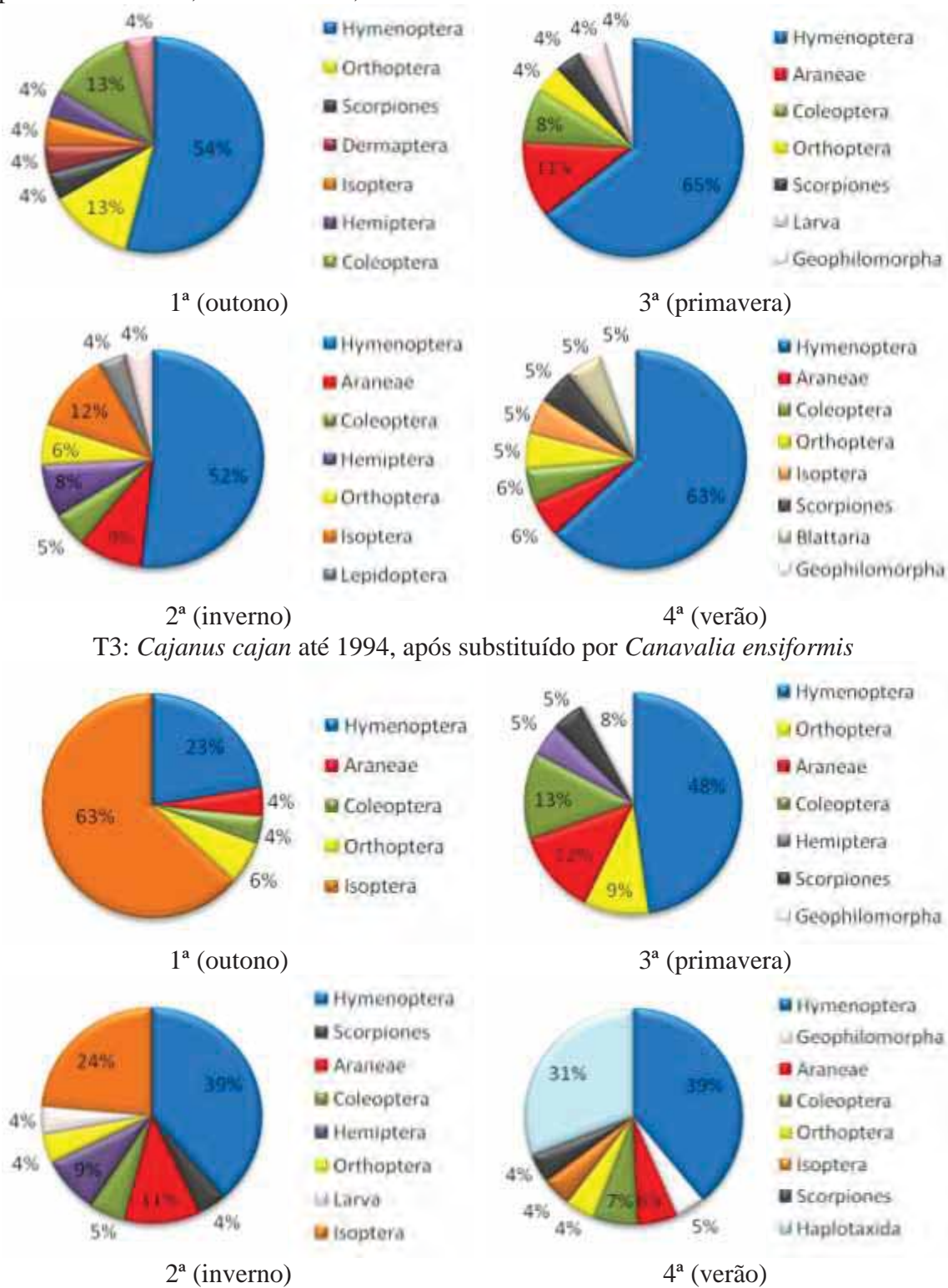
Em 2011, o comportamento da distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo foi semelhante.

Figura 3.4 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T1: Solo mobilizado e T2: *Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010.



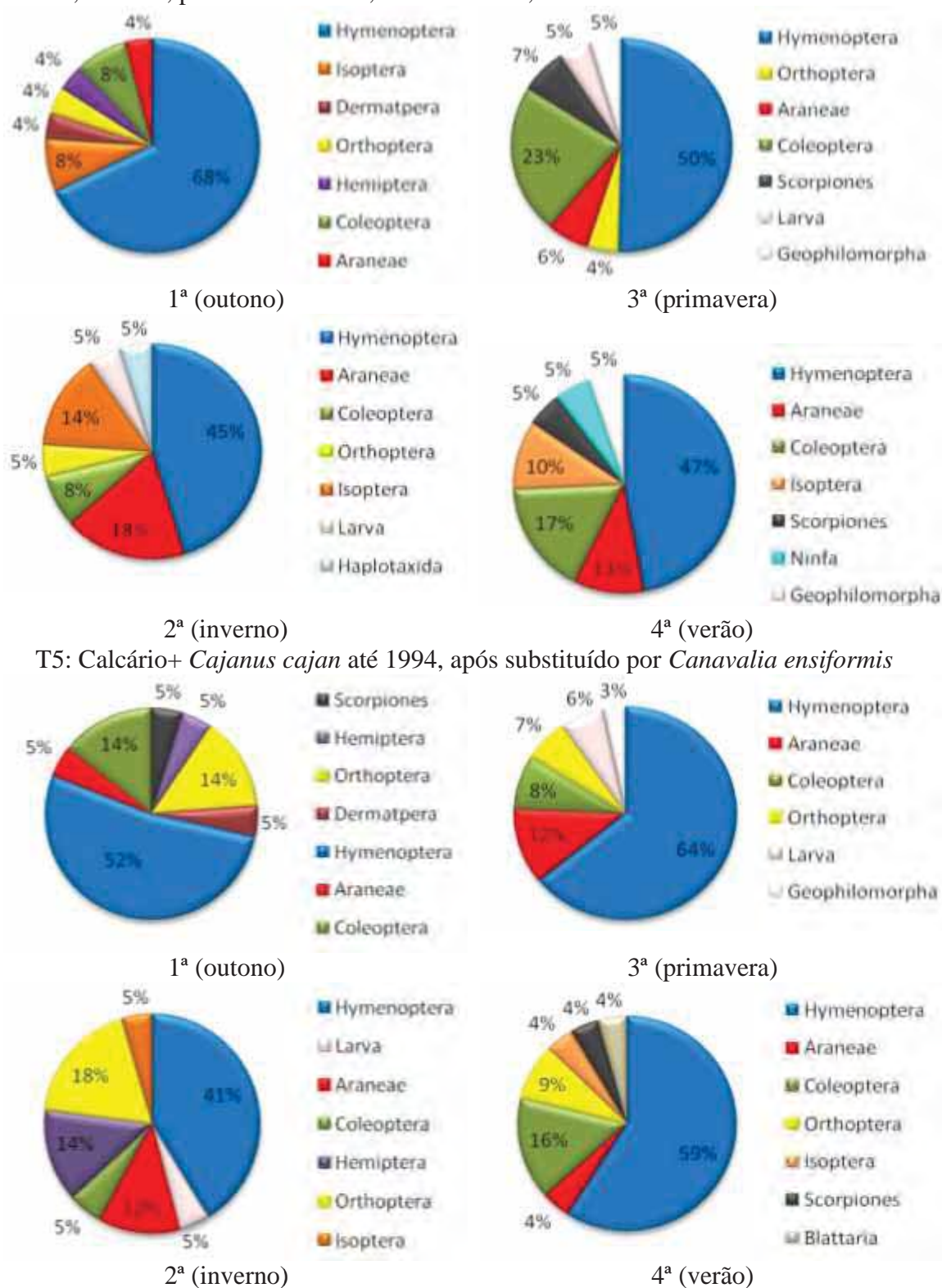
Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.5 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T3: *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T4: Calcário+ *Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010.



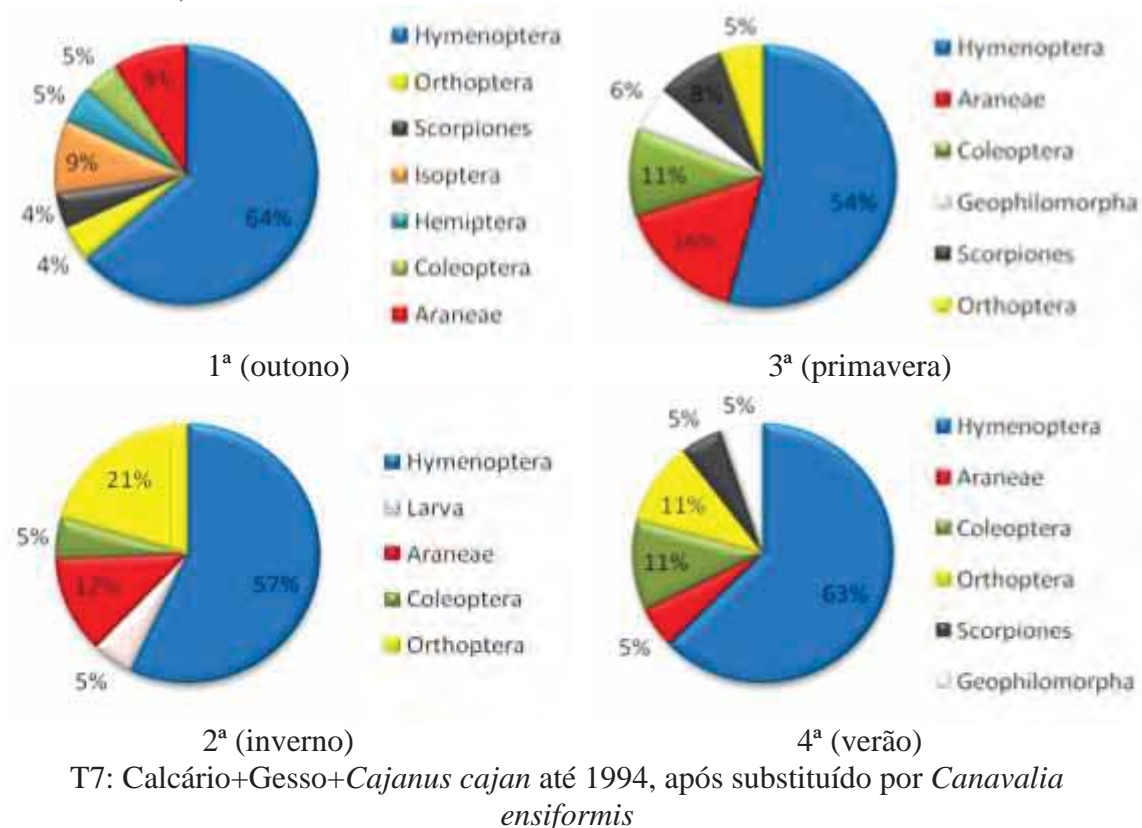
Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.6. Distribuição dos grupos taxonômicos I da fauna epígea do solo, dos tratamentos T5: Calcário+ *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T6: Calcário+Gesso+*Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010.



Fonte: dados do próprio autor.

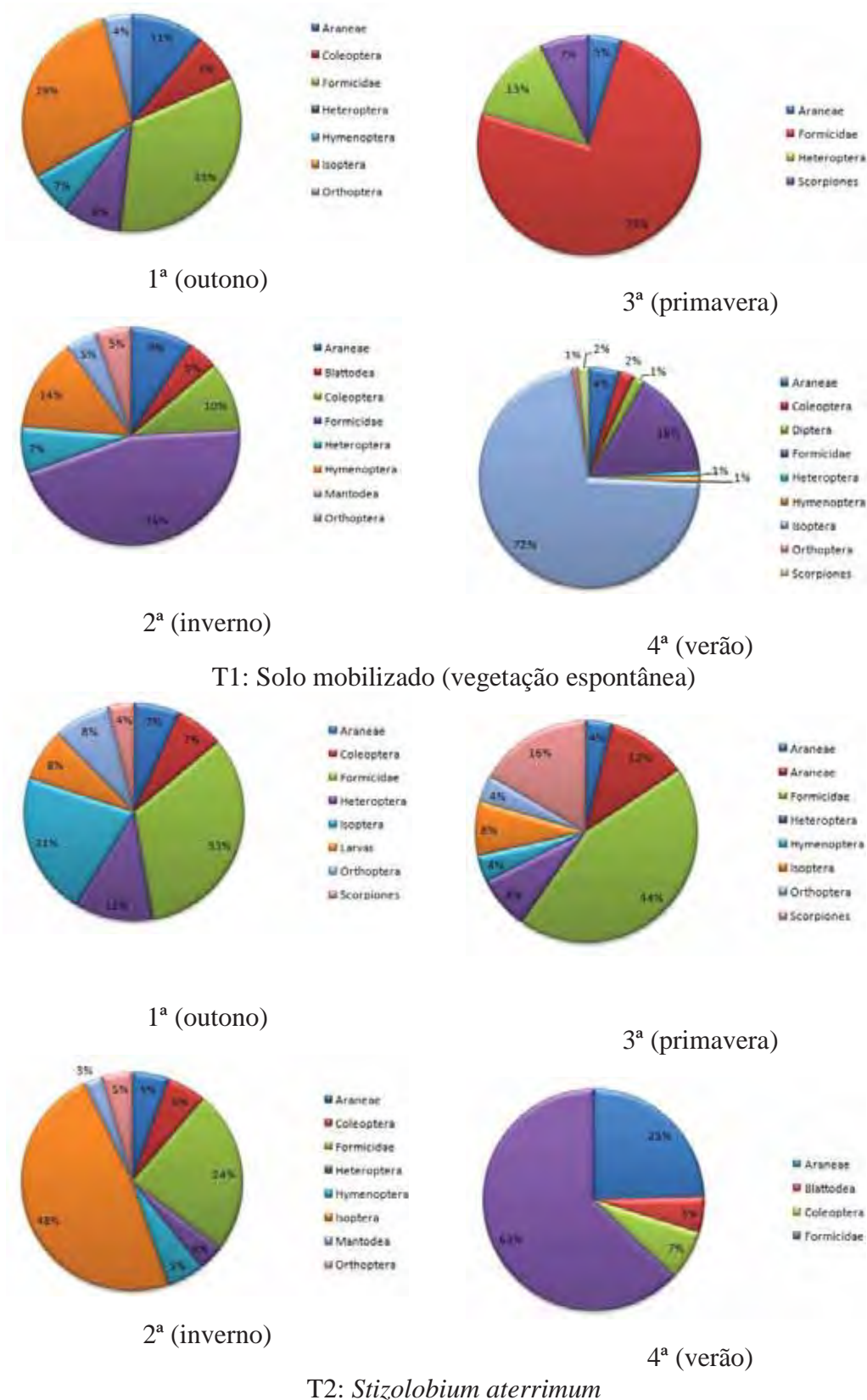
Figura 3.7 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, do tratamento T7: Calcário+Gesso+ *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010.



Fonte: dados do próprio autor.

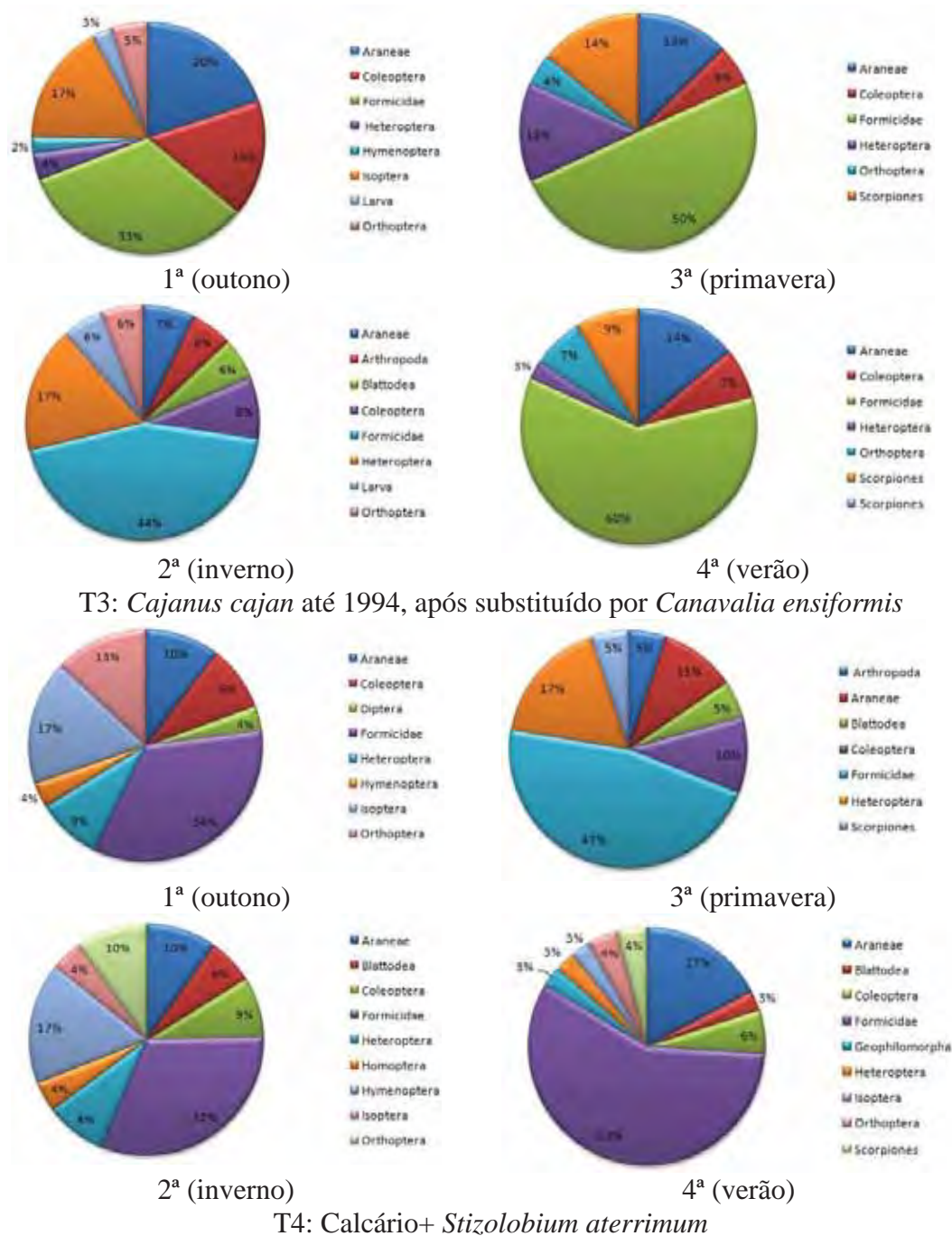
Resultados contrastantes foram verificados por Kitamura et al. (2008), que avaliou a fauna do solo em área degradada similar a deste estudo e verificaram a presença de cupins e formigas (ordem isoptera e hymenoptera, respectivamente), somente em área de vegetação natural e não estavam presentes nos tratamentos de recuperação e neste estudo foi verificado a presença de cupins, principalmente nos tratamentos com *Stizolobium aterrimum* e suas combinações. Concordando com Benito et al. (2004) que verificaram que os cupins são predominantes nas áreas de Cerrado.

Figura 3.8 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T1: Solo mobilizado e T2: , nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2011.



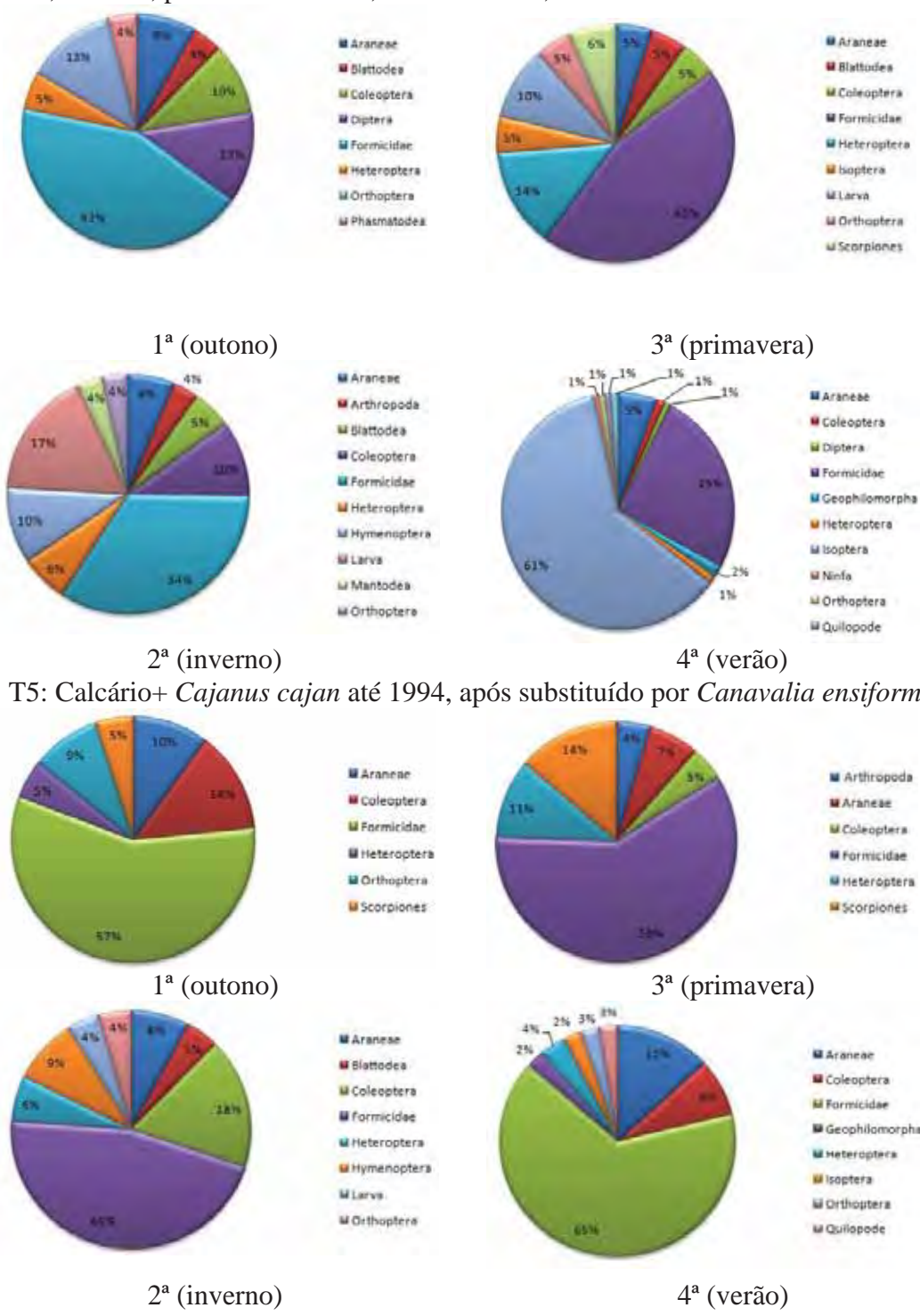
Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.9 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, dos tratamentos T3: *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T4: Calcário+ *Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2011



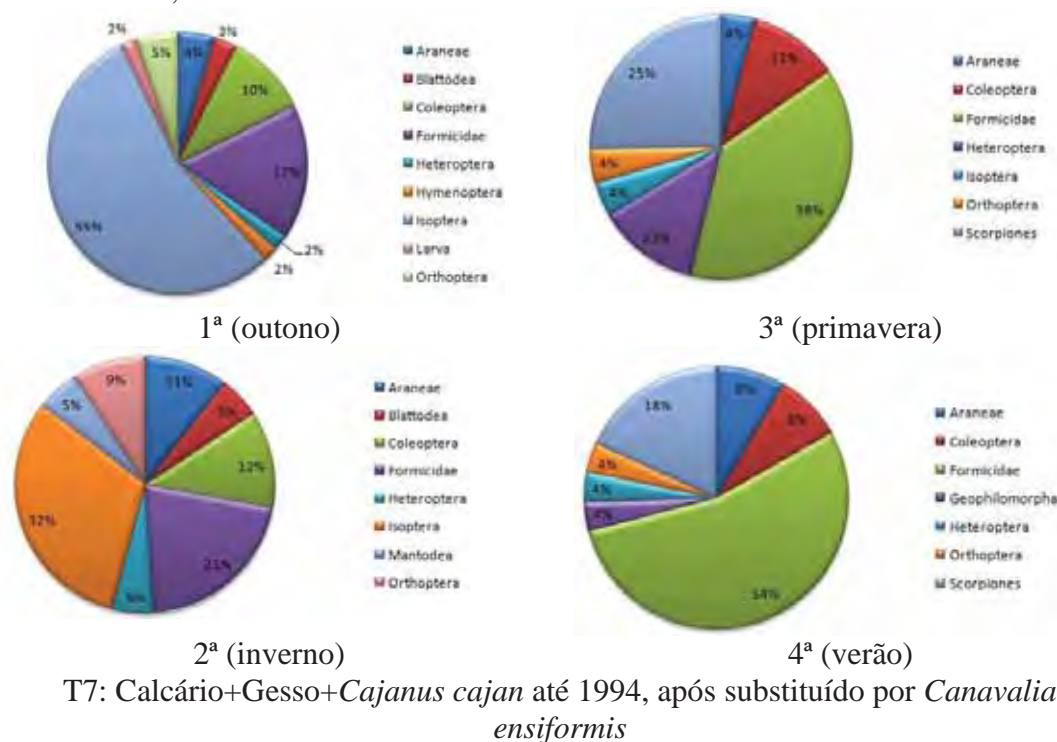
Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.10 - Distribuição dos grupos taxonômicos I da fauna epígea do solo, dos tratamentos T5: Calcário+ *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e T6: Calcário+Gesso+*Stizolobium aterrimum*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010.



Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.11 - Distribuição dos grupos taxonômicos da fauna epígea do solo, do tratamento T7: Calcário+Gesso+ *Cajanus cajan* até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis*, nas 4 épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010



Fonte: dados do próprio autor.

Os indivíduos pertencentes a ordem hymenoptera e isoptera são importantes agentes modificadores, mesmo em condições adversas (baixo teor de matéria orgânica). Além de serem os primeiros colonizadores em áreas de recuperação, os indivíduos dessas ordens possuem a capacidade de revolver o solo e fazer a inversão dos horizontes e a mineralização da matéria orgânica do solo (Sousa-Souto et al., 2007; Sousa-Souto et al., 2008). Com a construção de galerias no solo, alteram as suas propriedades físicas, e por meio de suas ações mecânicas no solo contribuem para a formação de agregados estáveis e proteção da matéria orgânica contra mineralização rápida (Decaens et al, 2003). Esse comportamento foi verificado por Barros et al. (2001) que estudando a presença de cupins em área de pastagem melhorou a estrutura e distribuição de poros da mesma. Isso mostra que a presença da fauna do solo é de suma importância na recuperação do solo e um ótimo indicador da qualidade. E Leonard and Rajot (2001) verificaram que a presença de cupins em áreas degradadas na Nigéria aumentou significativamente a infiltração de água no solo e o aumento de macroporos.

A área estudada está em processo de recuperação e os primeiros organismos a povoar a área são as formigas e o cupim (ordem Hymenoptera e Isoptera, respectivamente) e quando esse ambiente tiver condição edafoclimáticas para sustentar outros organismos, provavelmente eles surgirão.

A presença da ordem coleoptera nos tratamentos de recuperação mostra que a qualidade química do solo está superior a encontrada por Kitamura et al. (2008) em área semelhante. O papel dessa ordem no solo é de suma importância para a recuperação da qualidade físico-química, pelo revolvimento do solo, construção de galerias, ingestão de solo e transformação de partículas de solo em pellets (agente cimentante), decomposição de materiais orgânicos e reposição de nutrientes (Seastedt, 1984), colaborando extremamente para a recuperação da estrutura do solo.

Em relação à diversidade de ordens amostradas nos tratamentos de recuperação pode ser explicado pela presença da *B. decumbens* que torna mais adequado o ambiente (temperatura e umidade) e fornece alimento aos indivíduos epigéicos (Canto, 2000).

Pode-se verificar que a 3ª e 4ª épocas de amostragem foram as de maior número de ordens amostradas, que correspondem a primavera e verão, respectivamente.

No ano de 2010, nessas épocas, a temperatura e umidade do solo (Figuras 3.12 e 3.13) são mais favoráveis para o desenvolvimento da cobertura vegetal (*B. decumbens*) que fornece alimento e proteção para a população de fauna epígea. Verificou-se maior número de indivíduos da ordem coleóptera no verão em todos os tratamentos estudados. Também foi constatado a presença da ordem haploxida nos tratamentos T1, T2 e T4 no 4ª (verão) e T5 no 2ª (inverno), sendo que no T4 essa ordem representou 31% do total de indivíduos amostrados, essa ordem corresponde as minhocas que são indicadores de qualidade do solo (Kitamura, 2007). O mesmo autor verificou grande quantidade de indivíduos da ordem haplodaxida no cerrado e alguns em um tratamento de recuperação do solo que está em condições semelhantes a vegetação nativa do cerrado. Em 2001 (Figuras 3.14 e 3.15) o comportamento foi semelhante.

A ordem haploxida é conhecida por influenciar fortemente o ambiente em que vivem, é seus indivíduos são conhecidos como engenheiros do ecossistema, por desempenharem papel importante nos processos químicos, físicos e biológicos do solo (Dorgan et al., 2006; Meysman et al., 2006). A presença de minhocas nos tratamentos de recuperação mostra a melhoria na qualidade do solo, como: melhor aeração do solo (Devlieghe e Verstraete, 1997) e infiltração de água (Ehlers, 1975), transporte de água

e solutos (Beven e Germann, 1982), reduz o escoamento (Roth e Joschko, 1991) e melhora penetração das raízes (Whalley e Dexter, 1994) e finalmente, podem servir como espaço de vida para outros organismos do solo (Wickenbrock e Heisler, 1997).

Ainda em relação à época de amostragem, os tratamentos T1 e T4 foram os tratamentos com maior número de ordens amostradas e o T7 o de menor número em três épocas de amostragem. O T4 foi o maior em ordens amostradas principalmente no verão.

Para a interpretação da fauna epígea do solo em recuperação encontra-se na Tabela 3.1 e 3.2, respectivamente nos anos de 2010 e 2011, o total de organismos (TO), total de espécies (TE), índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E).

Em relação ao total de organismos, no ano de 2010, os tratamentos com menor número de indivíduos amostrados foram: T2, T3, T5 na 3ª época de amostragem e T2 e T4 na 4ª época de amostragem. Os tratamentos: T1, T2, T4, T6 e T7 foram os de menor desempenho quando comparados entre tratamentos para TO. Para o total de espécies, o T2 e T3 foram os tratamentos de maior número de espécies amostradas na primeira época de amostragem. E analisando o desempenho dos tratamentos o T1 na terceira época de amostragem foi o melhor.

O índice de diversidade de Shannon (H) foi o menor para T3 na 4ª época de amostragem, os demais foram iguais estatisticamente. Para o índice de equitabilidade de Pielou (E) os maiores valores foram encontrados na 4ª época de amostragem para os tratamentos T2 e T7.

Em relação ao total de organismos, foi observado na 3ª e 4ª coleta (primavera e verão, respectivamente) maior número de indivíduos e, para o total de espécies, um melhor desempenho na 3ª coleta (primavera), nos anos estudados. Esse comportamento foi influenciado pela época de amostragem, pois a 3ª coleta foi realizada em setembro, na primavera, época que inicia o período chuvoso na região e a 4ª coleta em dezembro, no verão, com maior disponibilidade de água, matéria orgânica proveniente da *B. decumbens* (neste período tem maior desenvolvimento) e melhor temperatura para o desenvolvimento dos indivíduos (Moço et al., 2005).

Além do TO e TE estudados, também foi estudado os índices de diversidade de Shannon (H) e equitabilidade de Pielou (E). O comportamento de H mostra que T4 e T6 foram os tratamentos com maior diversidade de indivíduos nos tratamentos com adubos

verdes e suas combinações. Kitamura et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes a este estudo, trabalhando em área degradada similar, verificaram que nos tratamentos com maior disponibilidade de nutrientes, a diversidade de indivíduos foi maior.

Já o índice de equabilidade de Pielou (E) indica que quanto mais próximos a 1,0, os grupos estão distribuídos de forma mais homogênea (Kitamura et al., 2008) e os resultados encontrados neste trabalho mostram que há uma diversidade nas ordens amostradas, com valores inferiores a 0,7. Dias et al. (2006) trabalharam em área de baixa fertilidade e verificaram valores baixos para a diversidade e uma homogeneidade dos grupos de organismos, resultados estes contrastantes aos verificados neste trabalho.

Os resultados encontrados para os índices avaliados mostram que a área experimental está recuperando a sua fauna do solo e o ambiente proporcionado (tratamentos de recuperação do solo) têm suporte para desenvolver e abrigar os indivíduos epígeos. O crescimento da população significa o estabelecimento de grupos e conseqüentemente, o crescimento e reprodução das espécies (Kitamura, 2007).

Com o estabelecimento dos indivíduos na área, pode-se afirmar que a área degradada está em processo de recuperação, pois segundo Alves (2001) a manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e o balanço da matéria orgânica são fundamentais, pois essa manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas por via biológica, isto é, por meio da ação de raízes, da atividade macro e microbiana e da decomposição da matéria orgânica.

O monitoramento da temperatura e da umidade do solo (Figuras 3.12 e 3.13) auxiliou na compreensão do comportamento da fauna epígea do solo. O mesmo mostrou que nas épocas mais secas (1ª e 2ª coletas) com menor temperatura e umidade do solo, a população desses indivíduos foi menor. Já nas outras épocas maiores temperatura, e umidade do solo o aumento de organismos e espécies na área foi evidente. Com maior umidade do solo, no verão, a presença de minhocas foi verificada e esse comportamento também foi comprovado por Maraun et al. (2001).

A temperatura máxima e mínima, nas quatro épocas de avaliações da fauna epígea, tendeu a ser menor nos tratamentos com adubos verdes e suas combinações (Figura 3.12 e 3.14). Resultados concordantes com os melhores índices quanto a diversidade e equitabilidade da fauna epígea verificadas.

Tabela 3.1 - Total de organismos (TO), total de espécies (TE), índice de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para a fauna epigea do solo, nos tratamentos e épocas de amostragem, Selvíria – MS, Brasil. 2010.

Tratamentos	1ª (Outono)				2ª (Inverno)			
	TO	TE	H	E	TO	TE	H	E
T1	12,50	2,50	0,72	0,62	13,17	3,18	0,78	0,64
T2	17,29	3,63	0,85	0,76	11,00	3,29	0,83	0,70
T3	14,15	4,00	0,59	0,51	14,14	3,00	0,73	0,63
T4	13,50	3,29	0,70	0,72	7,83	3,50	0,98	0,78
T5	13,00	3,14	0,73	0,66	10,85	3,18	0,88	0,69
T6	11,56	2,71	0,62	0,48	13,00	3,63	1,00	0,79
T7	17,14	3,00	0,90	0,74	8,28	2,57	0,70	0,72
Tratamentos	3ª (Primavera)				4ª (Verão)			
	TO	TE	H	E	TO	TE	H	E
T1	19,75	4,75	0,93	0,59	17,70	3,00	0,72	0,62
T2	16,00	4,00	1,02	0,76	5,33	3,18	0,85	0,76
T3	15,28	3,71	0,70	0,53	13,44	2,71	0,59	0,51
T4	17,00	3,86	1,02	0,76	8,15	2,71	0,62	0,61
T5	11,85	3,38	0,92	0,79	15,85	2,85	0,68	0,61
T6	24,25	4,13	0,86	0,62	19,85	3,14	0,66	0,51
T7	21,71	4,18	0,89	0,78	19,57	2,85	0,92	0,76

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5 % de probabilidade). Legenda: T1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; T2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; T4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; T5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; T6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Os tratamentos de recuperação do solo com adubos verdes e suas combinações foram semelhantes quanto ao teor de matéria orgânica e também a maior quantidade de indivíduos da ordem Hymenoptera, concordando com Sousa-Souto et al. (2005) que afirmam que a presença desses indivíduos, aumenta a ciclagem de nutrientes e conseqüentemente o teor de alguns nutrientes do solo e conseqüentemente o maior teor de MO no solo aumenta a população da fauna do solo (Maraun et al., 2001).

Tabela 3.2 - Total de organismos (TO), total de espécies (TE), índice de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para a fauna epigea do solo, nos tratamentos e épocas de amostragem, Selvíria – MS, Brasil. 2011.

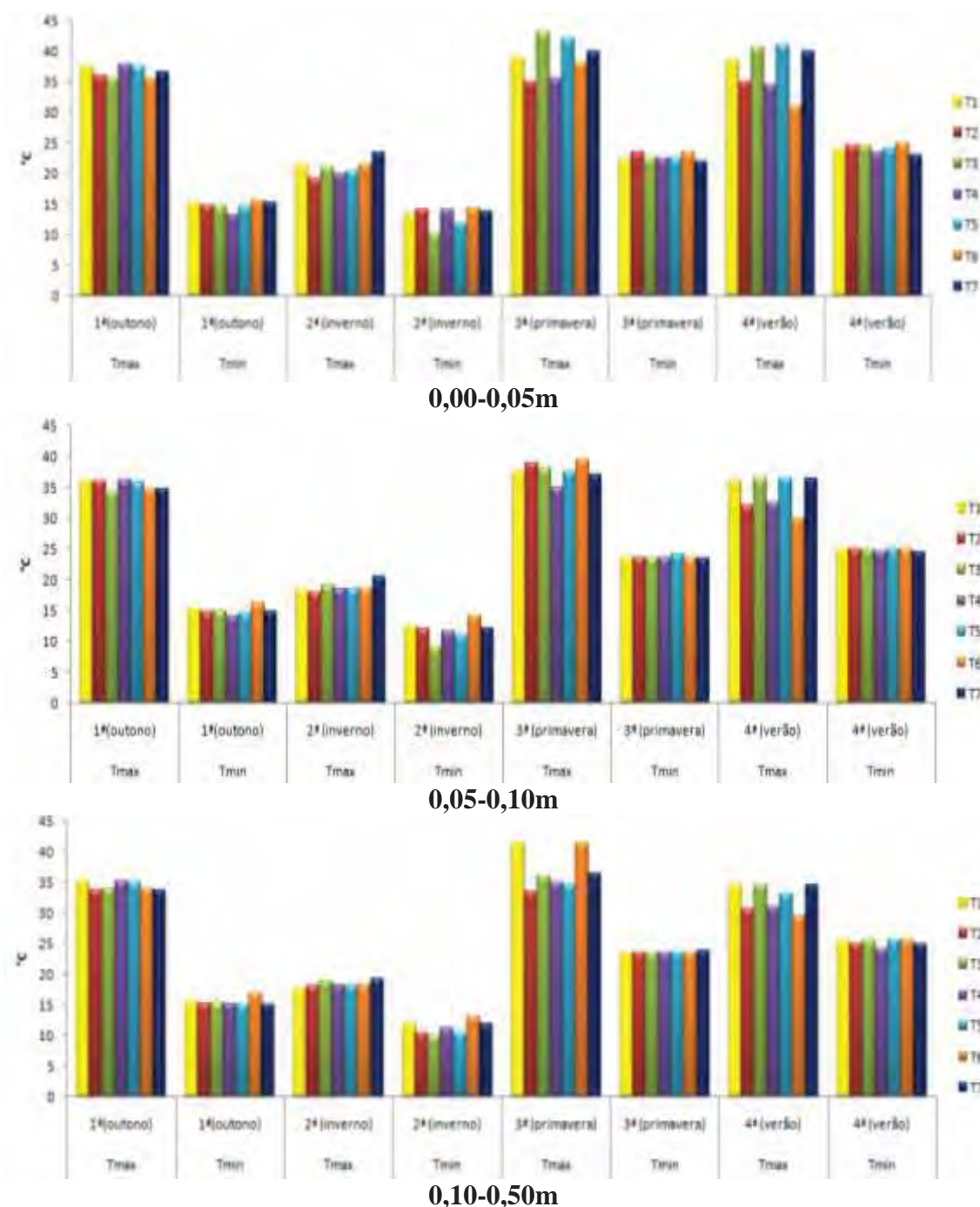
Tratamentos	1ª (Outono)				2ª (Inverno)			
	TO	TE	H	E	TO	TE	H	E
T1	19,50	4,00	1,40	0,72	16,38	3,88	1,56	0,80
T2	15,75	4,13	1,38	0,66	18,13	3,88	1,10	0,50
T3	30,88	4,75	1,54	0,74	11,63	3,50	1,39	0,67
T4	21,13	4,75	1,60	0,77	14,25	4,25	1,59	0,82
T5	16,25	3,75	1,22	0,63	15,50	4,75	1,47	0,71
T6	16,25	3,50	1,39	0,67	14,00	3,38	1,21	0,55
T7	20,63	3,88	1,28	0,66	8,25	3,00	1,51	0,69

Tratamentos	3ª (Primavera)				4ª (Verão)			
	TO	TE	H	E	TO	TE	H	E
T1	18,63	2,38	0,98	0,47	52,13	3,50	1,11	0,53
T2	15,25	2,63	0,54	0,28	39,50	4,38	0,95	0,49
T3	15,50	2,63	0,93	0,52	33,00	3,75	1,30	0,67
T4	11,63	2,88	1,26	0,65	28,38	4,13	1,25	0,57
T5	11,38	3,13	0,79	0,41	50,50	4,75	0,84	0,47
T6	14,88	2,00	0,74	0,38	35,13	4,13	0,83	0,40
T7	11,63	2,25	1,11	0,57	21,00	4,00	0,90	0,46

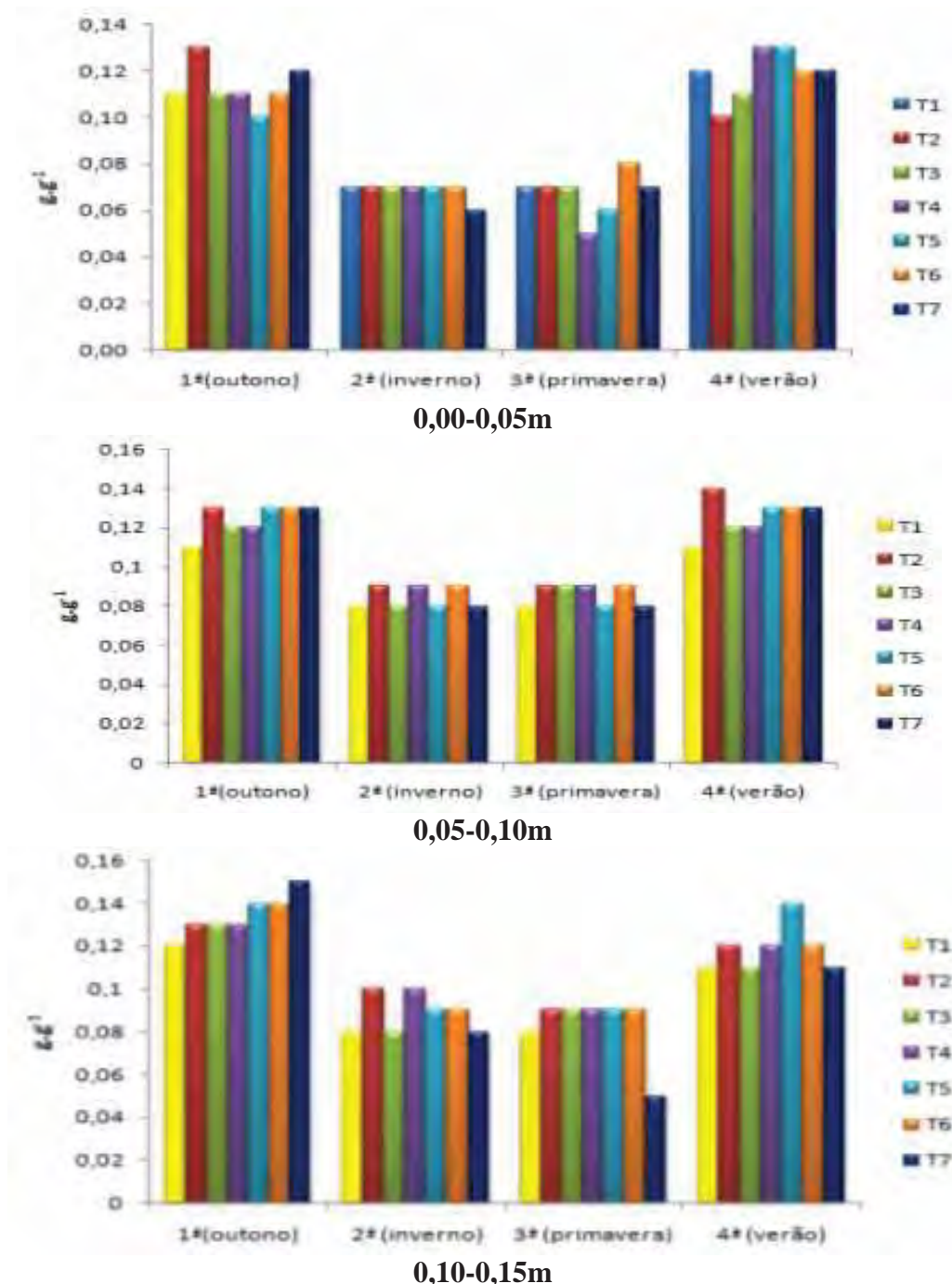
Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5 % de probabilidade). Legenda: T1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; T2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; T4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; T5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; T6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.12 - Temperatura máxima e mínima -  $T_{max}$  e  $T_{min}$  (°C) nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2010.



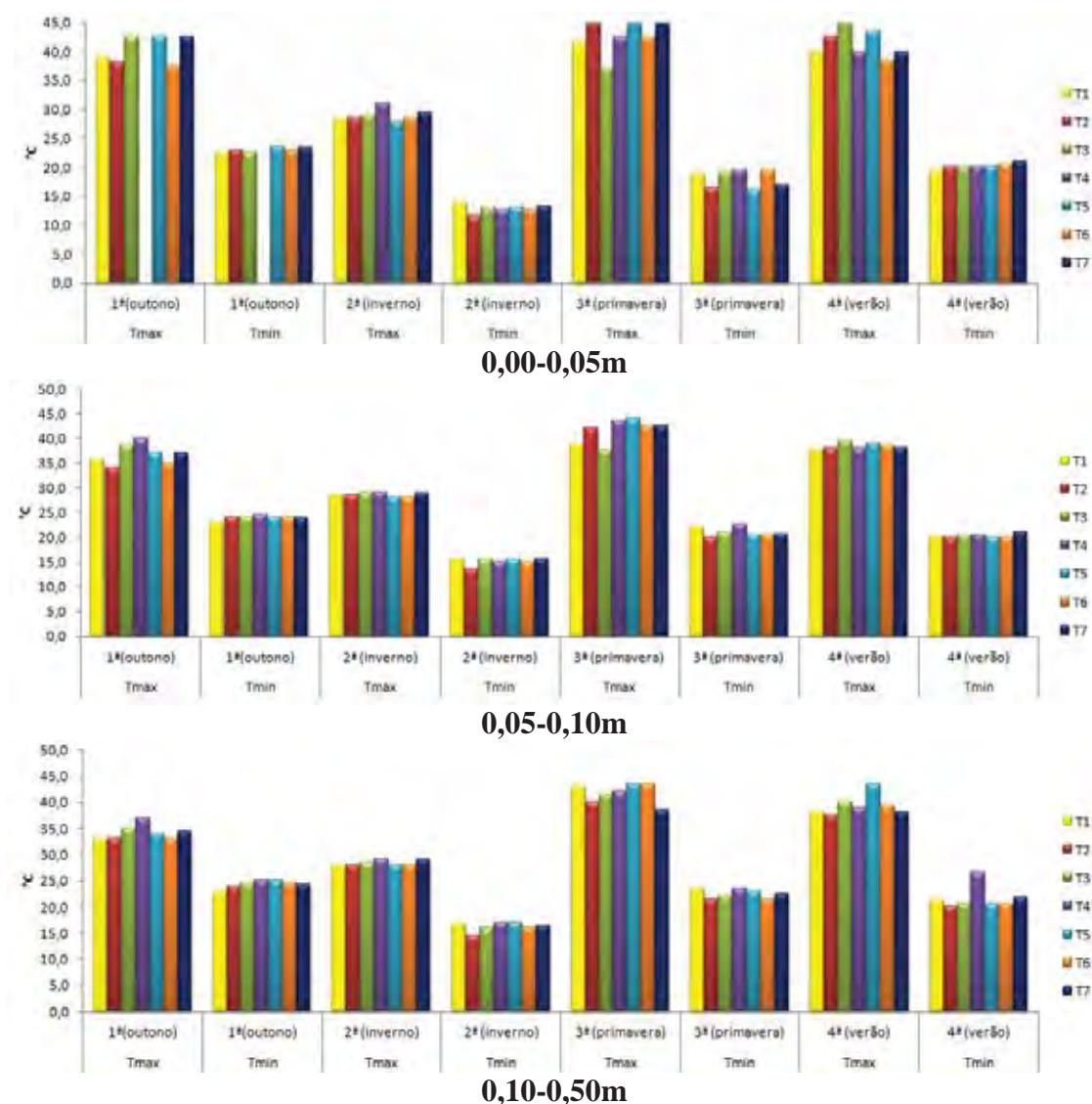
Legenda: T1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; T2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; T4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; T5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; T6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.13 - Umidade do solo – Ug ( $g\ g^{-1}$ ) nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2010.



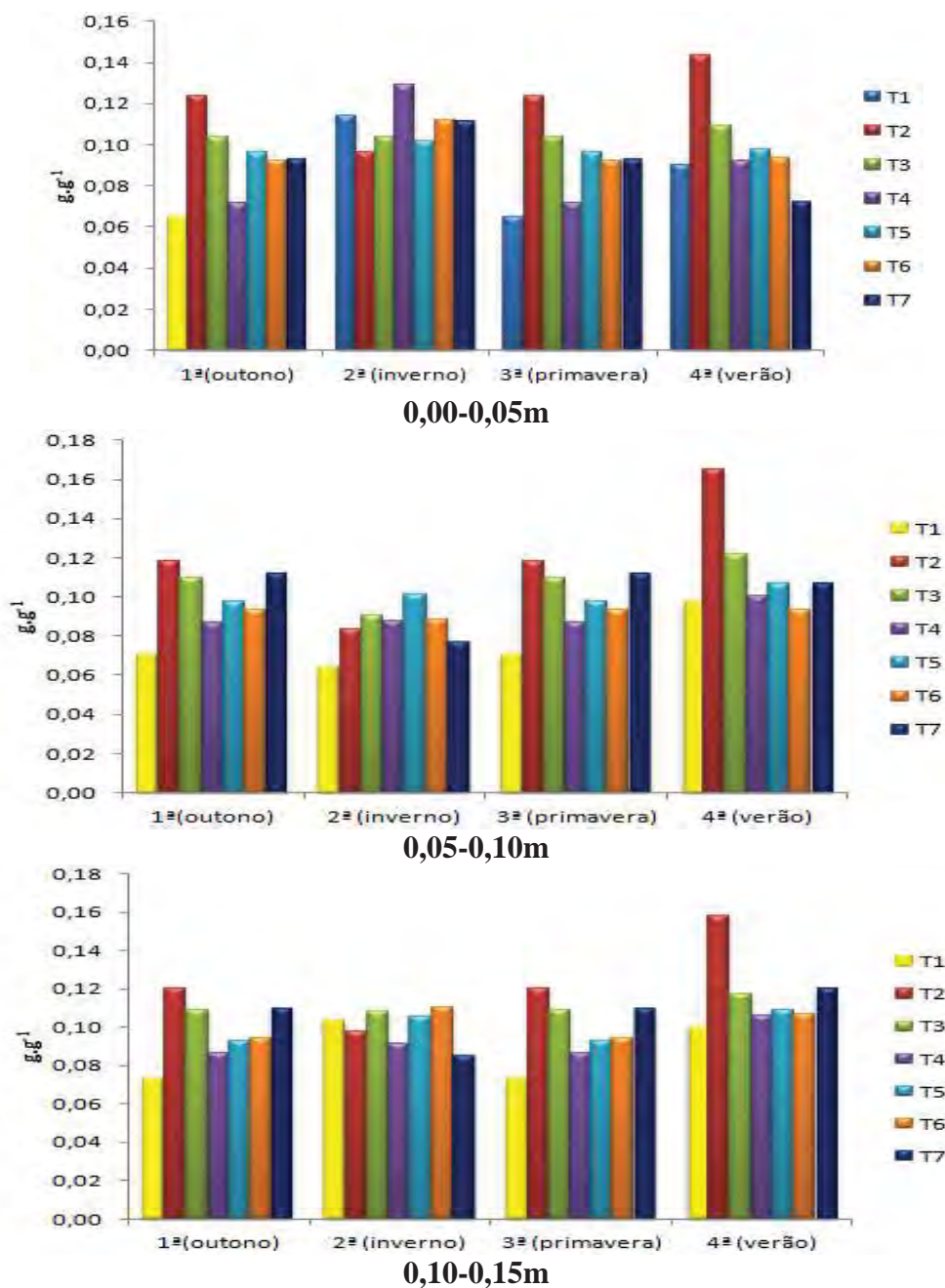
Legenda: T1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; T2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; T4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; T5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; T6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.14 - Temperatura máxima e mínima -  $T_{\max}$  e  $T_{\min}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – MS, Brasil. 2011.



Legenda: T1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; T2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; T4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; T5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; T6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.15 - Umidade do solo –  $U_g$  ( $g\ g^{-1}$ ) nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15m, para os tratamentos estudados e épocas de amostragem: outono, inverno, primavera e verão, Selvíria – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2011



Legenda: T1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; T2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; T4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; T5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; T6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; T7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

### 3.4.2 *Macrorganismos*

Para os macroorganismos, a representação gráfica da 1ª coleta, nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m e da 2ª coleta, nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, nos anos de 2010 e 2011, encontram-se nas Figuras 3.16 a 3.27. O total de organismos (TO) e o total de espécies (TE), nas duas épocas de coleta (verão e inverno) encontram-se na Tabela 20 e os índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E), para os anos estudados, encontram-se nos Tabelas 3.3 a 3.6.

Os macroorganismos encontrados foram: aranha (Ordem Arachnida); barata (Ordem Blattaria); besouro (Ordem Coleoptera); centopéia (Ordem Geophilomorfa); cigarrinha (Ordem Hemiptera); cupim (Ordem Isoptera); formiga (Ordem Hymenoptera); grilo (Ordem Orthoptera); larvas; lacraia (Ordem Dermaptera); minhoca (Ordem Haplotaxida); percevejo (Ordem Hemiptera); pupas; piolho de cobra (Ordem Polydesmida); tesourinha (Ordem Dermaptera) e ovos.

Em 2010, na 1ª coleta (julho), foi encontrado nos tratamentos de recuperação, uma maior variedade de espécies e menor variedade na testemunha: solo exposto, e esse comportamento diminuem em profundidade. A maior diversidade de espécies e maior número de indivíduos encontrados conferem com o encontrado por Oliveira, Castilho e Serrano (2005). Na 2ª coleta (dezembro), foi verificada em todos os tratamentos e nas testemunhas uma menor variedade de espécies, mas em compensação um maior número de indivíduos e segundo Kitamura (2008) esse comportamento sugere a capacidade da macrofauna em colonizar as áreas degradadas, ou seja, este novo ambiente que está se desenvolvendo. Esse aumento da densidade de população significa o estabelecimento dos grupos e, conseqüentemente, o crescimento e reprodução das espécies.

Em 2011, para a 1ª coleta (julho) foi verificado o mesmo comportamento de 2010, mas na 2ª coleta (dezembro), houve um aumento de indivíduos amostrados, mas não do número de espécies.

Tabela 3.3 - Total de organismos (TO) e total de espécies (TE) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta, Selvíria, MS. 2010.

1ª época de coleta (julho – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	TO	TE	TO	TE	TO	TE
SM	30	8	9	5	36	3
M	96	8	45	3	47	7
G/F	23	7	42	6	19	5
C+M	12	7	24	8	40	6
C+G/F	21	7	31	4	10	4
C+Ge+M	87	7	28	7	8	5
C+Ge+G/F	19	7	15	5	17	7
SE	23	6	37	7	38	6
MA	5	2	5	2	2	2
2ª época de coleta (dezembro – 2010)	Camadas do solo (m)					
Tratamentos	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	TO	TE	TO	TE	TO	TE
SM	216	4	93	7	31	4
M	114	6	49	6	139	5
G/F	365	5	148	6	63	5
C+M	58	3	424	3	27	3
C+G/F	51	4	55	4	43	4
C+Ge+M	198	4	35	6	287	5
C+Ge+G/F	104	4	7	3	1	1
SE	216	4	93	7	31	4
MA	114	6	49	6	139	5

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantado Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CMP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituído por Braquiária; CGe/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CGeMP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; CGeG/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

O total de organismos do solo (TO) apresentou comportamento diferente, nas épocas de coleta estudadas, sendo que no verão foi observado maior número de organismo e também foi verificado maior número de espécies (TE). Em relação a distribuição dos organismos e espécies, o comportamento foi semelhante em todos os tratamentos e anos estudados.

Tabela 3.4 - Índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta (julho e dezembro de 2010), Selvíria, MS. 2010.

1ª época de coleta (julho – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	H	E	H	E	H	E
SM	1,20	0,62	1,53	0,85	0,95	0,68
M	0,51	0,24	0,53	0,48	0,66	0,34
G/F	1,53	0,79	0,49	0,27	0,94	0,53
C+M	1,04	0,53	1,52	0,73	0,95	0,53
C+G/F	1,01	0,52	0,58	0,42	0,69	0,50
C+Ge+M	0,24	0,12	1,06	0,55	1,16	0,72
C+Ge+G/F	1,23	0,63	1,16	0,72	1,39	0,72
SE	0,20	0,29	0,50	0,72	0,60	0,86
MA	1,29	0,72	1,32	0,68	0,48	0,27
2ª época de coleta (dezembro – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	H	E	H	E	H	E
SM	0,27	0,19	0,44	0,32	1,28	0,71
M	1,04	0,65	1,14	0,71	0,96	0,87
G/F	0,18	0,11	0,17	0,16	1,16	0,84
C+M	0,75	0,68	0,42	0,23	0,30	0,18
C+G/F	0,65	0,47	0,71	0,34	0,96	0,60
C+Ge+M	0,44	0,31	0,77	0,43	0,84	0,77
C+Ge+G/F	0,55	0,40	0,59	0,30	0,87	0,62
SE	0,18	0,16	0,98	0,71	0,00	0,00
MA	0,58	0,30	0,17	0,15	0,21	0,13

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantado Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CMP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituído por Braquiária; CGe/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CGeMP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; CGeG/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

No estudo dos macroorganismos do solo, a diversidade e equitabilidade são características que devem ser analisadas. Quanto maior o índice de Shannon, maior a diversidade da população de macroorganismos e o índice de Pielou quanto mais próximo de 1 maior a equitabilidade da população, ou seja mais homogênea a população de indivíduos.

Neste estudo foi verificado, valores baixos para o índice de Pielou para a maioria dos tratamentos de recuperação indicando variedade da fauna do solo. Para o índice de Shannon os valores encontrados são semelhantes aos encontrados em KITAMURA (2008).

Tabela 3.5 - Total de organismos (TO) e total de espécies (TE) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta, Selvíria, MS. 2011.

1ª época de coleta (julho – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	TO	TE	TO	TE	TO	TE
SM	6	3	20	1	6	2
M	22	2	8	3	10	2
G/F	35	2	6	2	4	2
C+M	12	2	5	1	5	1
C+G/F	10	2	4	3	2	1
C+Ge+M	14	1	8	1	7	2
C+Ge+G/F	1	1	4	2	1	3
SE	11	4	12	3	7	4
MA	3	1	1	1	1	1

2ª época de coleta (dezembro – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	TO	TE	TO	TE	TO	TE
SM	54	2	28	2	8	3
M	27	3	8	2	1	1
G/F	90	3	51	2	8	3
C+M	15	2	23	3	35	2
C+G/F	13	2	23	3	16	2
C+Ge+M	49	2	12	2	7	1
C+Ge+G/F	26	2	37	3	115	2
SE	27	3	106	2	72	3
MA	9	1	6	1	1	1

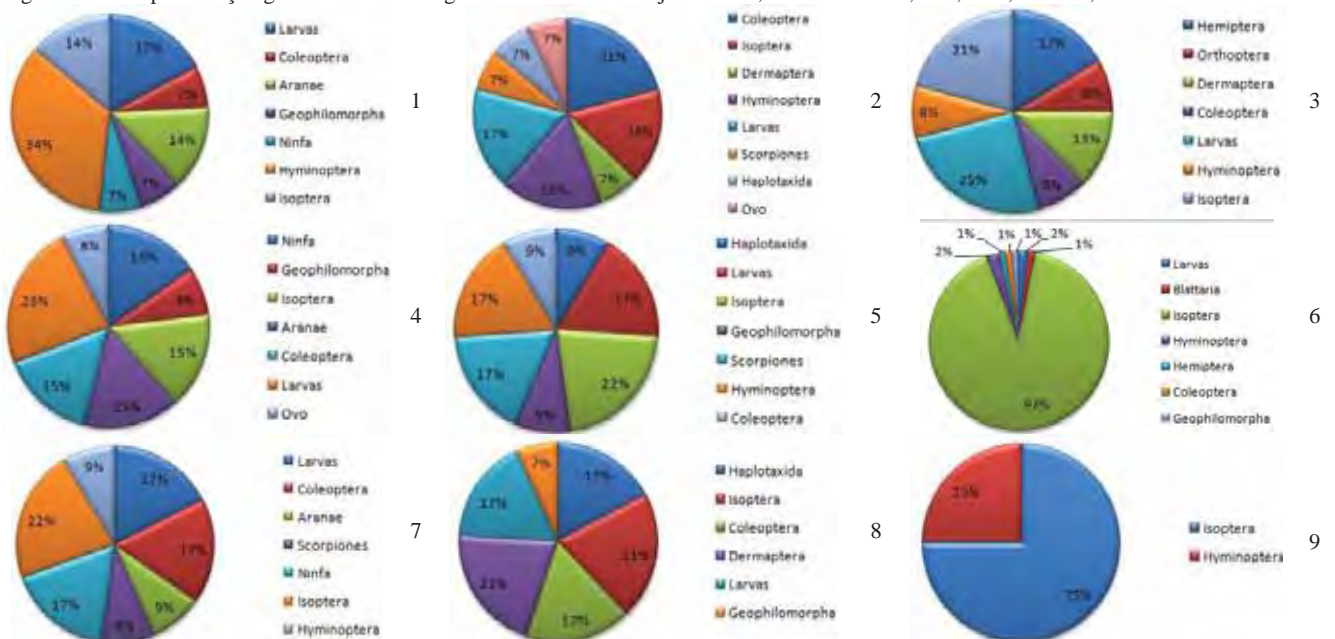
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantado Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CMP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituído por Braquiária; CGe/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CGeMP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; CGeG/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Tabela 3.6 - Índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (E) para os macrorganismos, nos tratamentos e diferentes épocas de coleta (julho e dezembro de 2011), Selvíria, MS. 2011.

1ª época de coleta (julho – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	H	E	H	E	H	E
SM	1,26	0,78	0,12	0,17	0,90	0,56
M	0,42	0,26	1,41	0,73	0,65	0,59
G/F	0,33	0,23	1,10	0,79	1,37	0,85
C+M	0,71	0,51	0,50	0,46	0,83	0,60
C+G/F	0,64	0,58	1,05	0,58	0,50	0,72
C+Ge+M	0,19	0,27	0,52	0,48	0,53	0,48
C+Ge+G/F	1,04	0,95	1,09	0,78	1,27	0,71
SE	0,98	0,71	0,00	0,00	0,69	1,00
MA	1,35	0,97	1,15	0,59	1,35	0,84
2ª época de coleta (dezembro – 2010)	Camadas do solo (m)					
	0,00-0,05		0,05-0,10		0,10-0,15	
Tratamentos	H	E	H	E	H	E
SM	0,18	0,13	0,54	0,39	1,29	0,80
M	1,04	0,65	1,07	0,77	0,96	0,87
G/F	0,22	0,14	0,26	0,23	1,24	0,77
C+M	0,75	0,68	0,45	0,25	0,32	0,23
C+G/F	0,65	0,47	0,70	0,36	0,67	0,42
C+Ge+M	0,48	0,43	1,04	0,58	0,84	0,77
C+Ge+G/F	0,60	0,37	0,59	0,30	0,87	0,62
SE	0,24	0,22	0,98	0,71	0,00	0,00
MA	0,63	0,32	0,17	0,15	0,17	0,15

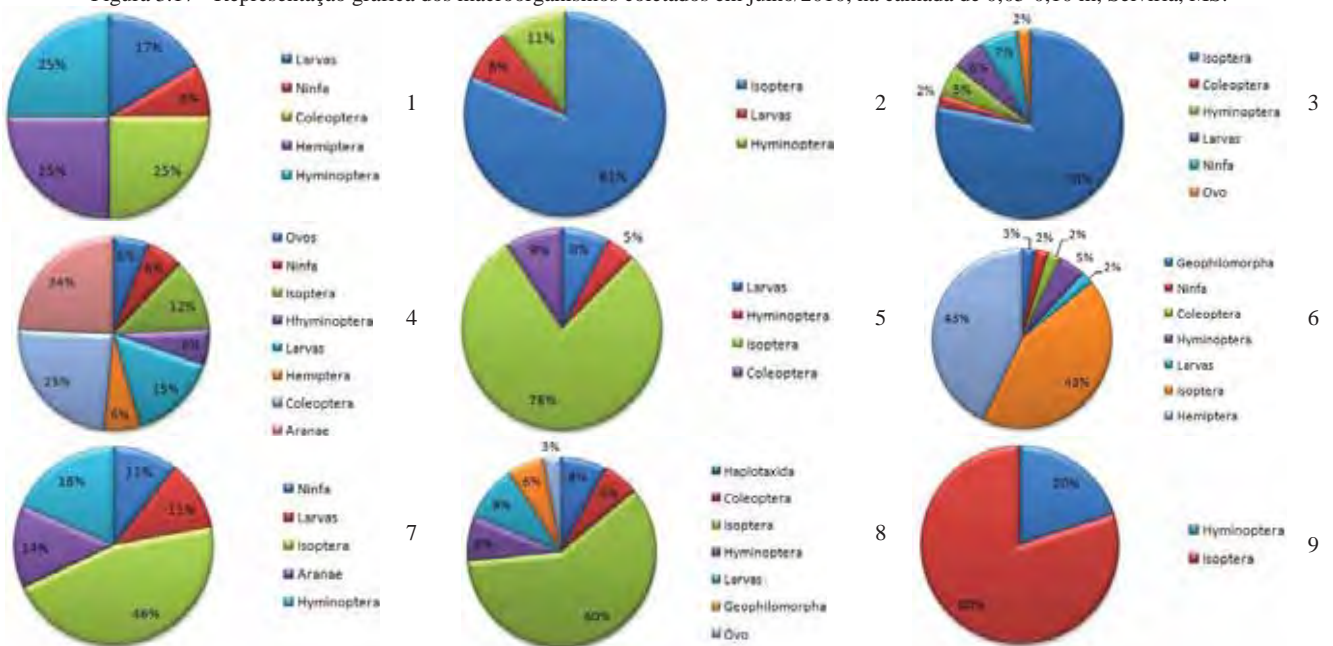
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantado Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CMP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituído por Braquiária; CGe/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; CGeMP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituído por Braquiária; CGeG/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária; MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.16 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS.



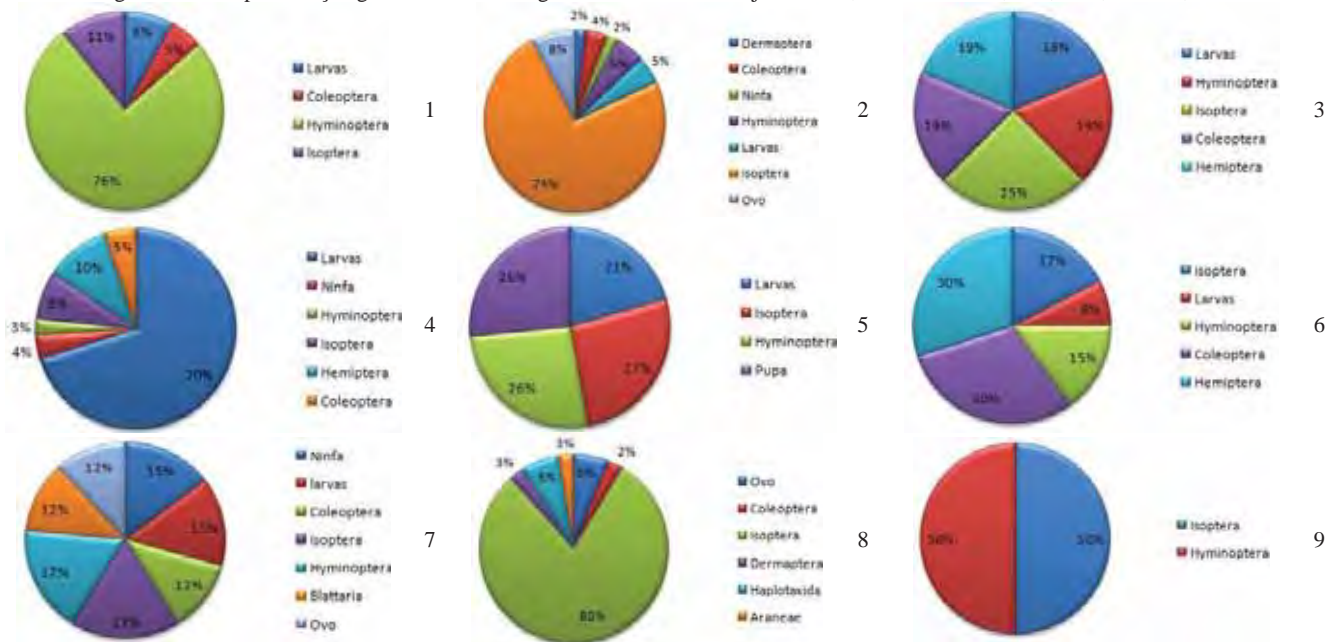
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.17 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS.



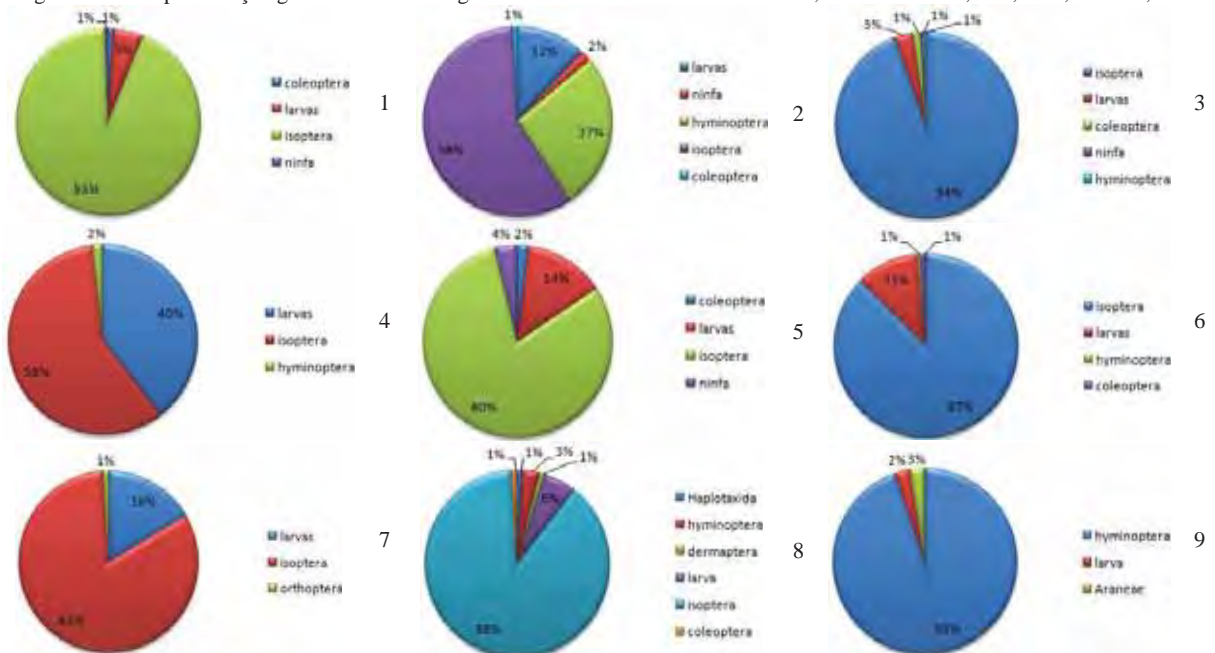
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.18 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2010, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS.



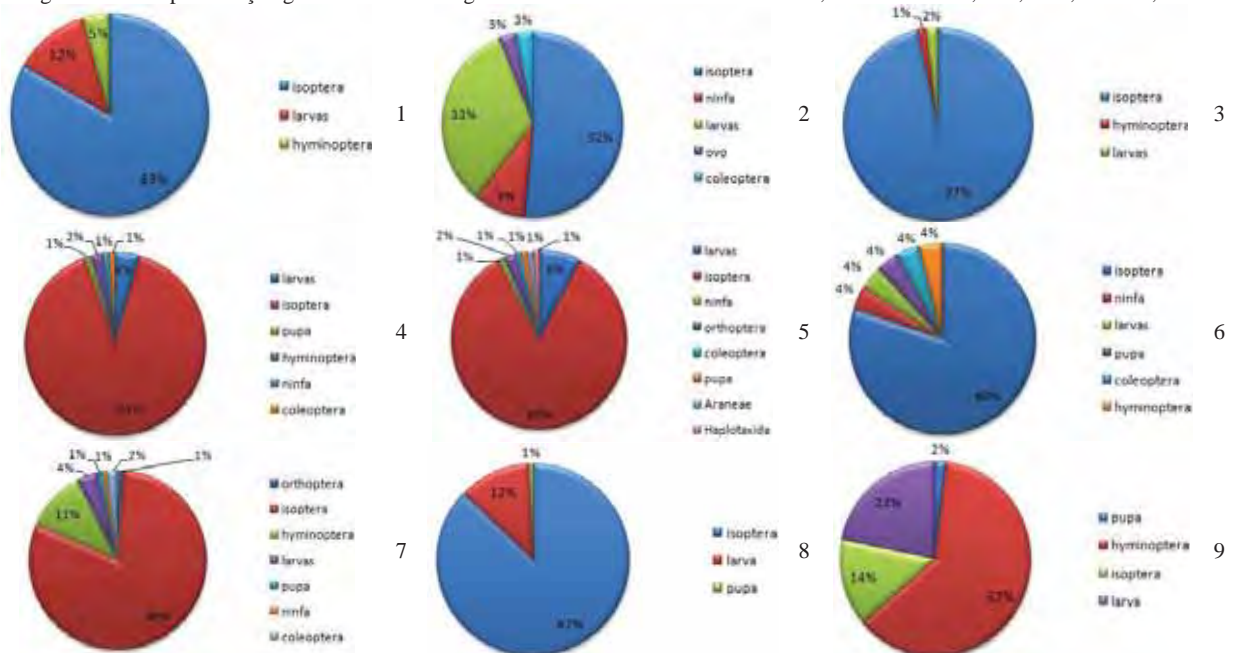
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.19 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS.



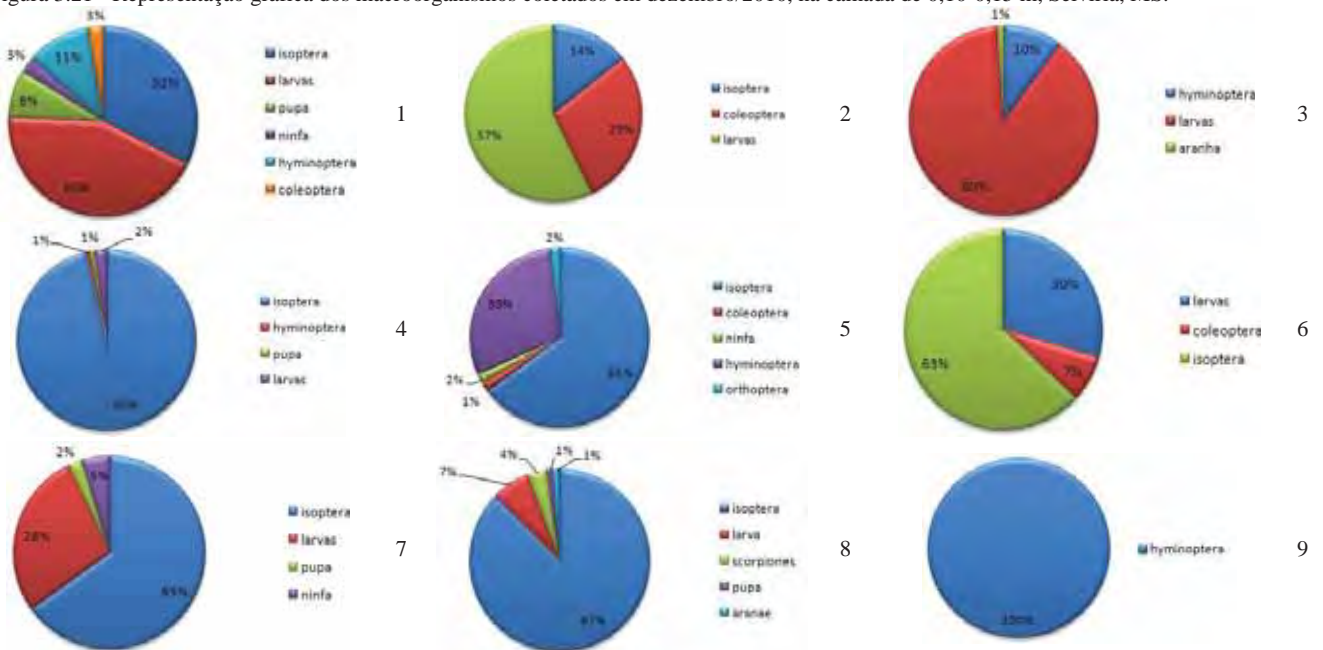
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens* Fonte: dados do próprio autor..

Figura 3.20 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS.



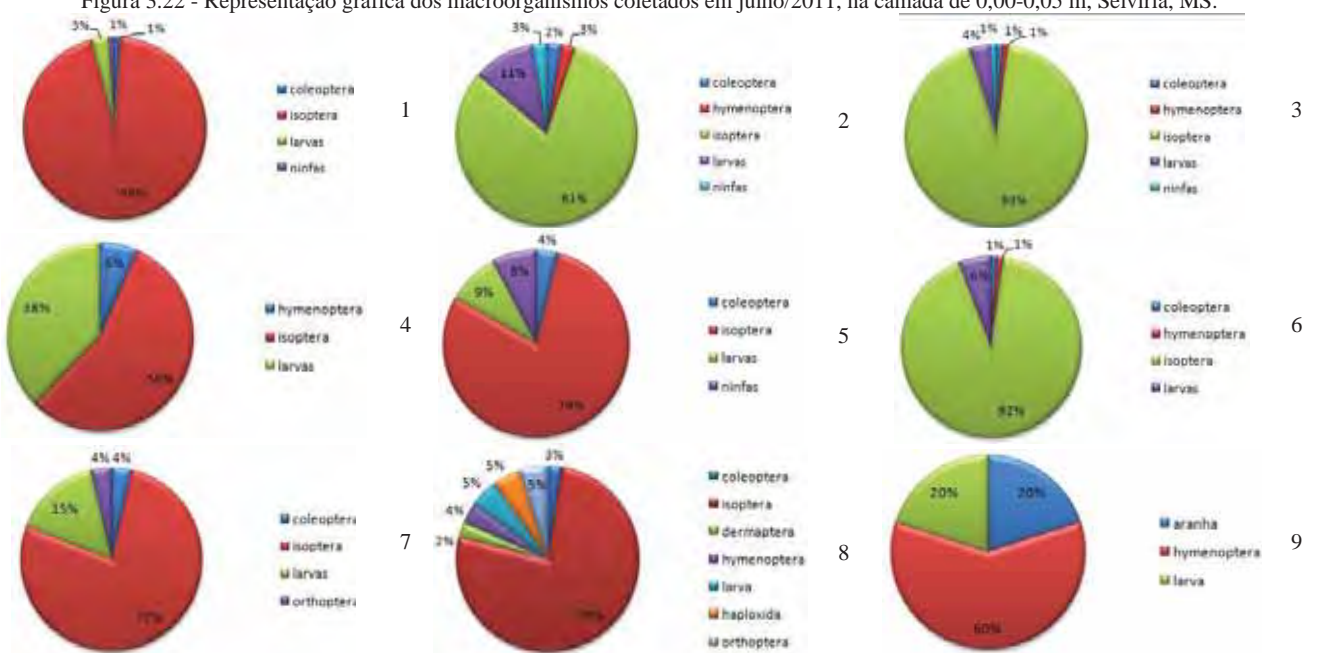
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.21 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2010, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS.



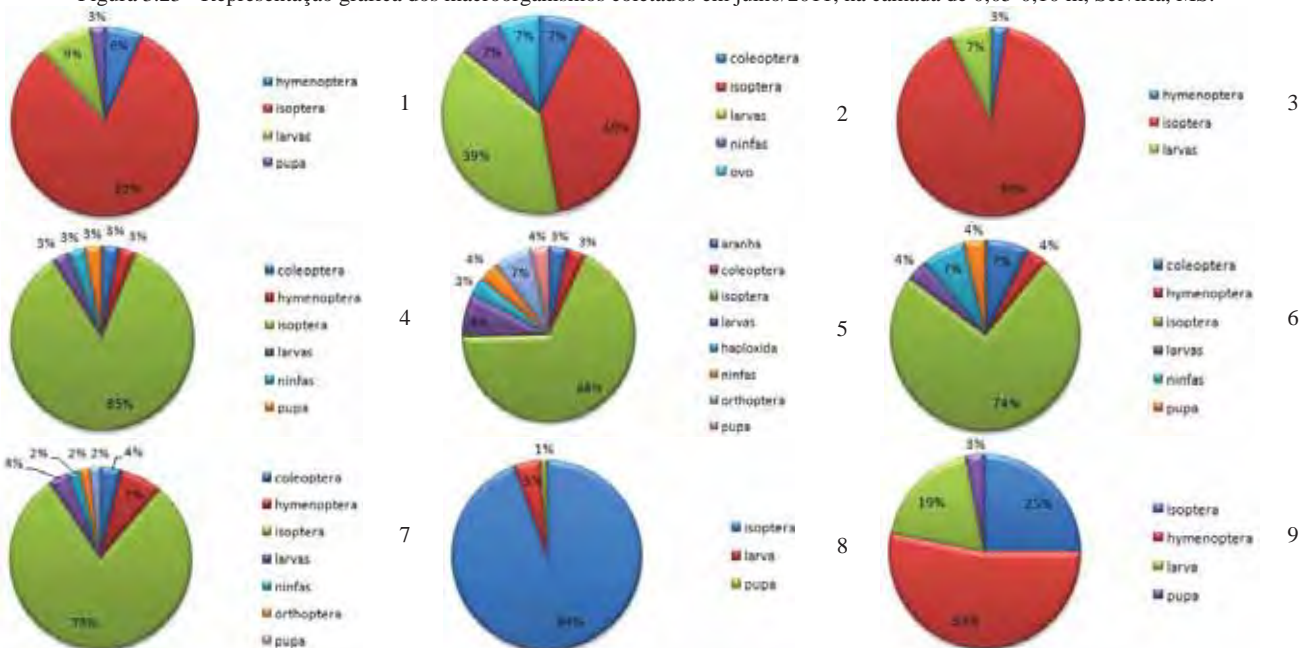
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.22 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2011, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS.



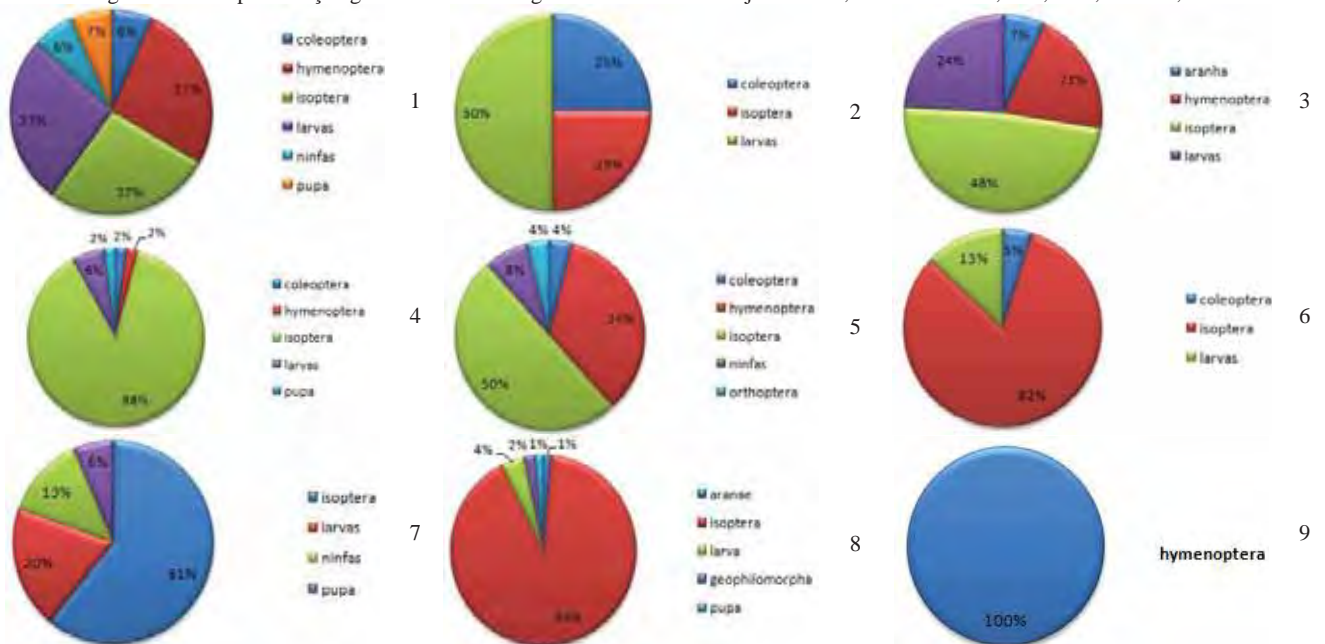
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.23 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2011, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS.



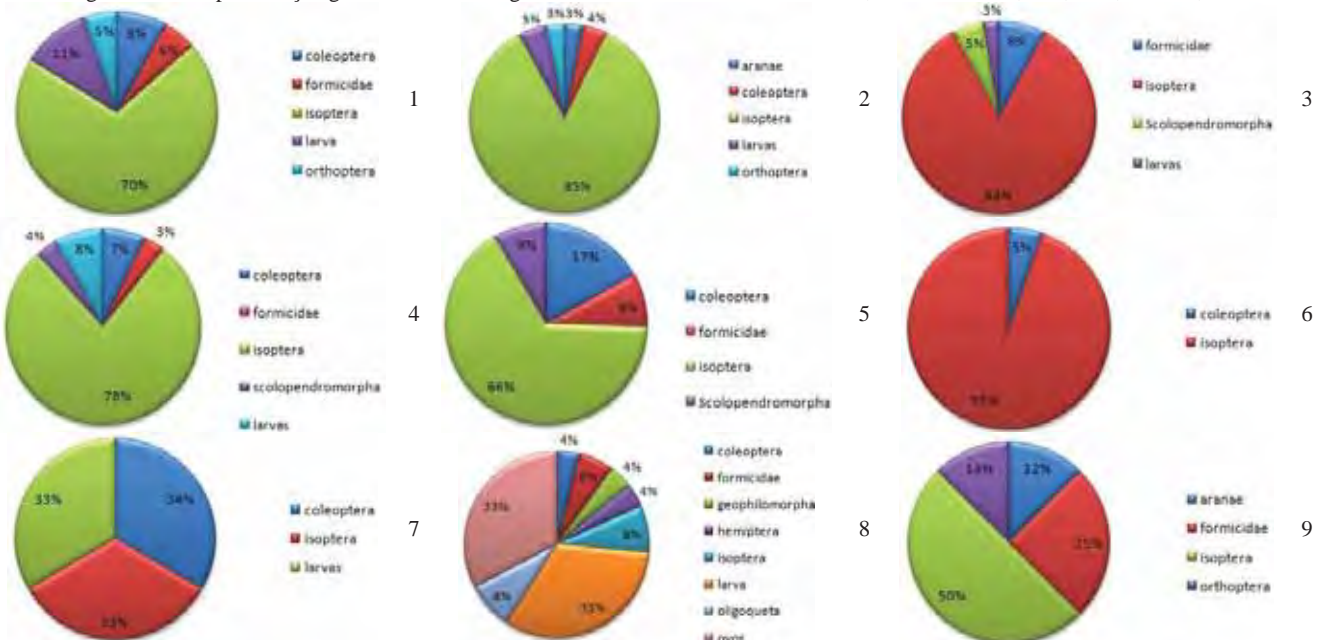
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.24 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em julho/2011, na camada de 0,10-0,15 m, Selvíria, MS.



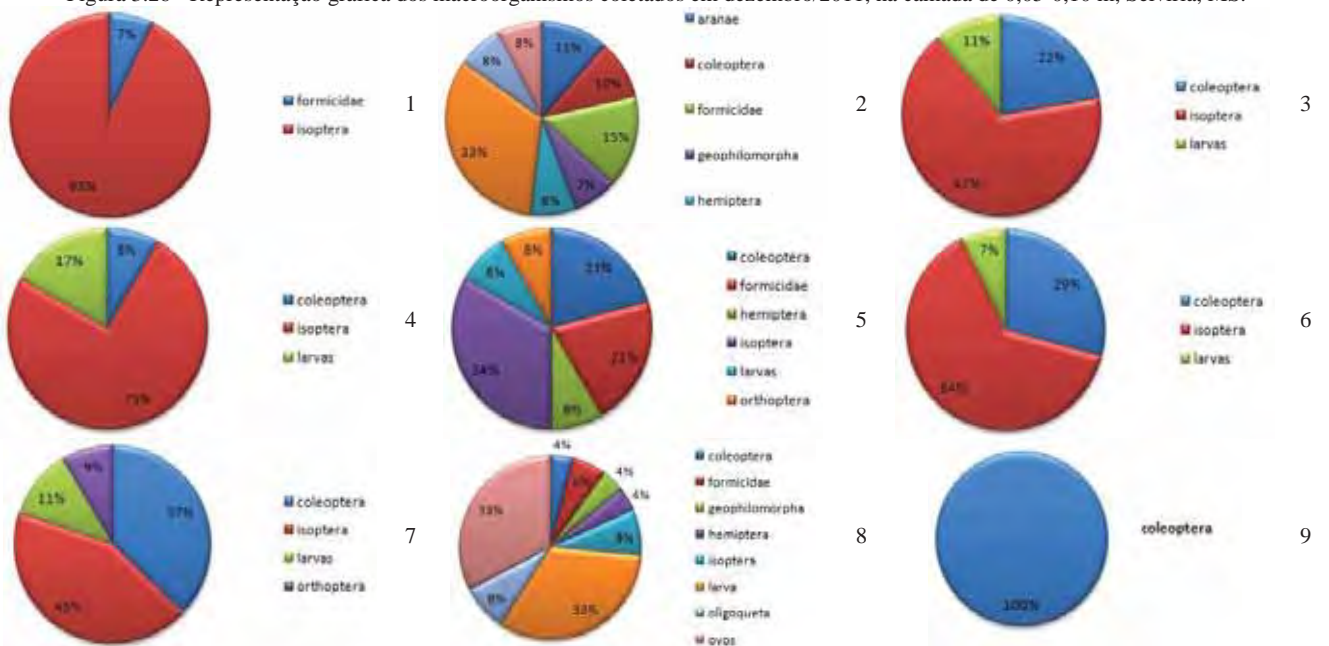
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.25 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2011, na camada de 0,00-0,05 m, Selvíria, MS.



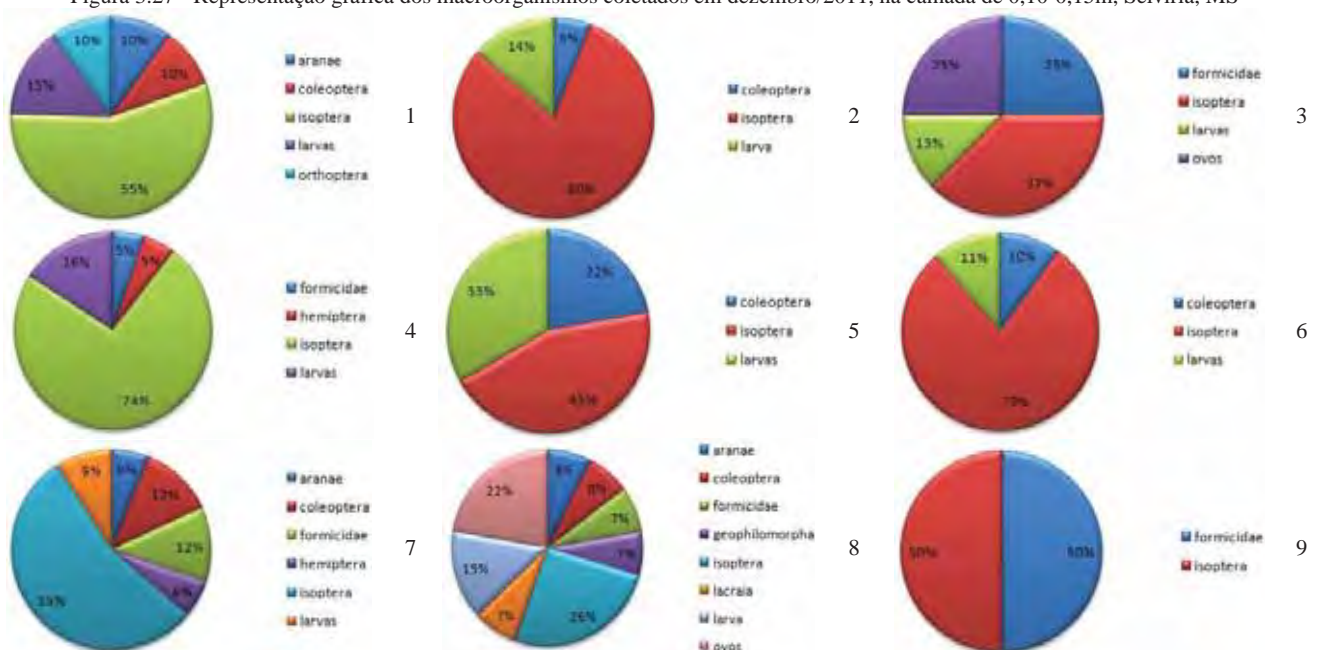
Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.26 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2011, na camada de 0,05-0,10 m, Selvíria, MS.



Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 3.27 - Representação gráfica dos macroorganismos coletados em dezembro/2011, na camada de 0,10-0,15m, Selvíria, MS



Legenda: 1: Testemunha, sendo o solo mobilizado sem o cultivo de plantas, até 1999, após foi implantada a *Brachiaria decumbens*; 2: *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 3: *Cajanus cajan* (L.) Millsp, até 1994, após substituído por *Canavalia ensiformis* e partir de 1999 implantada a *B. decumbens*; 4: Calcário + *S. aterrimum* até 1999, após implantada a *B. decumbens*; 5: Calcário + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*; 6: Calcário + Gesso + *S. aterrimum* até 1999 após implantada a *B. decumbens*; 7: Calcário + Gesso + *C. cajan* até 1994, após substituído por *C. ensiformis* e a partir de 1999 foi implantada a *B. decumbens*. Fonte: dados do próprio autor.

### 3.5 Conclusões

A fauna epígea foi um bom indicador da recuperação do solo.

A fauna do solo foi influenciada pelos tratamentos usados para a recuperação do solo. Os indivíduos de maior ocorrência foram os das ordens hymenoptera, isoptera e coleoptera.

O estabelecimento de *B. decumbens* durante 11 anos consecutivos, contribuiu para o maior número de ordens e indivíduos na área experimental.

O solo estudado apresentou comportamento que indicam recuperação de suas propriedades.

### 3.6 Referencias

- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.** 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N.; Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 33-43, 2006
- ANDERSON, J. N. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 24, p. 5-14, 1998.
- ANTONIOLLI, Z. I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável.** Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2005. 516 p.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do Solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 2, p. 97-106, 2003.
- BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; A. CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an Oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, New York, v. 100, p. 193–213, 2001.
- BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 40, p. 147-154, 2004.
- BEVEN, K. ; GERMANN, P. Macropore and water flow in soil. **Water Resource Research**, New York, v. 18, p. 1311-1325, 1982.
- BROWN, G.G.; BENITO, N.P. PASINI, A. et al. Notillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, Gena, v. 47, p. 764-771, 2003.
- CANTO, A. Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia central. **Série Ciências Agrárias**, Manaus, v. 9 n. 1, p. 79-94, 2000.
- CHOWDHURY, M. S. H.; HALIM, M.A.; BISWAS, S.; HAQUE, S. M. S; MUHAMMED, N.; KOIKE, M. Comparative evaluation of physical properties in soils

of orange orchard and bushy forest in chittagong hill tracts, Bangladesh. **Journal of Fforaminiferal Research**, Washington, v. 18, p. 245–248, 2007.

COLEMAN, D. C., GROSSLEY, D. A. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic Press, 1995.

COLINVAUX, P. **Ecology**. New York : John Wiley & Sons, 1996.

CONNELL, J. H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. **Science**, Washington, v. 199, p. 1302-1310, 1998.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da material orgânico do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 197-225.

DEVLIEGHER, W. ; VERSTRAETE, W. The effect of *Lumbricus terrestris* on soil in relation to plant growth: effects of nutrient enrichment processes and gut associated processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 29, p. 341-346, 1997.

DECÄENS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G.; SCHNEIDMADL, J.; SANZ, J. I.; HOYOS, P.; THOMAS, R. J. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: JIMÉNEZ, J. J.; THOMAS, R. J. (Ed.). **El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2003. p. 21-45.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 1015-1021, 2006.

DORGAN, K. M.; JUMARS, P. A.; JOHNSON, B. D.; BOUDREAU, B. P. Macrofaunal burrowing: the medium is the message. **Oceanography and Marine Biology**, Aberdeen, v. 44, p. 85–121, 2006.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da Mata Atlântica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

EHLERS, W. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 119, p. 242-249, 1975.

GASSEN, D.N. Os insetos e a fertilidade de solos. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. **Resumos e palestras...** Cruz Alta: Aldeia Norte, 1999. p. 70-89.

KASCHUK, G.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; SINHORATI, D. C.; BERTON-JUNIOR, J. F. Termite activity in relation to natural grassland soil attributes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, p. 583-588, 2006.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 405-416, 2008.

KITAMURA, E. M. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto**. 2007. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

LAVELLE, P. Functional domains in soils. **Ecological Research**, Tsukuba, v. 17, p. 441-450, 2002.

LAVELLE, P.; DANGER FIELD, M.; FRAGOSO, C. et al. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In:\_\_\_\_\_. **The biological management of tropical soil fertility**. New York: John Wiley & Sons, 1994. p.137-169.

LEONARD, J.; RAJOT, J.L. Influence of termites on runoff and infiltration: quantification and analysis. **Geoderma**, New York, v. 104, p. 17–40, 2001.

MARAUN, M.; ALPHEI, J.; BESTE, P.; BONKOWSKI, M.; BURYN, R.; MIGGE, S.; PETER, M.; SCHAEFER, M.; SCHEU, S. Indirect effects of carbon and nutrient amendments on the soil meso- and microfauna of a beechwood. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 34, p. :222–229, 2001.

MEYSMAN, F. J. R.; MIDDELBURG, J. J.; HEIP, C. H. R. Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 21, p. 688–695, 2006.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. CORREIA, M. E. F.(2005) Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 555-564.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1983. 434 p.

RICKLEFS, E. R. **Economia da natureza**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1993.

OLIVEIRA, M. I. L.; BRUNET, D.; MITJA, D.; CARDOSO, W. S.; BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M.F. AND BROSSARD, M. Incidence of epigeal nest-building termites in *Brachiariapastures* in the Cerrado. **Acta Scientiarum, Agronomia**, Maringá, v. 33, p. 181-185, 2011.

PARDESHI, M.; PRUSTY, B. A. Termites as ecosystem engineers and potentials for soil restoration. **Current. Science**, Bangalore, v. 99, p. 1-11, 2010.

PIELOU, E. C. **An introduction to mathematical ecology**. New York: Wiley-Interscience, 1969.

- PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: Wiley-Interscience, 1975.
- ROTH, C.; JOSCHKO, M. A note on the reduction of runoff from crusted soils by earthworm burrows and artificial channels. **Z. Pflanzenernähr, Bodenkd**, v. 154, p. 101–105, 1991.
- SEASTEDT, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 29, p. 25-46, 1984.
- SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUER, J. A. ;JAQUELINE DALLA ROSA, J. D.; BAYER, C. ; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 329-337, 2006.
- SOUSA-SOUTO, L.; SCHOEREDER, J. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, W. L. Ant nests and soil nutrient availability: the negative impact of fire. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 24, p. 639-646, 2008.
- SOUSA-SOUTO, L.; SCHOEREDER, J. H; SCHAEFER, C. E. Leaf-cutting ants, seasonal burning and nutrient distribution in Cerrado vegetation. **Austral Ecology**, Carlton, v. 32, p. 758-765, 2007.
- SOUSA-SOUTO, L.; SILVA, W. L.; SCHOEREDER, J. H.; SCHAEFER, C. E.G. R. Papel ecológico do fogo e da saúva (*Atta laevigata*) no recrutamento de raízes em área de cerrado. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA: BIODIVERSIDADE E BIOINDICAÇÃO, 17, 2005, Campo Grande **Resumos...** Campo Grande. UFMS; UFGD; UNIDERP; UFEMS, 2005. CD ROM.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W. ; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. p. .66-117.
- WALKER, D. Diversity and stability. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). **Ecological concepts**. Oxford: Blackwell Scientific Public, 1989. p. 115-146
- WARDLE, D. A. ; LAVELLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: CADISCH, G.; GILLER, K. E. (Ed.). **Driven by Nature: plant litter quality and decomposition**. New York: CAB International, 1997. p. 107-124.
- WHALLEY, W. R.; DEXTER, A. R. Root development and earthworm movement in relation to soil strength and structure. **Arch Acker Pflanzenbau Bodenkd**, Berlim, v. 38, p. 1–40, 1994.
- WICKENBROCK, L., HEISLER, C. Influence of earthworm activity on the abundance of Collembola in soil. **Soil Biololy and Biochemistry**, Elmsford, v. 29, p. 517–521, 1997.
- WRIGHT, C. J.; COLEMAN, D. C. Cross-site comparison of soil microbial biomass, soil nutrient status, and nematode trophic groups. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, p. 2, 2000.

## CAPITULO 4: ANÁLISE DAS PLANTAS

### 4.1 Introdução

Na restauração de uma área degradada, a formação uma cobertura vegetal com o objetivo de proteger o solo contra os impactos das gotas de chuva, aumentar o teor de matéria orgânica do solo e a ciclagem de nutrientes do solo é essencial.

A escolha de plantas que se adaptam em ambiente com condições adversas deve levar em conta o manejo e o clima de cada região. A braquiaria é muito utilizada porque se adapta a diferentes tipos de solos e tolera condições de baixa fertilidade, além de ser uma planta rústica.

Essa gramínea por ter um elevado número de raízes atua principalmente na formação dos agregados do solo, diretamente pela ação mecânica das raízes aproximando as partículas de solo e indiretamente pela produção de exudados que é fonte de alimentos para os organismos do solo.

Diversos estudos mostram que a revegetação de áreas degradadas com gramíneas melhora as condições físico-químicas do solo e facilita o repovoamento de outras espécies.

O enriquecimento de matéria orgânica do solo (capítulo cinco) e o desenvolvimento de outras espécies serão mostrados neste estudo.

Pensando em revegetar uma área em recuperação deve-se levar em conta as características florísticas do entorno da área e as características das plantas que se adaptam melhor as condições edafoclimáticas.

As plantas que pertencem à família Fabaceae são consideradas rústicas por adaptar em ambientes poucos favoráveis para seu desenvolvimento. Elas povoam primeiramente essas áreas em recuperação e dá condição para outras espécies.

## 4.2 Espécies do Cerrado, adubos verdes e braquiária

O Brasil possui a flora arbórea mais diversificada do mundo. As plantas arbóreas da flora brasileira podem ser reunidas em vários grupos de acordo com o seu comportamento ambiental (LORENZI, 2002). O mesmo autor complementa que, algumas plantas só crescem na fase jovem ou inicial de uma mata, e são denominadas “plantas pioneiras”. Outras predominam numa fase intermediária da mata, que são as chamadas “secundárias”; já outras, denominadas “plantas clímax”, só crescem e se reproduzem mais tardiamente na floresta madura ou primária.

Em se tratando do bioma cerrado, Durigan (2003) afirma que, este tem sido um dos biomas mais rapidamente destruídos no Brasil nas últimas décadas. Para que se possa planejar a restauração de uma área em região de domínio de cerrado, o mesmo autor afirma que, é essencial que se resgate o conhecimento da vegetação original e também de seus fatores condicionantes.

Melo et al. (2004) afirma que pouco tem sido feito no sentido de pesquisar o desempenho de espécies com o intuito de se otimizarem ações de recuperação em áreas de cerrado, e que de forma geral, as pesquisas se desenvolveram mais no sentido de avaliar o potencial madeireiro dessas espécies.

Para Silva (2003), a recomposição da vegetação pode ser feita a partir do brotamento, do banco de sementes presentes no solo, do banco de plântulas e indivíduos jovens do sub-bosque, ou a partir de diásporos recém-chegados ao novo ambiente trazidos pelos agentes bióticos e abióticos de dispersão. Mesmo considerando que as sementes e plântulas já presentes na área podem ter chegado ao local pela ação destes mesmos agentes, um grande número de novas sementes é ali depositado em função dos novos espaços que se criam para o deslocamento dos dispersores. O mesmo autor relata que, quanto mais próxima uma área a ser recuperada estiver de uma área com vegetação nativa, mais rápida e intensa deve ser a chegada das sementes trazidas pelos dispersores. Complementa que a dinâmica da regeneração nessas áreas vai depender da quantidade, da qualidade e da distância dos trechos de vegetação circunvizinhos.

Aguiar et al. (2000) afirmaram que uma alternativa que pode acelerar a recuperação das áreas degradadas é a utilização de espécies nativas do local, junto com espécies que acelerem o equilíbrio químico e físico do solo, sendo de grande relevância

para o reequilíbrio do ecossistema os adubos verdes, que são importantes na cobertura inicial do solo.

Para Engel e Parrota (2003), o primeiro passo para a recuperação de uma área degradada é a seleção de informações de referência quanto à sua estrutura e função. As informações básicas sobre o ecossistema incluem aquelas obtidas no próprio local a ser restaurado como: história de perturbações, solo, clima, fatores de degradação, uso atual do solo, situação atual do ecossistema e da paisagem, e aquelas que deverão ser obtidas em áreas de referência, tais como flora e fauna características. Essas informações de referências devem ser baseadas no mesmo tipo de ecossistema que aquele a ser restaurado.

Para se determinar quais espécies, como e quando introduzir na área a ser restaurada, é muito mais importante levar em consideração como é a sucessão natural da área, do que se restringir às espécies de acordo com sua classificação em grupos ecológicos sucessionais. Engel e Parrota (2003) complementam ainda que, a sucessão natural, é a base conceitual mais forte da restauração, o qual os ecossistemas se recuperam de distúrbios naturalmente.

Reis e Kageyama (2003) mencionam que a sucessão é um processo complexo e concomitante, ou seja, com a mesma evoluem as condições de solo, o microclima, a diversidade da flora, da fauna e dos decompositores.

A presença de vegetação e resíduos, segundo Gonçalves et al. (2003), faz com que a superfície do solo não receba diretamente a radiação solar, reduzindo as perdas d'água por evaporação e as amplitudes de variação térmica e hídrica do solo ao longo do dia e das estações climáticas do ano.

A cobertura vegetal pode manter ou aumentar a fertilidade das camadas superficiais do mesmo por meio da adição de matéria orgânica, da ciclagem de nutrientes, da fixação biológica de nitrogênio, do aumento da atividade biológica, e da melhoria das propriedades físicas do solo. Além disso, os resíduos vegetais atuam como obstáculo para o escoamento superficial de água, reduzindo sua velocidade, diminuindo conseqüentemente a erosão e assim, aumento as taxas de infiltração de água pelo solo (GONÇALVES et al., 2003).

Quanto à seleção das espécies a serem introduzidas na recomposição da vegetação da área que será restaurada, Reis e Kageyama (2003) afirmam que, esta escolha dependerá muito da condição edáfica da área em questão, assim como das

condições das áreas vizinhas. A escolha das espécies que darão início ao processo de restauração é, para os mesmos autores, extremamente importante. As espécies selecionadas deverão ser adequadas às restrições locais, condicionadas pelo solo, que após distúrbios é geralmente pobre em minerais e fisicamente inadequados para o crescimento da maioria das plantas e, ao mesmo tempo, capazes de apresentar um grau máximo de interação biótica. Pois, quanto maior for o nível de interação, maior será a capacidade de diversificar as espécies envolvidas e, conseqüentemente, mais rápida será a restauração ambiental.

Os adubos verdes são plantas leguminosas ou não cultivadas com o intuito de serem incorporadas ao solo para melhorar a capacidade produtiva (PEREIRA et al., 1990). A utilização de leguminosas na adubação verde pode suprir grandes quantidades de nitrogênio para a cultura sucessiva. Porém, o potencial de fornecimento de nitrogênio, é diferenciado em relação à época de semeadura (VARGAS et al., 2004). Os mesmos autores complementam que, quando semeados no período chuvoso, os adubos verdes acumulam maior quantidade de biomassa e de nitrogênio na parte aérea devido a maior disponibilidade de água. E, conseqüentemente, apresentam potencial mais elevado para fornecer este elemento ao solo.

As propriedades físicas do solo potencialmente afetadas pela incorporação de matéria orgânica promovida pela adubação verde são a estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade, capacidade de retenção de água e taxa de infiltração de água (POLLI et al., 1996). Os mesmo autores afirmam que a adubação verde pode interferir em diversos atributos do solo, pois a adição de matéria orgânica altera as propriedades químicas, físicas e biológicas do mesmo.

A adubação verde constitui um conjunto de ações integradas que trazem grandes benefícios aos solos degradados e sistemas agrícolas em geral, dentre eles estão: a proteção do solo contra erosão, elevação da taxa de infiltração e aumento da capacidade de retenção de água, recuperação da estrutura, adição de matéria orgânica, aumento da CTC, promoção do aumento do teor de nitrogênio, aumento e diversificação da população de microrganismos do solo, incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis em camadas mais profundas do solo (PINTO; CRESTANA, 1998).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas de um solo são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do corte do adubo verde,

do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e das interações desses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de avaliar esses efeitos que a adubação verde exerce nas propriedades de um solo, principalmente em se tratando de recuperação de solos degradados. Com objetivo de avaliar a contribuição de adubos verdes na melhoria das características físicas de um solo degradado devido à construção de uma Usina Hidrelétrica, Boni et al. (1994), utilizou as espécies leguminosas crotalária e guandu. Os mesmos verificaram que, as camadas compactadas tiveram redução de densidade do solo, havendo também, elevação da porosidade.

Há trabalhos que relatam a interação entre a adubação química e adubação verde, visto que, os resultados têm apresentado efeitos positivos. Melo (1994) ao testar o efeito desta interação utilizando forrageiras de inverno e de verão em uma área de empréstimo, observou em um período de 2 anos que, as espécies forrageiras associadas à adubação química, promoveram efeitos positivos na melhoria das características químicas e físicas do solo. Alves e Souza (2008) avaliando os efeitos desta interação nas propriedades físicas de um solo degradado pela construção de uma Usina Hidrelétrica, verificou que, o tratamento com mucuna-preta sem adubação química foi o mais promissor para a melhoria das propriedades físicas do subsolo em recuperação.

Com relação à utilização de adubos verde na recuperação de área degradada, Suzuki (2005) desenvolveu trabalho cujo objetivo foi analisar os efeitos dos adubos verdes e também da adubação orgânica, utilizando lodo de esgoto, na recuperação do subsolo. O mesmo utilizou para revegetar a área, a espécie nativa do cerrado *Astronium fraxinifolium* Schott, popularmente conhecida como Gonçalo-alves, e verificou que para os atributos físicos do solo as diferentes fontes de matéria orgânica agiram de forma semelhante e na combinação lodo de esgoto mais braquiária proporciona maior altura de planta da espécie gonçalo-alves.

Em áreas degradadas recomenda-se a implantação de gramíneas e leguminosas para melhor cobertura do solo e de espécies florestais para continuar o processo de recuperação. As gramíneas e leguminosas são benéficas à estruturação dos solos, principalmente pela alta densidade de raízes, promovendo a aproximação de partículas de solo, estimulando a atividade microbiana e distribuição de exudados no solo, influenciando na formação de agregados (CAMPOS; ALVES, 2008)

No início da restauração de uma área degradada, a característica mais importante é incrementar a formação de uma cobertura vegetal, capaz de evitar processos drásticos de erosão e dar início à formação de uma camada orgânica do solo (REIS; KAGEYAMA, 2003). Ceconi et al. (2006) complementa que, para recuperar um solo em estado de degradação, inúmeros processos são necessários, mas a sua cobertura é imprescindível, sendo a mesma importante para sua proteção contra erosão, e, além disso, produzir biomassa para aumentar a matéria orgânica e proporcionar a ciclagem de nutrientes. Os mesmos autores afirmam ser de fundamental importância a seleção de coberturas vegetais, com a finalidade de proteção superficial do solo, formação de “palhada”, bem como a reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos do solo e na resposta das culturas subsequentes.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são usadas na forragicultura desde a década de 1950. A braquiária é o capim mais plantado no país, sendo utilizada na cria, recria e engorda dos animais. Essa gramínea vem ocupando as áreas das pastagens nativas, que geralmente são de baixa produção (NUSSIO et al., 2000).

A *Brachiaria decumbens* é uma espécie perene, que ocorre de forma nativa no leste tropical da África em altitudes acima de 800 m, sob clima moderadamente úmido, em pastagens abertas ou em áreas com arbustos esporádicos e em solos férteis (CARVALHO et al., 1991). A *B. decumbens* é adaptada a muitos tipos de solo, e requer boa drenagem, condições de boa fertilidade, embora tolere condições de acidez. A mesma não produz quantidades satisfatórias de forragem em solos com teores baixos de fósforo e potássio. No entanto, tem demonstrado respostas acentuadas a níveis mais altos de P e K no solo e N em cobertura (ZIMMER et al., 1994).

A cobertura vegetal promove redução significativa nas perdas de solo em relação à ausência de cobertura, além disso, contribui na melhoria da estruturação do solo, que é um dos fatores mais decisivos na manifestação da resistência à erosão, na ciclagem de nutrientes e no aumento da atividade microbiana do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Neste sentido, Gonçalves et al. (2003) afirmam que, nos estágios iniciais de estabelecimento, são desejáveis que as espécies sejam rústicas, apresentando as seguintes características: tolerância ao estresse hídrico; boa adaptação em solos com baixa disponibilidade de nutrientes; bom nível de crescimento, propiciando rápido recobrimento da área, o que reduz o processo erosivo e a competição por plantas

invasoras; e sistema radicular vigoroso, capaz de explorar amplos volumes de solo sob condições adversas, melhorando seus atributos físicos.

Para este início, Reis e Kageyama (2003) recomendam que seja necessário utilizar espécies pioneiras agressivas, capazes de rapidamente cobrir o solo, e ao mesmo tempo, permitir a formação de uma camada de serapilheira, ambiente propício aos primeiros decompositores. Este papel tem sido geralmente ocupado por gramíneas, devido a sua fisiologia específica do tipo C4.

As plantas C4 são capazes de grande produtividade primária. Devido a esta característica, as gramíneas conseguem acumular uma grande quantidade de matéria orgânica em pouco tempo. Destacando-se as braquiárias (*Brachiaria* spp.), o capim colônia (*Panicum maximum*) e o capim melado (*Melinis minutiflora*) (REIS; KAGEYAMA, 2003).

Estudos sobre a revegetação de áreas perturbadas mostram que a introdução de espécies herbáceas facilita a interação entre os fatores químicos, físicos e biológicos do solo (LUCHESE et al., 1992). Estas espécies, dado o seu rápido crescimento vegetativo e grande volume de raízes, protegem o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, evitando a desestruturação do solo, aumentam a taxa de infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial, diminuindo o assoreamento dos rios e barragens, e aumentam o teor de matéria orgânica, fixando C no solo e incrementando a atividade microbiana.

Com relação às braquiárias, Ceconi et al. (2006) salientam que, as mesmas são as espécies forrageiras mais disseminadas e cultivadas no Brasil. Além disso, são as principais gramíneas de cobertura vegetal, e em função deste fato, são normalmente manejadas visando à conservação do solo, manutenção e aumento da matéria orgânica, melhorando as propriedades físicas e químicas do solo.

Existem diversos trabalhos do uso de gramíneas na recuperação de áreas degradadas. Dentre eles cita-se um trabalho realizado em um solo degradado pela mineração de carvão, utilizando a espécie *Brachiaria brizantha* na cobertura e recuperação do mesmo. Por meio deste estudo, Ceconi et al. (2006) afirmam a importância deste tipo de cobertura, não só para proteção do solo, mas também no que diz respeito à ciclagem de nutrientes via decomposição da mesma.

Avaretto et al. (2000) avaliaram os efeitos de espécies forrageiras na fertilidade do solo e nas características da palhada em área degradada pela mineração do xisto, no Estado do Paraná. Os mesmos verificaram que, as espécies forrageiras propiciaram

alterações nas características químicas do solo. Quanto à cobertura do solo, foram observados em todos os sistemas forrageiros resultados satisfatórios sob o ponto de vista do controle da erosão.

Com o objetivo de aumentar o teor de matéria orgânica de uma área de empréstimo, Colodro (2005) semeou braquiária (*Brachiaria decumbens*), pois, por meio da massa vegetal da parte aérea e raízes, e observou um incremento na qualidade do solo (aumento significativo de seus conteúdos de fósforo, potássio, magnésio, matéria orgânica e CTC) num período de estudo de 360 dias.

Bonini (2007) avaliou o efeito de duas doses de lodo de esgoto, adubação mineral no cultivo de eucalipto e braquiária em áreas degradadas remanescentes da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP e verificou que uma maior produção de matéria seca nos tratamentos com lodo de esgoto.

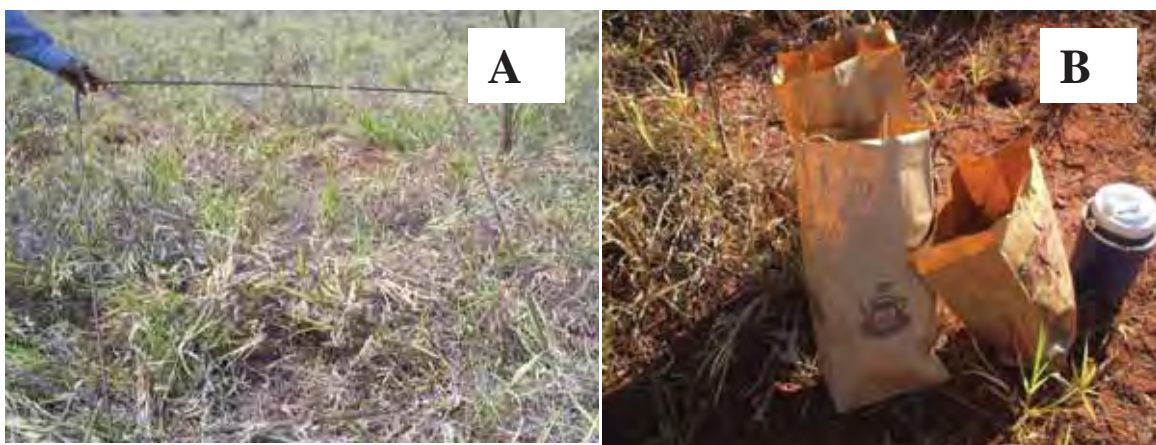
### 4.3 Material e Métodos

#### 4.3.1 Análise da produção de matéria seca de braquiária e massa seca de raiz/volume de solo

A produção de matéria seca da braquiária foi avaliada nos anos de 2010 e 2011, sendo realizadas as avaliações a cada três meses (meses de janeiro, abril, julho e outubro). Cada amostra corresponde às plantas contidas em 1,00 m<sup>2</sup>, foram coletadas em triplicatas em cada parcela. A massa de matéria seca foi avaliada por pesagem (estufa a 60–70° C até atingir massa constante) e os dados foram representados em kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4.1).

A massa seca de raiz. dm<sup>-3</sup> de solo, representada em (g dm<sup>-3</sup>), foi avaliada pelo método do trado (FUGIWARA et al., 1994). Foram avaliadas em triplicatas em cada parcela e em três profundidades, de 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m. As amostras coletadas foram lavadas (com auxílio de peneiras de 0,053mm e pinças entomológicas) e levadas à estufa em sacos de papel para obtenção da massa seca.

Figura 4.1 - A: Tabela de dimensão 1m x 1m, utilizado na coleta da massa de braquiária; e B: sacos de papel utilizado para acondicionar as amostras coletadas.



Fonte: dados do próprio autor.

#### 4.3.2 Análises das espécies arbóreas que se regeneraram naturalmente após a intervenção para recuperação do solo

Em relação às características das espécies arbóreas, foram avaliados o diâmetro do caule e a altura (Figura 4.2). O diâmetro das plantas foi mensurado com um paquímetro digital, a 0,10 m acima do nível do solo. A altura das plantas foi medida com o auxílio do aparelho hipsômetro, tomando como base a gema apical das plantas.

A taxa de crescimento foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de crescimento} = \frac{\text{valor da última avaliação} - \text{valor da 1ª avaliação}}{\text{numero de dias entre a 1ª avaliação e última avaliação}} \times 365$$

Figura 4.2 - A: Medição do diâmetro do caule das espécies arbóreas e B: Medição da altura das espécies arbóreas.



Fonte: dados do próprio autor.

## 4.4 Resultados e Discussão

### 4.4.1 Produção de matéria seca de braquiária e massa seca de raiz/volume de solo

Para a produção de matéria seca de braquiária, no ano de 2010 e 2011, os valores médios encontram-se no Tabela 4.1 e 4.2, respectivamente e o desdobramento das iterações no Tabela 4.3. Não houve diferença significativa para tratamento, época e, tratamento x época, no ano de 2010 e no ano de 2011 foi significativo para todas as fontes de variação estudadas.

Tabela 4.1 - Valores médios de matéria seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha<sup>-1</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2010.

Tratamentos	Produção de matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )
SM/B	3444
MP/B	3750
G/FP/B	3333
C+MP/B	3485
C+G/FP/B	3342
C+Ge+MP/B	3660
C+Ge+G/FP/B	3960
Época de corte	
1º corte - janeiro	3960
2º corte - abril	3593
3º corte - Julho	3812
4º corte - Outubro	3297
Causas de variação	
Valor de F	
Tratamento	0,861 <sup>ns</sup>
Época de corte	2,484 <sup>ns</sup>
Tratamento x Época de corte	1,404 <sup>ns</sup>
CV(%)	24,31

Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Os valores de massa seca encontrados neste trabalho foram iguais ou superiores aos encontrados por Kawatoko (1999) que verificou produções entre 1.818 a 2439 kg ha<sup>-1</sup>, em Latossolo Vermelho-Escuro. Segundo Pizarro et al. (1996) o potencial de

produtividade da *Brachiaria decumbens* é 1200 até 19000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de matéria seca, dependendo das condições climáticas a que é submetida, mas em área de recuperação, foram encontradas produtividades médias de 7088 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

A utilização da braquiária na recuperação de áreas degradadas é de suma importância, pois ela para proteger o solo do impacto das chuvas, fornece matéria orgânica que favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana (CAMPOS, 2006; KITAMURA, 2007).

Tabela 4.2 - Valores médios de matéria seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha<sup>-1</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV), para os tratamentos e épocas de coleta, Selvíria, MS, 2011.

<b>Tratamentos</b>	<b>Produção de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
SM/B	2977 b
MP/B	3225 b
G/FP/B	3716 a
C+MP/B	3210 b
C+G/FP/B	3595 a
C+Ge+MP/B	3076 b
C+Ge+G/FP/B	2939 b
<b>Época de corte</b>	
1º corte - janeiro	4041 a
2º corte - abril	2994 b
3º corte - Julho	3283 b
4º corte - Outubro	2675 c
<b>Causas de variação</b>	
<b>Valor de F</b>	
Tratamento	4,279*
Época de corte	28,390*
Tratamento x Época de corte	1,836*
CV(%)	25,23

Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

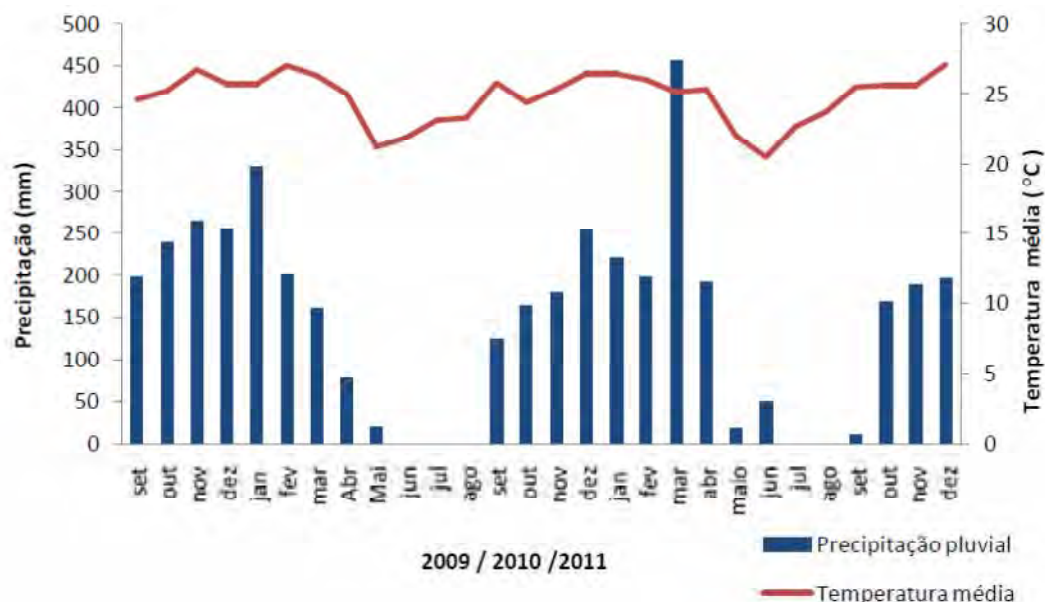
Tabela 4.3 - Desdobramento da iteração Época de corte  $\times$  Tratamento da massa seca de *B. decumbens* (kg ha<sup>-1</sup>) nos tratamentos e épocas de coleta estudada, Selvíria, MS. 2011.

Tratamento	Época de corte			
	1º corte - janeiro	2º corte - abril	3º corte - Julho	4º corte - Outubro
SM/B	3937 bA	3041 bB	3062 aB	1869 bC
MP/B	3675 bA	3155 bA	3518 aA	2553 aB
G/FP/B	4793 aA	3845 aB	3587 aB	2638 aC
C+MP/B	4268 aA	2988 bB	2900 aB	2685 aB
C+G/FP/B	4775 aA	2764 bB	3593 aB	3247 aB
C+Ge+MP/B	3375 bA	2856 bA	3262 aA	2813 aA
C+Ge+G/FP/B	3462 bA	2311 bA	3062 aA	2922 aA

Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Nas linhas letras maiúsculas e nas colunas letras minúsculas.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Figura 4.3 Dados de chuva e temperatura nos anos de 2009, 2010 e 2011.



Fonte: ARRUDA (2011).

No desdobramento das iterações, a época com maior produtividade foi janeiro (1º corte), devido a maior disponibilidade de temperatura e disponibilidade de chuvas

(Figura 4.1). Em relação aos tratamentos, os tratamentos com guandu e suas combinações obtiveram as maiores produtividades. Também se pode observar a baixa produtividade no 4º corte que foi reflexo do longo período de estiagem.

Em relação a massa seca da raiz de braquiária, encontram-se nos Tabelas 4.4 e 4.6 e Tabelas 4.5 e 4.7 para o teste de Scott-Knott para a variável época, nos anos de 2010 e 2011.

Tabela 4.4 - Valores médios de massa seca de raiz/56,75 dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos, camadas de solo e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2010.

Tratamentos	Produção de massa seca de raiz (g dm <sup>-3</sup> )		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	1,093	0,381	0,437 a
MP/B	1,184	0,387	0,113 c
G/FP/B	0,759	0,226	0,136 c
C+MP/B	1,172	0,289	0,168 c
C+G/FP/B	1,205	0,269	0,269 b
C+Ge+MP/B	0,930	0,376	0,104 c
C+Ge+G/FP/B	0,766	0,272	0,159 c
Época de corte			
1º corte - verão	1,144 a	0,344	0,251 a
2º corte - inverno	0,887 b	0,284	0,145 b
Causas de variação		Valor de F	
Tratamento – T	1,197 <sup>ns</sup>	1,300 <sup>ns</sup>	11,596*
Época de corte - E	4,953*	2,438 <sup>ns</sup>	16,450*
T x É	1,372 <sup>ns</sup>	1,590 <sup>ns</sup>	9,340*
CV(%)	15,86	9,51	6,41

Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ).

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Para a produção de raiz, em relação às épocas de coleta, pode-se verificar maior massa nas coletas realizadas no verão, esse comportamento mostra que nesta época do ano, a planta possui maior disponibilidade de água e fotoperíodo adequado para seu desenvolvimento e, portanto maior quantidade de raiz.

Tabela 4.5 - Desdobramento da iteração Tratamento  $\times$  Época de corte da massa seca de raiz/56,75 dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>) nos tratamentos, na camada de solo de 0,20-0,40m e épocas de coleta estudados, Selvíria, MS. 2010.

Tratamento	Época de corte	
	verão	inverno
SM/B	0,690 aA	0,184 aB
MP/B	0,127 cA	0,100 aA
G/FP/B	0,183 cA	0,088 aA
C+MP/B	0,147 cA	0,189 aA
C+G/FP/B	0,400 bA	0,137 aB
C+Ge+MP/B	0,055 cA	0,153 aA
C+Ge+G/FP/B	0,153 cA	0,165 aA

Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Nas linhas letras maiúsculas e nas colunas letras minúsculas.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

A maior quantidade raiz foi encontrada na camada superficial, devido à maior qualidade estrutural do solo e disponibilidade de água e nutrientes (maior quantidade de M.O.). Essa determinação colabora com os dados encontrados para os atributos físico-químicos analisados.

Em relação ao desdobramento da iteração Tratamento  $\times$  Época de corte, foi possível analisar que os tratamentos com mucuna e suas combinações apresentaram melhor desempenho, concordando com dados de atributos já analisados anteriormente.

Tabela 4.6 - Valores médios de massa seca de raiz/56,75 dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), para os tratamentos, camadas de solo e épocas de coleta, Selvíria, MS. 2011.

Tratamentos	Produção de massa seca de raiz (g dm <sup>-3</sup> )		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
SM/B	1,09	0,38	0,43 a
MP/B	1,18	0,38	0,11 c
G/FP/B	0,751	0,22	0,13 c
C+MP/B	1,17	0,28	0,16 c
C+G/FP/B	1,20	0,26	0,26 b
C+Ge+MP/B	0,92	0,37	0,10 c
C+Ge+G/FP/B	0,76	0,27	0,15 c
<b>Época de corte</b>			
1º corte - verão	1,14	0,34	0,250714 a
2º corte - inverno	0,88	0,28	0,145107 b
<b>Causas de variação</b>		<b>Valor de F</b>	
Tratamento - T	1,197 <sup>ns</sup>	1,300 <sup>ns</sup>	11,596*
Época de corte - E	4,953*	2,438 <sup>ns</sup>	16,450*
T x E	1,372 <sup>ns</sup>	1,590 <sup>ns</sup>	9,340*
CV(%)	15,86	9,51	6,41

Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ).

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Tabela 4.7 - Teste de Scott-Knott para a variável Época de corte da massa seca de raiz/56,75 dm<sup>-3</sup> de solo (g dm<sup>-3</sup>) nos tratamentos, nas camadas de solo e épocas de coleta estudados, Selvíria, MS. 2011.

Tratamento	Época de corte	
	verão	inverno
<b>0,00-010m</b>		
SM/B	1,48 a	0,70 b
MP/B	1,65 a	0,71 b
G/FP/B	0,81 a	0,70 a
C+MP/B	1,03 a	1,31 a
C+G/FP/B	1,30 a	1,10 a
C+Ge+MP/B	0,87 a	0,98 a
C+Ge+G/FP/B	0,85 a	0,68 a
<b>0,20-0,40m</b>		
SM/B	0,69 aA	0,18 bA
MP/B	0,12 aC	0,10 aA
G/FP/B	0,18 aC	0,08 aA
C+MP/B	0,14 aC	0,18 aA
C+G/FP/B	0,40 aB	0,13 bA
C+Ge+MP/B	0,05 aC	0,15 aA
C+Ge+G/FP/B	0,15 aC	0,16 aA

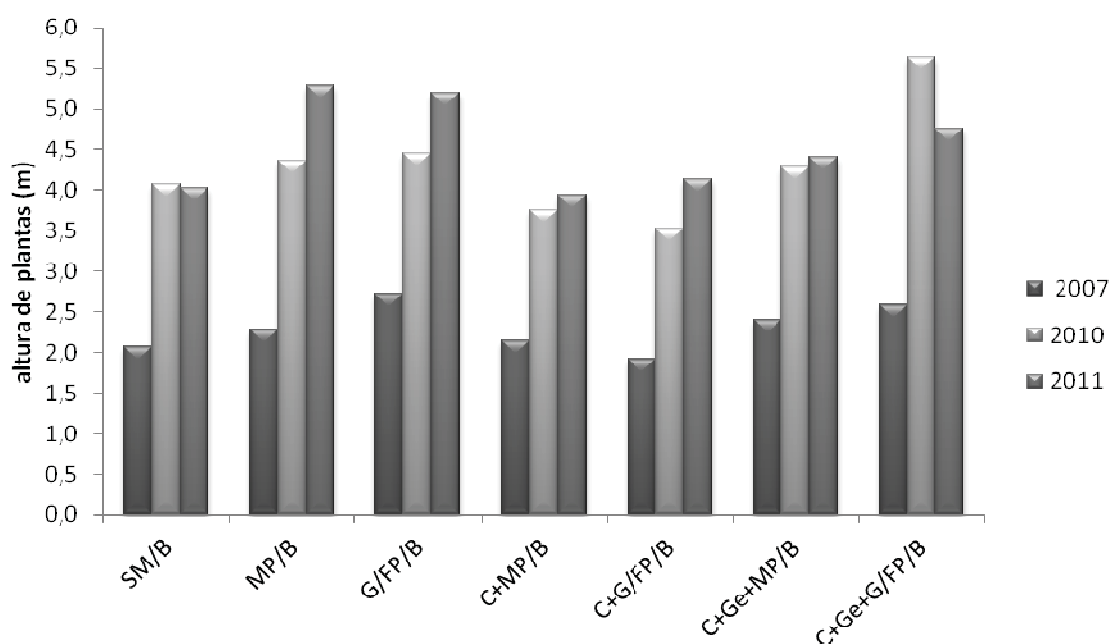
Teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Nas linhas letras minúsculas e nas colunas letras maiúsculas.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

#### 4.4.2 Taxa de crescimento das espécies arbóreas

Para a altura e diâmetro de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em janeiro de 2010 e janeiro de 2011, os valores médios encontram-se nas Figuras 4.4 e 4.5 e a taxa de crescimento de plantas e o número de indivíduos de *M. acutifolium* no período do ano de 2007 a 2011 encontra-se no Tabela 4.8.

Figura 4.4 - Altura das plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em 2007, 2010 e 2011. Selvíria, MS.

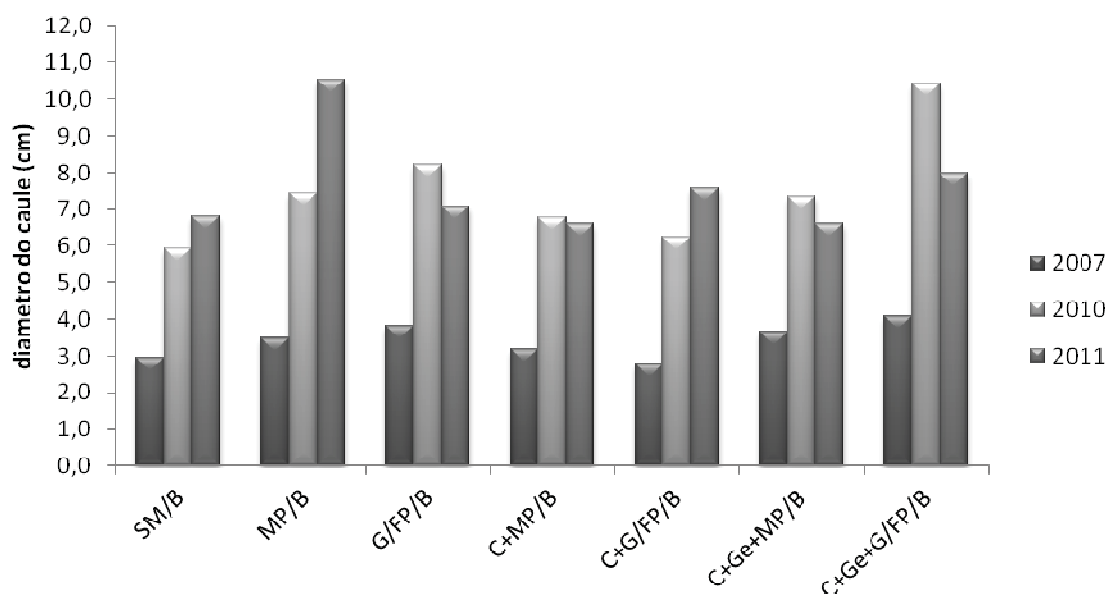


Legenda: SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Em relação à ocorrência de espécies arbóreas espontâneas na área, foi feito desde outubro de 2007 até janeiro de 2012, levantamentos florísticos (Tabela 4.9) e verificou-se a presença de três espécies: *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá Paulista), *Solanum lycocarpum* St, Hil (Lobeira) e *Mimosa lactificera* Rizzini e Mattos Filho (Roseira do campo). Foram identificadas no total, 88 plantas, sendo: 85 pertencentes à *M. acutifolium*, 2 de *S. lycocarpum* e 1 de *M. lactificera*. Já em 2010, o

experimento apresentou 97 plantas de *M. acutifolium*, 1 planta de *Mimosa laticifera*, 2 plantas da espécie *S. lycocarpum* e o surgimento de duas plantas da espécie *Curatella americana* L (Lixeira) da família Dilleniaceae. Em 2011, o comportamento foi semelhante pra o desenvolvimento das espécies e em 2012, houve um acréscimo expressivo de indivíduos de *M. acutifolium*, além do apareciemnto de outras espécies como *Jacaranda brasiliana*, *Byrsonima sp* e *Aegiphila lhotzkyana*.

Figura 4.5 - Diâmetro das plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em 2007, 2010 e 2011. Selvíria, MS.



Legenda: SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Analisando a taxa de desenvolvimento no período de outubro/2007 a janeiro/2011 da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel, que é a espécie presente em maior número, sendo que no tratamento C+Ge+G/FP/B foi a espécie que obteve a maior taxa de crescimento (altura e diâmetro), no ano de 2010 e no ano de 2011 as combinações CE calcário + adubos verdes foram as melhores.

Tabela 4.8 - Taxa de crescimento de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) de outubro/2007 a janeiro/2011. Selvíria, MS.

Parcelas	Número de Plantas			TC*-2010		TC*-2011	
	2007	2010	2011	Diâmetro	Altura	Diâmetro	Altura
SM/B	21	23	23	1,28	0,85	1,48	0,57
MP/B	7	7	7	1,69	0,89	1,24	0,90
G/FP/B	19	21	22	1,87	0,74	1,79	0,67
C+MP/B	13	18	18	1,53	0,69	2,20	0,79
C+G/FP/B	9	12	12	1,47	0,68	2,77	0,63
C+Ge+MP/B	10	10	10	1,57	0,80	1,79	0,40
C+Ge+G/FP/B	5	5	5	2,71	1,31	1,24	0,61

TC\* - Taxa de Crescimento.

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária. Fonte: dados do próprio autor.

Tabela 4.9 - Levantamento florístico das espécies arbóreas presentes na área.

Espécies	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jacarandá do campo ( <i>Machaerium acutifolium</i> )	85	88	86	91	100	131
Roseira do campo ( <i>Mimosa laticifera</i> )	1	1	1	1	1	1
Lobeira ( <i>Solanum lycocarpum</i> )	2	-	-	-	-	3
Lixeira ( <i>Curatella americana</i> )	-	1	1	2	1	2
Jacarandá caroba ( <i>Jacaranda brasiliana</i> )	-	-	-	-	-	1
Tamanqueiro-do-cerrado ( <i>Aegiphila lhotzkyana</i> )	-	-	-	-	-	1
Murici ( <i>Byrsonima sp.</i> )	-	-	-	-	-	1

Fonte: dados do próprio autor.

Contudo em todos os tratamentos de recuperação do solo houve acréscimo na altura e no diâmetro. Comportamento semelhante foi verificado para altura e diâmetro das espécies avaliadas em estudos anteriores.

Ferreira et al. (2007) ao avaliar o desenvolvimento de espécies arbóreas em uma área degradada pela construção de uma Usina Hidrelétrica, constatou que, de todas

as espécies analisadas, as que apresentaram os maiores diâmetros médios e maiores alturas foram as pertencentes à Família Fabaceae, reforçando a tese de que as espécies dessa família são fundamentais para a recuperação de áreas degradadas, pois apresentam rápido crescimento em ambientes adversos.

Pode-se observar que, das três espécies que se regeneraram naturalmente na área de estudo, duas pertenciam à Família Fabaceae (*M. laticifera* e *M. acutifolium*). As Fabáceas são consideradas essenciais para o sucesso de recuperação de uma área degradada, pela sua rusticidade e alta capacidade de adicionar matéria orgânica ao solo (COSTA, 2007).

#### 4.5 Conclusões

A produção de *Brachiaria decumbens* não foi influenciada pelos tratamentos de recuperação, no primeiro ano (2010) de avaliação e no segundo ano (2011), os tratamentos com guandu e suas combinações; e quanto a época de corte, a janeiro teve a maior produção.

A massa de raiz/volume de solo foi influenciada pela época de amostragem, sendo o verão com maior desempenho;

A ocorrência de espécies nativas espontâneas foi um indicativo do processo de recuperação do solo, sendo que a espécie *M. acutifolium* foi a mais adaptada.

A taxa de crescimento da *M. acutifolium* foi influenciada pelos tratamentos de recuperação e o número de indivíduos na área experimental foi influenciado pela distância da planta-matriz.

A taxa de desenvolvimento da *M. acutifolium* foi maior nos tratamentos com calcário+gesso+adubos verdes.

#### 4.6 Referências

AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. ; BORTOLOZO, F. R. Implantação de espécies nativas para recuperação de áreas degradadas em região de Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau. **Anais...** Blumenau: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, 2000. CD-ROM.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. ; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 277-88, 2000.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2505-2516, 2008.

ARRUDA, O. G. **Uso de resíduo da extração de celulose e o impacto em solo de cerrado cultivado com eucalipto e espécie arbórea nativa.** 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

AVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p.:289-297, 2000.

BONI, N. R.; ESPINDOLA, C. R.; GUIMARÃES, E. C. Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 563-568.

BONINI, C. S. B.; OLIVEIRA, B. A.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 15., 2007, Pirassununga. **Anais...** São Paulo: USP, 2007.

CAMPOS, F. S. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de Latossolo Vermelho degradado.** 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

CAMPOS, F. S. ; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p.1389-1397, 2008.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de Braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 195-200, 1991.

CECONI, D. E.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; POLLETO, I. **Uso da braquiária na recuperação de solo degradado pela mineração de carvão**. Santa Maria: UFSM, 2006. Disponível em: <<http://www.coralx.ufsm.br>>. Acesso em: 13 out. 2008.

COLODRO, G. **Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto**. 2005. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

COSTA, C. D. O. **Regeneração de espécies arbóreas em um subsolo degradado revegetado com *Brachiaria decumbens* stapf**. 2007. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2007.

DURIGAN, G. **Técnicas silviculturais aplicadas à restauração de ecossistemas**. In: SIMPÓSIO SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSSISTEMAS NATURAIS, 1, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 1999.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 3-26.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1-15, 2007.

FUGIWARA, M.; KURACHI, S.A.H.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C.M.; SAKAI, E. **A técnica de estudo de raízes pelo método do trado**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1994. 9p. (Boletim Técnico, 153)

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 113-157.

KAWATOKO, M. **Produção e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens*, Stapf em função da aplicação de calcário, nitrogênio e zinco em solo originalmente sob vegetação nativa de cerrado**. 1999. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1.

LUCHESE, L. A. C.; MORAES, A.; SANTOS, H. R.; SOUZA, M. L. P. Pastagens: um sistema de produção para reabilitação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1992. p. 83-92.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 449-455, 1994.

MELO, V. P.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M.; CENTURION, J. F.; MELO, W. J. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 67-72, 2004.

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora da UFLA, 2002. 623 p.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; AGUIAR, R. N. S. et al. Silagem do excedente de produção de pastagens para suplementação na seca. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 2, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia:CBNA, 2000. p.121-138.

PEREIRA, P. J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 1990. p. 140-154.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Viabilidade do uso da adubação verde nos agrossistemas da região de São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 329-336, 1998.

PIZARRO, E. A.; VALLE, C. B.; KELLER-GREIN, G.; SCHULZE-KAFT, F.; ZIMMER, A. H. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical américa-savanas. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Brasília: EMBRAPA/CNPQC, 1996. p. 225-246.

POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A.A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8, 1996, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 225-242.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 93-108.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 79-88.

SUZUKI, L. G. A. S. **Recuperação de um solo com adubo verde, lodo de esgoto e revegetado com uma espécie arbórea**. 2005. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação (Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; CARVALHO, A. M.; BURLE, M. L. ; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G. ; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa, 2004. p. 97-127.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M; BARCELLOS, A. de O.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.153- 208.