

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**MATÉRIA ORGÂNICA E AGREGAÇÃO DO SOLO NA ROTAÇÃO  
LAVOURA-PASTAGEM EM AMBIENTE TROPICAL**

**JÚLIO CESAR SALTON**  
**(Tese)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**MATÉRIA ORGÂNICA E AGREGAÇÃO DO SOLO NA ROTAÇÃO  
LAVOURA-PASTAGEM EM AMBIENTE TROPICAL**

JÚLIO CESAR SALTON  
Engenheiro-Agrônomo (UPF)  
M.SC. Ciência do Solo (UFRGS)

Tese apresentada como  
um dos requisitos à obtenção do  
Grau de Doutor em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil  
Novembro de 2005

CIP - CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO

S179m Salton, Júlio Cesar  
Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical / Júlio Cesar Salton - Porto Alegre: J.C. Salton, 2005.

xviii, 158 f.; il.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

1. Solo : Manejo : Matéria orgânica : Plantio direto : Sistema de rotação : Lavoura : Pastagem : Ambiente tropical : Brasil - Região Centro-Oeste I. Título.

CDD: 631.4  
CDU: 631.4

Catálogo na publicação:  
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS

JULIO CESAR SALTON  
Engenheiro Agrônomo - UPF  
Mestre em Ciência do Solo - UFRGS

## TESE

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

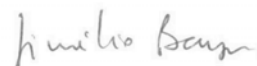
### DOUTOR EM CIÊNCIA DO SOLO


Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.11.05  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 29.12.05  
Por


  
JOÃO MIELNICZUK  
Orientador-PPG-Ciência do Solo

  
CIMÉLIO BAYER  
Coordenador do PPG Ciência  
do Solo

  
CIMÉLIO BAYER  
PPG-Ciência do Solo/UFRGS

  
MANUEL CLÁUDIO MOTTA MACEDO  
EMBRAPA - Gado de Corte/MS

  
FABIANE MACHADO VEZZANI  
IRGA/RS

  
GILMAR ARDUINO B MARODIN  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

*Dedicado à minha família.*

## **AGRADECIMENTOS**

- A Embrapa por viabilizar a realização do curso;
- Ao Professor João Mielniczuk, pela orientação e pela oportunidade de repetir a ótima experiência de convivência e aprendizagem;
- Ao Professor Cimélio Bayer, pelo empenho em nos auxiliar em todos os momentos e pelos ensinamentos;
- Aos Professores Paulo Carvalho e Alberto Inda Jr. pelos ensinamentos e sugestões;
- A Fundação Agrisus e Fundect pelo apoio financeiro;
- Ao PPG Ciência do Solo / UFRGS e seus professores, pela formação acadêmica e convivência;
- Aos colegas do PPG Ciência do Solo/UFRGS, em especial à Madalena, Paulo Cesar, Nilvânia, Márcia, Jeferson, Frederico, Josiléa, Falberni, Fabiano, ao acadêmico Diego, pelo auxílio nas atividades de campo e de laboratório, pela discussão científica, troca de idéias e amizade, valeram as mateadas!
- Aos funcionários do Departamento de Solos da UFRGS, Luis da Silveira (Tonho), Jader Amaro, José da Silva (Zé), pela presteza em nos auxiliar em todos os momentos;
- Ao colega Amoacy Fabrício (Embrapa Agropecuária Oeste) pelo apoio constante (Conselheiro acadêmico);
- Aos pesquisadores Manoel Macedo (Embrapa Gado de Corte) e Dirceu Broch (Fundação MS) pela ajuda e disponibilização dos experimentos de suas instituições;
- A Lana e ao Julinho pela compreensão e permanente estímulo;
- A Deus por permitir que tudo isto tenha sido realidade.

# **MATÉRIA ORGÂNICA E AGREGAÇÃO DO SOLO NA ROTAÇÃO LAVOURA-PASTAGEM EM AMBIENTE TROPICAL<sup>1/</sup>**

Autor: Júlio Cesar Salton

Orientador: Prof. João Mielniczuk

## **RESUMO**

A região Centro-Oeste é muito importante para a produção agropecuária do Brasil. Neste ambiente, o plantio direto (PD), aliado à rotação de culturas e pastagens, é apontado como a forma de manejo do solo mais adequada para conciliar produtividade com sustentabilidade. Para estudar os efeitos de sistemas de manejo sobre a agregação e a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), três experimentos de longa duração, localizados em Mato Grosso do Sul, foram avaliados quanto ao teor e os estoques de carbono orgânico total (COT) e de C nas frações da MOS, particulada (MOP) e associada aos minerais do solo (MOM). Foram determinados também, a agregação do solo via peneiramento em água e a seco, o diâmetro médio ponderado (DMP) e o índice de estabilidade dos agregados (IEA). Os sistemas de manejo foram constituídos de lavouras, em PD e preparo convencional (PC), pastagens permanentes e rotação de lavouras (soja) com pastagem em PD, além de área com vegetação natural. Os sistemas de manejo contendo pastagens, de forma isolada ou em rotação com lavouras, apresentaram os maiores estoques de COT e maior agregação do solo. Verificou-se importante efeito das pastagens na formação de macroagregados, cuja estabilidade se relacionou positivamente com a concentração de COT no solo. São discutidas as relações entre o acúmulo de C no solo e a proteção proporcionada pela oclusão da MOP e pela maior dificuldade de decomposição MOM no interior dos agregados. As taxas médias de acúmulo de C no solo (0 a 20 cm) para os sistemas com rotação lavoura-pastagem foram de 0,4 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em relação à lavouras em PD. O teor de C nas frações da MOS, DMP e estoques de COT, possibilitaram o cálculo de indicadores de qualidade dos sistemas de manejo (Índice de Manejo do C, Índice de estratificação e Nível de Ordem), os quais evidenciaram a importância de utilização da rotação lavoura-pastagem em PD neste ambiente.

---

<sup>1/</sup> Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (176 p.) Novembro, 2005. Trabalho realizado com apoio financeiro da Fundação Agrisus e Fundect.

# ORGANIC MATTER AND SOIL AGGREGATION UNDER CROP-PASTURE ROTATION IN TROPICAL ENVIRONMENT <sup>1/</sup>

Author: Júlio Cesar Salton

Adviser: Prof. João Mielniczuk

## ABSTRACT

The West-Central region is very important for the agricultural production in Brazil. In this environment, the no-tillage (NT), associated to the annual crop and pastures rotation, is recognized as the soil management more adapted to reconcile productivity with sustainability. To study the effects of management systems, on the aggregation and the dynamics of the soil organic matter (SOM), three long-term experiments, located in state of Mato Grosso do Sul, Brazil, were evaluated with relation to the concentration and the stocks of total organic carbon (TOC) and of C in its fractions, as particulate soil organic matter (POM) and associated to the minerals of the soil (MOM). It was also determined the aggregation of the soil through dry and wet sieving method, the mean weight diameter (MWD) and the index of aggregates stability (IAE). The management systems studied was constituted of annual crops, under NT and conventional tillage (CT), continuous pastures, crop-pasture rotation with soybean under NT, and natural vegetation (NV) area. The systems with continuous pastures or in rotation with crops, presented the largest stocks of TOC and larger aggregation of the soil. Important effect of the pastures was verified in the formation of macro-aggregates, whose stability was positively related with the concentration of TOC in the soil. The relationships among the accumulation of C in the soil and the protection provided by the occlusion of POM and the decomposition difficulty of MOM inside the aggregate also are discussed. The medium rates of accumulation of C in the soil (0 to 20 cm) in comparison to the annual crop system, for crop-pasture system were of 0.42 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The concentration of C in the fractions of the SOM, MWD and stocks of TOC, made possible calculation quality indicators of soil management systems (C Management Index, Stratification Ratio and Order Level), which evidenced the importance of the crop-pasture rotation under NT on this environment.

---

<sup>1/</sup> Doctoral thesis in Soil Science. – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (176 p.) November, 2005.



## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Caracterização do ambiente.....	3
2.2 A produção primária na região Centro-Oeste do Brasil .....	4
2.3 Práticas de manejo do solo em uso na região .....	4
2.4 Modelo conceitual.....	6
2.5 Matéria Orgânica do solo .....	7
2.6 Adição de carbono ao solo .....	10
2.6.1 Adição de carbono por lavouras.....	10
2.6.2 Adição de carbono por pastagens.....	13
2.7 Decomposição da MOS.....	16
2.8 Formação de agregados do solo.....	18
2.9 Qualidade da MOS .....	20
2.10 Indicadores de qualidade dos sistemas .....	21
2.11 Seqüestro de carbono atmosférico .....	23
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS .....	25
3.1 Hipóteses.....	25
3.2 Objetivos.....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....	27
4.1 Áreas experimentais .....	27
4.2 Produtividade dos sistemas.....	28
4.3 Amostragem do solo e determinações.....	30
4.4 Estabilidade dos agregados do solo .....	30
4.4.1 Peneiramento via úmida.....	31
4.4.2 Peneiramento a Seco .....	32
4.5 Fracionamento físico da MOS.....	33
4.5.1 Fracionamento da matéria orgânica particulada (MOP) .....	34
4.6 Cálculos de índices de manejo.....	35
4.7 Análise estatística.....	36
5. EXPERIMENTO – DOURADOS .....	38
5.1 Descrição do experimento.....	38
5.2 Resultados e discussão.....	41
5.2.1 Agregação do solo.....	41
5.2.2 Carbono no solo .....	47
5.2.3 Fracionamento da MOS .....	50
5.2.4 Qualidade da MOS .....	53
5.2.5 Índice de manejo do carbono (IMC).....	54

5.3 Conclusões .....	56
6. EXPERIMENTO - MARACAJU .....	58
6.1 Descrição do experimento .....	58
6.2 Resultados e discussão.....	61
6.2.1 Agregação do solo.....	61
6.2.3 Fracionamento da MOS .....	70
6.2.4 Qualidade da MOS .....	71
6.2.5 Índice de manejo do carbono (IMC).....	72
6.3 Conclusões .....	73
7. EXPERIMENTO - CAMPO GRANDE .....	74
7.1 Material e Métodos .....	74
7.2 Resultados e discussão.....	77
7.2.1 Agregação do solo.....	77
7.2.2 Carbono no solo .....	82
7.2.3 Fracionamento da MOS .....	86
7.2.4 Qualidade da MOS .....	89
7.2.5 Índice de manejo do carbono (IMC).....	91
7.3 Conclusões .....	92
8. DISCUSSÃO GERAL .....	93
8.1 Acúmulo de carbono no solo .....	93
8.2 Sistemas de manejo x ambiente .....	95
8.3 Carbono e agregados do solo .....	98
8.4 Capacidade do subsistema solo estocar C .....	105
8.4.1 Mineralogia do solo e acúmulo de C .....	108
8.5 Balanço de C no solo .....	109
8.6 Indicador de qualidade do sistema.....	113
9. CONCLUSÕES GERAIS.....	116
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
11. APÊNDICES .....	127
12. RESUMO BIOGRÁFICO .....	158

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Estimativa da área cultivada com as principais culturas nos estados da região Centro-Oeste na safra 2004/2005 .....	5
2. Caracterização do solo dos experimentos de Dourados, Maracaju e Campo Grande a partir de amostras da camada 0 a 20 cm, coletadas em cada sistemas de manejo e de amostra composta de todo o experimento (Geral) .....	28
3. Produtividade de grãos de soja e ganho de peso vivo por bovinos obtidos nos sistemas de produção dos experimentos de Dourados, Maracaju e Campo Grande .....	29
4. Valores médios para acidez, cátions trocáveis e fósforo de camadas do solo do experimento de Dourados avaliados em 1995 .....	39
5. Distribuição da massa de um Latossolo Vermelho distroférico típico, quanto ao tamanho dos agregados estáveis em água, nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, submetido a sistemas de manejo durante 9 anos .....	43
6. Estoque de carbono orgânico no solo e respectivo desvio padrão da média, de camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos.....	50
7. Subíndices de labilidade (ILab) e de estoque de carbono orgânico (IEC) e índice de manejo de carbono (IMC) em um LVDf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos .....	55
8. Valores médios para acidez, cátions trocáveis, fósforo e matéria orgânica de camadas do solo do experimento de Maracaju avaliados em setembro de 1993 .....	59
9. Distribuição da massa de um Latossolo Vermelho de Maracaju,MS, quanto ao tamanho dos agregados estáveis em água, nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	62

10. Estoque de carbono orgânico no solo e respectivo desvio padrão da média, de camadas de um LVdf de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	70
11. Subíndices de labilidade (ILab) e de estoque de carbono orgânico (IEC) e índice de manejo de carbono (IMC) em um LVDf de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	73
12. Valores médios para saturação de bases, fósforo e matéria orgânica do solo no experimento de Campo Grande, avaliados em maio de 1994 .....	75
13. Distribuição da massa de um Latossolo Vermelho de Campo Grande,MS, quanto ao tamanho dos agregados estáveis em água, nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	78
14. Estoque de carbono orgânico no solo e respectivo desvio padrão da média, de camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	85
15. Teores de C nas frações da matéria orgânica do solo em camadas de um LV de Campo Grande submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	88
16. Subíndices de labilidade (ILab) e de estoque de carbono orgânico (IEC) e índice de manejo de carbono (IMC) em um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos .....	92
17. Estoques de carbono orgânico total (COT), associado a matéria orgânica particulada (C-MOP) e associado aos minerais (C-MOM) na camada 0 a 20 cm do solo, em experimentos com longa duração com diferentes sistemas de manejo .....	98
18. Atributos indicadores da organização da estrutura do solo, avaliados em experimentos de longa duração sob diferentes sistemas de manejo .....	104
19. Quantidade de C-MOM em relação ao teor médio de argila na camada 0 a 20 cm, em experimentos de longa duração sob diferentes sistemas de manejo .....	108
20. Energia necessária para a máxima dispersão do solo por ultrassom, teores de C e de óxidos de Fe, relações entre óxidos e minerais de amostras compostas, da camada 0 a 20 cm, de experimentos em Mato Grosso do Sul .....	109
21. Estoques de carbono orgânico (COT) na camada 0 a 20 cm do	

solo de experimentos de longa duração e taxas anuais médias de retenção de C no solo para diferentes sistemas de manejo .....	111
22. Atributos qualitativos de sistemas de manejo do solo utilizados em experimentos de longa duração.....	115

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Modelo conceitual de um sistema misto de produção agropecuária, com o carbono (©) presente em todos os compartimentos e nas interações entre os componentes .....	7
2. Mapa com a localização da região Cento-Oeste do Brasil e dos experimentos estudados .....	28
3. Esquema utilizado para classificação do solo em classes de tamanho dos agregados e exclusão das partículas individuais simples .....	32
4. Esquema demonstrando o procedimento para determinação das frações livre e oclusa da matéria orgânica particulada (MOP) e fração associada aos minerais (MOM), para classes de tamanho de agregados estáveis do solo .....	35
5. Esquema das seqüências de culturas nos sistemas de produção amostrados do experimento na Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados,MS .....	40
6. Distribuição da precipitação pluvial durante a safra 2003/04 e a média histórica em Dourados,MS. (Fonte: Embrapa Agropecuária Oeste e UFMS) .....	41
7. Distribuição dos agregados da camada 0 a 5 cm, agrupados em 3 classes de tamanho para os sistemas L-PC = lavouras em preparo convencional, L-PD = lavouras em Plantio Direto, S2P2 = rotação soja/pastagem de <i>B. decumbens</i> em ciclos de 2 anos e PP = Pastagem permanente de <i>B. decumbens</i> .....	44
8. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis de camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de <i>B. decumbens</i> , VN = vegetação natural. Barras verticais indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indicam semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade .....	45

9. Índice de estabilidade dos agregados (IEA) para camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural. Barras verticais indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indicam semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade . 46
10. Teor de carbono orgânico em camadas de um LVdf de Dourados, MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. As barras indicam o valor para DMS 5%. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural ..... 47
11. Evolução do estoque de carbono orgânico na camada de 0 a 20 cm de um LVdf de Dourados,MS submetido a usos e formas de manejo ao longo do tempo. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural .... 49
12. Estoques de C-MOP em camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos, letras iguais para a profundidade no interior das barras e para a camada 0 a 20 cm no topo das barras, indicam semelhança a DMS 5%. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural ..... 52
13. Evolução do estoque de C na matéria orgânica associada aos minerais (C-MOM) e particulada (C-MOP), na camada 0 a 20 cm de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo no período 1996 a 2004. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural .... 53
14. Labilidade da MOS (C-MOP/C-MOM) de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. As linhas indicam a DMS 5% para cada camada. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural ..... 54
15. Evolução do Índice de Manejo Carbono (IMC) para sistemas de

manejo de um LVdf de Dourados,MS. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de <i>B. decumbens</i> , VN = vegetação natural .....	56
16. Esquema das seqüências de culturas nos sistemas de produção amostrados do experimento na Fundação MS, Maracaju,MS .....	60
17. Distribuição da precipitação pluvial durante a safra 2003/04 e a média histórica em Maracaju,MS. (Fonte: Fundação MS) .....	60
18. Distribuição relativa (%) da massa dos agregados da camada 0 a 5 cm, agrupados em 3 classes de tamanho para os sistemas L-PD = lavouras em Plantio Direto, S2P2d = rotação soja/pastagem de <i>B. decumbens</i> em ciclos de 2 anos e PPd = Pastagem permanente de <i>B. decumbens</i> .....	63
19. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis de camadas de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 2 anos, PPd = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PPb = pastagem permanente ( <i>B. brizantha</i> ) e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade .....	64
20. Índice de estabilidade dos agregados (IEA) de camadas de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 2 anos, PPd = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PPb = pastagem permanente ( <i>B. brizantha</i> ) e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade .....	65
21. Sistema radicular de pastagem de <i>B. brizantha</i> implantada a 11 anos no experimento de Maracaju .....	66
22. Teor de carbono orgânico em camadas de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. As barras indicam o valor para DMS 5%. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 2 anos, PPd = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PPb = pastagem permanente ( <i>B. brizantha</i> ) e VN = vegetação natural .....	67
23. Estoque de carbono orgânico em um LV de Maracaju submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. Valores para 1993 a 2002	



provenientes de relatórios do experimento. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 2 anos, PPd = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PPb = pastagem permanente ( <i>B. brizantha</i> ) e VN = vegetação natural .....	68
24. Estoques de C-MOP em camadas de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 2 anos, PPd = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PPb = pastagem permanente ( <i>B. brizantha</i> ) e VN = vegetação natural. Letras iguais, para a profundidade, no interior das barras e para a camada 0 a 20 cm no topo das barras, indicam semelhança a DMS 5% .....	71
25. Labilidade da MOS (C-MOP/C-MOM) de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. decumbens</i> ) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 2 anos, PPd = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PPb = pastagem permanente ( <i>B. brizantha</i> ) e VN = vegetação natural. As barras indicam o valor para DMS 5% .....	72
26. Esquema das seqüências de culturas nos sistemas de produção amostrados do experimento na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande,MS. *semeadura simultânea da pastagem com milho .....	76
27. Distribuição da precipitação pluvial durante a safra 2003/04 e a média histórica em Campo Grande,MS. (Fonte: Embrapa Gado de Corte e INMET) .....	77
28. Distribuição relativa (%) da massa dos agregados da camada 0 a 5 cm, agrupados em 3 classes de tamanho para os sistemas L-PC = Lavouras em preparo convencional, L-PD = lavouras em Plantio Direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 3 anos, PP= pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ) .....	79
29. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis de camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem ( <i>P. maximum</i> ) por 4 anos, PP = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PP+L = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade .....	80
30. Índice de estabilidade dos agregados (IEA) de camadas de um LV	

- de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade ..... 81
31. Teor de carbono orgânico em camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. As barras indicam o valor para DMS 5% ..... 83
32. Estoque de carbono orgânico em um LV de Campo Grande submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. Valor estimado para 1995 com base em Macedo et al.,2001 ..... 85
33. Estoques de C-MOP em camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos, Letras iguais para a profundidade no interior das barras e para a camada 0 a 20 cm no topo das barras, indicam semelhança a DMS 5%. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural ..... 87
34. Teores de COT e C-MOP oclusa nas classes de tamanho dos agregados de camadas de um LV de Campo Grande submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas ..... 89
35. Labilidade da MOS (C-MOP/C-MOM) de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por

3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem ( <i>P. maximum</i> ) por 4 anos, PP = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PP+L = pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. As barras indicam a DMS 5% para cada camada .....	90
36. Valores relativos de estoques médios de carbono orgânico (COT) no solo, em sistemas de manejo ordenados em função do aporte de C via fitomassa (fluxo de energia), em experimentos de longa duração na região Centro-Oeste do Brasil. (Vegetação Natural = 100%, as barras indicam o valor do desvio padrão da média, quando $n > 1$ ). L-PC: soja em plantio convencional, L-PD: soja em plantio direto, S4P4: rotação soja por 4 anos – pastagem ( <i>P. maximum</i> ) por 4 anos, S1P3: rotação soja por 1 ano – pastagem ( <i>B. brizantha</i> ) por 3 anos, S2P2: rotação soja por 2 anos – pastagem por 2 anos ( <i>B. decumbens</i> ), PP: pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ), PP+L: pastagem permanente ( <i>B. decumbens</i> ) consorciada com leguminosas .....	95
37. Relações entre o tamanho dos agregados estáveis em água (DMP) e o carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) e o carbono da matéria orgânica associada aos minerais do solo (C-MOM), na camada 0 a 20 cm de Latossolos submetidos a sistemas de manejo em Mato Grosso do Sul. Para o ajuste da equação C-MOP foram excluídos os pontos referentes ao experimento de Campo Grande ...	101
38. Esquema ilustrando o processo de formação de macroagregados constituídos por partículas minerais e matéria orgânica em diferentes posições, classificada como MOP livre: matéria orgânica particulada livre, MOP oclusa: matéria orgânica particulada oclusa, MOM: matéria orgânica associada aos minerais. As letras indicam a maior suscetibilidade ao ataque pelos microrganismos decompositores, sendo o sítio A o mais suscetível e D o menos suscetível (A>B>C>D) .....	103
39. Relação entre Carbono do solo e o índice de estabilidade dos agregados do solo obtidos para a camada 0 a 20 cm de latossolos sob sistemas de manejo em experimentos de longa duração em Mato Grosso do Sul .....	105
40. Relações entre os teores de C nas frações particulada (C-MOP) e associada aos minerais (C-MOM) da matéria orgânica do solo e o carbono orgânico total (COT), em diferentes camadas do solo ( $n = 18$ ). Amostras provenientes de três experimentos de longa duração em Mato Grosso do Sul .....	106

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Valores de Carbono orgânico total (COT), carbono na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), carbono na fração da matéria orgânica associada aos minerais do solo (C-MOM) e densidade (DS) de amostras de solo do experimento de Douradas coletadas em 1996, 1998 e 2001, sob diferentes sistemas de manejo.....	127
2. Valores relativos a determinações de carbono orgânico total (COT), Densidade do solo (DS), carbono na fração > 0,053 mm, C na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), C na fração associada aos minerais do solo (C-MOM), labilidade da matéria orgânica (Lab), índice de labilidade (ILab), índice de estoque do C (IEC) e índice de manejo do C (IMC) do experimento de Dourados .....	128
3. Valores relativos a determinações de carbono orgânico total (COT), Densidade do solo (DS), carbono na fração > 0,053 mm, C na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), C na fração associada aos minerais do solo (C-MOM), labilidade da matéria orgânica (Lab), índice de labilidade (ILab), índice de estoque do C (IEC) e índice de manejo do C (IMC) do experimento de Maracaju .....	130
4. Valores relativos a determinações de carbono orgânico total (COT), Densidade do solo (DS), carbono na fração > 0,053 mm, C na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), C na fração associada aos minerais do solo (C-MOM), labilidade da matéria orgânica (Lab), índice de labilidade (ILab), índice de estoque do C (IEC) e índice de manejo do C (IMC) do experimento de Campo Grande .....	132
5. Valores observados para a determinação da estabilidade dos agregados em água no experimento de Dourados .....	135
6. Valores observados para a determinação da estabilidade dos agregados em água no experimento de Maracaju .....	142
7. Valores observados para a determinação da estabilidade dos agregados em água no experimento de Campo Grande .....	149

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, muito vem sendo comentado sobre os possíveis danos ambientais decorrentes das atividades agrícolas, especialmente através da expansão das áreas com lavouras e pastagens na região dos Cerrados e da Amazônia. Consideramos necessário promover o desenvolvimento do País, para tanto nada mais justo que sejam utilizados seus recursos naturais para a ampliação da produção de alimentos, fibras e combustíveis com os conseqüentes efeitos em toda a cadeia econômica, à qual está vinculada a melhoria da condição de vida da população. Associar a utilização agrícola dos solos a danos ambientais de forma generalizada é um equívoco, pois há inúmeras maneiras de utilizar tais recursos, as quais podem contemplar desde métodos com objetivos imediatistas ao emprego de tecnologias adequadas ao ambiente. Ao setor científico e tecnológico cabe apontar as maneiras pelas quais o processo produtivo pode atingir seus objetivos, sem contudo resultar em danos irreversíveis ao ambiente.

Neste sentido, a adoção de determinadas tecnologias, como aquelas envolvidas com o Sistema Plantio Direto, tem contribuído expressivamente para a redução da erosão do solo, melhoria na fertilidade do solo, redução de custos, redução da influência de eventos climáticos e maiores produtividades das culturas, associados a melhorias substanciais nas condições de vida dos agricultores e suas famílias. O aumento nos índices de produtividade agrícola não é antagônico a preservação dos recursos naturais, pois é possível produzir eficientemente não apenas com um horizonte de curto prazo, mas realmente de forma sustentável, mantendo ou melhorando a capacidade produtiva do solo para sua utilização futura, permitindo o real crescimento social e econômico.

Este trabalho teve como tema central, o estudo de alternativas de sistemas de manejo do solo, envolvendo lavouras e pastagens em Plantio

Direto, na região Centro-Oeste do Brasil e objetivou contribuir na ampliação dos conhecimentos de formas produtivas que resultem em menores impactos ao ambiente, preservando e ampliando a capacidade produtiva dos solos. O principal critério qualitativo de avaliação dos sistemas de manejo foi o seu efeito sobre a matéria orgânica do solo, uma vez que este componente do solo, ao se relacionar com múltiplos aspectos da sua qualidade e do ambiente, constitui-se em um dos principais responsáveis pela sustentabilidade dos sistemas agropecuários. A integração da agricultura com a pecuária, apresenta potencial para tornar-se o sistema predominante de uso dos solos da região Centro-Oeste do Brasil.

A hipótese geral do trabalho é de que a introdução de pastagens, de forma alternada com lavouras de soja, em Plantio Direto, possa resultar em aumento na matéria orgânica do solo.

As informações geradas estão organizadas em capítulos, inicialmente descrevendo os resultados de experimentos localizados em Dourados, Maracaju e Campo Grande (MS) e por fim, é feita uma análise conjunta dos sistemas de manejo, e suas relações com a matéria orgânica e agregação do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caracterização do ambiente

A região Centro-Oeste do Brasil, situa-se entre o paralelo 10<sup>0</sup>S e o trópico de Capricórnio, é constituída pelos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal, ocupando mais de 160 milhões de hectares. Seu relevo predominante é plano ou suavemente ondulado, possibilitando amplo uso de mecanização na agricultura . Os solos, de um modo geral, são muito intemperizados, pertencendo às classes dos Latossolos e Neossolos, apresentando em sua maioria, textura argilosa a média, com baixa fertilidade natural. A vegetação original em grande parte insere-se no bioma Cerrado, constituído pelos campos de cerrado e cerradão ou floresta subcaducifólia. Possui ainda inserção na área de floresta amazônica (norte e noroeste de MT) e o Pantanal Mato-Grossense. O clima de ocorrência mais comum, conforme a classificação de Köppen, é o Aw, com estação quente e chuvosa no verão e acentuadamente seca no inverno, ambas com duração e período do ano, bem definidos, a temperatura média situa-se entre 19 e 28<sup>0</sup>C e a precipitação pluvial é inferior a 2000 mm ano<sup>-1</sup>. Outros tipos de clima também ocorrem, como o Af e o Am, ambos quentes e úmidos com precipitações elevadas, ao norte da região; e o Cfa, mesotérmico com verão quente e sem estação seca, ou com estação seca pouco pronunciada, no Sul do Mato Grosso do Sul, onde se verifica, também, a ocorrência de geadas. O clima da região caracteriza-se ainda, por apresentar períodos de estiagem com duração variável na estação chuvosa, os chamados “veranicos”. Este fator, associado à extensa área de transição climática, confere relativa instabilidade ao rendimento das lavouras. Quanto a aspectos ambientais, o Centro-Oeste do Brasil ocupa posição estratégica, ao reunir as cabeceiras de importantes bacias

hidrográficas do continente, a Paraná/Paraguai (Prata) para a direção sul e dos rios Araguaia, Xingu e Tapajós (Amazonas) para a direção norte e abrigar grandes frações de importantes ecossistemas como os Cerrados e o Pantanal.

## **2.2 A produção primária na região Centro-Oeste do Brasil**

A região Centro-Oeste é estratégica para a produção primária do Brasil, uma vez que concentra o maior rebanho bovino de corte do país, superior a 65 milhões de cabeças, em mais de 45 milhões de hectares de pastagens cultivadas (IBGE,2005). Apresenta também, elevadas taxas de crescimento nos índices de produtividade de grãos e fibras, com intensa expansão da área de cultivo, ultrapassando 9,5 milhões de hectares com soja na safra 2004/05. A região é também importante produtor de outros grãos (milho, arroz), fibras (algodão), cana de açúcar, mandioca, tomate e expressiva produção de carnes de aves e suínos (CONAB,2005).

## **2.3 Práticas de manejo do solo em uso na região**

Esta região apresenta sérios problemas quanto à conservação dos recursos naturais, onde grande parte da área ocupada com pastagens encontra-se em avançado processo de degradação devido principalmente ao superpastejo, ou seja manutenção de carga animal superior à capacidade de suporte da pastagem e à ausência de adubação corretiva e de manutenção (Macedo, 2000).

Nas áreas com lavouras, verifica-se a predominância da monocultura da soja ocupando mais de 80% da área cultivada no verão. Para a safra 2004/05, dados da CONAB, dão conta que cerca de 13,1 milhões de hectares são cultivados no verão e apenas 6,1 milhões de hectares são cultivados no período de outono/inverno (Tabela 1), isto implica em que mais da metade da área cultivada no período das águas fica sem cobertura alguma em metade do ano, desta forma, com reduzido aporte de resíduos de culturas e praticamente inexistente proteção da superfície do solo.



Tabela 1 – Estimativa da área cultivada com as principais culturas nos estados da região Centro-Oeste na safra 2004/2005.

Período de cultivo	Culturas	Estado				Total
		MT	MS	GO	DF	
		ha x 1000				
Primavera e verão	Algodão	451,6	58,9	143,7	4,2	658,4
	Arroz	776,9	55,4	182,3	0,1	1014,7
	Milho	133,7	81,7	424,5	26,8	666,7
	Soja	6024,1	2030,8	2662,0	59,0	10775,9
	Feijão	1,9	1,5	34,7	9,7	47,8
	<b>Total</b>	<b>7388,2</b>	<b>2228,3</b>	<b>3447,2</b>	<b>99,8</b>	<b>13163,5</b>
Outono e inverno	Milho	880,0	407,1	172,3	6,7	1466,1
	Girassol	14,4	5,2	8,5	0,3	28,4
	Sorgo	105,6	56,9	276,5	3,5	442,5
	Trigo	0,5	136,0	21,7	1,2	159,4
	Feijão	35,3	17,6	73,7	4,4	131,0
	Aveia <sup>1</sup>	15,0	300,0	50,0	1,0	346,0
	Milheto <sup>1</sup>	2000,0	350,0	1200,0	10,0	2560,0
<b>Total</b>	<b>3050,8</b>	<b>1272,8</b>	<b>1802,7</b>	<b>27,1</b>	<b>6153,4</b>	

Fonte: CONAB,2005. <sup>1</sup>/Estimativa do autor

Como a cultura da soja, ocupa cerca de 80% da área cultivada no período das águas, e este percentual se mantém estável no tempo, pode-se deduzir que a utilização de rotação de culturas, ocorra no máximo, em apenas 20% da área. Apesar da intensa utilização do Plantio Direto no Brasil, estimado em 21,86 milhões de hectares para a safra 2003/04 (FEBRAPDP, 2005), este não é adotado em sua plenitude, pois como relatado acima, a maior parte da área não utiliza culturas para cobertura do solo na entressafra e rotação de culturas, pressupostos básicos para a execução do Sistema Plantio Direto. Há ainda expressiva área com o uso de sistema convencional de preparo, com intensa utilização de grades de discos. Estas práticas têm induzido a uma série de problemas ambientais, como: a degradação dos solos (compactação, erosão), a poluição e assoreamento de mananciais, maior ocorrência e severidade do ataque de pragas e doenças nas plantas, aumentos nos custos de produção e crescente dependência de insumos químicos. Esse modelo de produção agrícola resulta em perdas de carbono orgânico do solo pela atividade microbiana e através da erosão, bem como pela liberação de gases para a atmosfera, influenciando o efeito estufa e a temperatura do planeta.

Experiências de agricultores e trabalhos de pesquisa desenvolvidos nessa região apontam para a viabilidade da adoção do plantio direto, que associado a sistemas de rotação de culturas, pode ser uma alternativa viável

para, principalmente através do acúmulo de matéria orgânica no solo, minimizar ou eliminar esses problemas e obter aumentos gradativos e sustentáveis de produtividade com a melhoria da qualidade ambiental (Salton et al., 1995; Hernani et al., 1997; Broch et al., 1997; Saturnino & Landers, 1997; Hernani et al., 1999; Salton et al., 1999).

#### **2.4 Modelo conceitual**

A Figura 1 apresenta um modelo conceitual para o sistema de produção envolvendo lavouras e pastagens, sob a ótica da dinâmica do carbono no ambiente. Neste modelo, o fluxo de energia é representado pelo fluxo de carbono, que inicia com a transformação da energia luminosa em matéria através da fotossíntese no subsistema Vegetal. A seqüência deste fluxo de carbono no sistema de produção resulta na produção de grãos e de carne que são exportados. Uma parcela do C que entrou no sistema, transformado pela ação da biota do solo e não exportada ou perdida do sistema, pode ser armazenada no subsistema Solo como matéria orgânica (MOS), que interage com a matéria mineral do solo formando agregados, cujos tamanhos e estabilidade são dependentes, principalmente, da intensidade do fluxo de C para o solo. A quantidade de macroagregados estáveis expressa a auto-organização do sistema, resultante de múltiplas e complexas interações, em níveis crescentes de ordem. O atingimento de determinado nível de ordem, possibilita a manifestação de propriedades emergentes do subsistema Solo, as quais são altamente desejáveis e relacionadas com a produtividade do sistema e qualidade do solo. Como a presença do subsistema Animal implica em efeitos diretos sobre os subsistemas Vegetal e Solo, são ampliadas as relações entre os compartimentos, tornando-as mais complexas. Como os fluxos de entradas e de saídas são dinâmicos ao longo do tempo, o nível de organização do sistema obedece à continuidade e magnitude destes fluxos, que quando positivos, proporcionam aporte de energia para manutenção do mesmo em um nível de ordem superior, desta forma conferindo maior sustentabilidade e qualidade. Este modelo conceitual de sistema de produção com integração lavoura-pecuária é uma ampliação do modelo proposto por Vezzani (2001) de funcionamento do sistema Solo, com a inclusão do subsistema Animal.

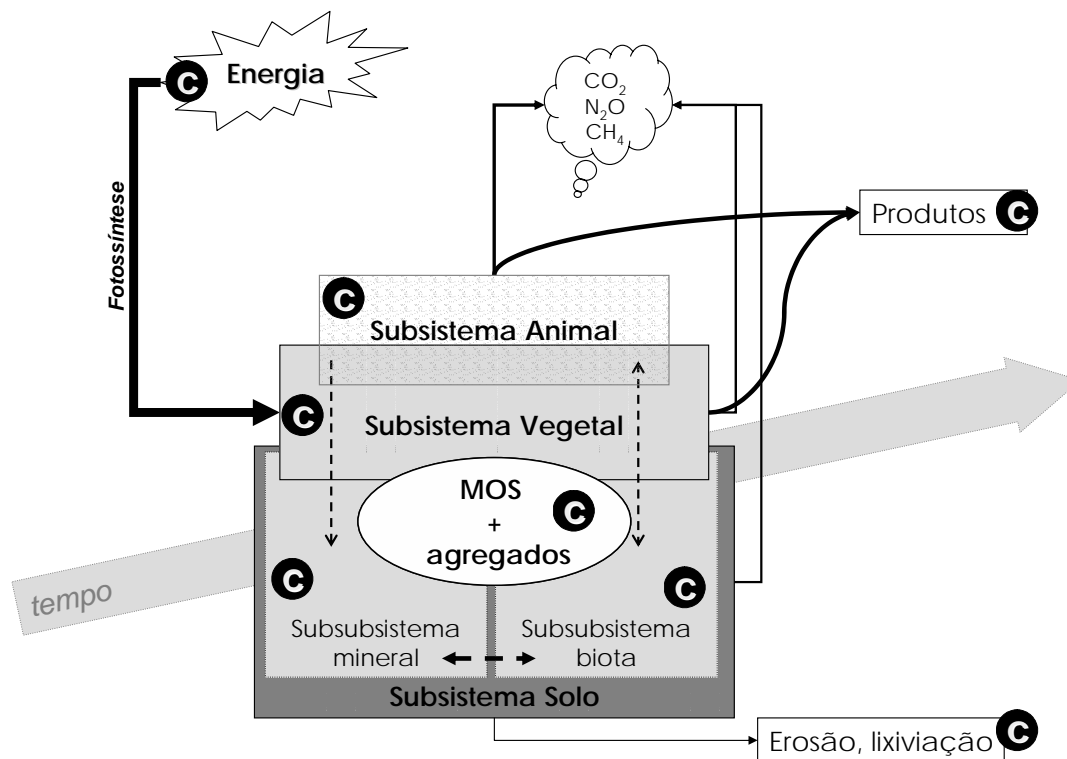


Figura 1 – Modelo conceitual de um sistema misto de produção agropecuária, com o carbono (©) presente em todos os compartimentos e nas interações entre os componentes.

## 2.5 Matéria Orgânica do solo

A capacidade do solo funcionar, dentro dos limites de um ecossistema natural, sustentando a produtividade biológica, mantendo ou melhorando a qualidade ambiental e promovendo a saúde das plantas e dos animais, é a definição de “qualidade do solo” emitida por Doran & Parkin, (1994). Estes e outros autores como Mielniczuk (1999), apontam aspectos relacionados com o acúmulo e armazenamento da matéria orgânica do solo (MOS) como um dos atributos do solo mais fortemente relacionado à sua qualidade, tendo sido utilizado como indicador, especialmente por ser altamente sensível ao sistema de manejo adotado e correlacionar-se com a maioria dos atributos relacionados à qualidade do solo. Com o acúmulo de MOS e ativação de diversos processos no solo, manifestam-se diversas “propriedades emergentes” como a maior resistência à erosão, maior taxa de infiltração e retenção de água no solo, aumentos na capacidade de retenção de cátions, no estoque de nutrientes, na adsorção e complexação de compostos,

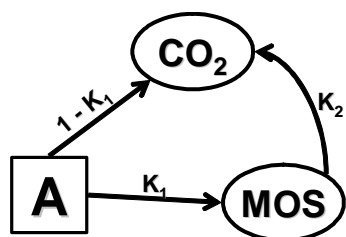
na ciclagem de elementos químicos, no seqüestro de carbono atmosférico, na atividade e diversidade biológica do solo e na resistência a perturbações (Vezzani, 2001; Mielniczuk et al., 2003).

Desta forma, os sistemas de manejo do solo devem ter como objetivo, além da produção primária de qualidade, o aumento da MOS. O Plantio Direto (PD), por manter os resíduos vegetais sobre a superfície do solo e reduzir o revolvimento do solo, tem sido apontado como um dos meios para aumentar o armazenamento do carbono no solo e, conseqüentemente, proporcionar a ativação das propriedades emergentes citadas anteriormente. Contudo, não basta apenas ausência de revolvimento do solo, mas também, a adoção de sistemas de rotação que incluam culturas com elevada relação C:N e formação de fitomassa, que são fundamentais a este processo (Bayer & Mielniczuk, 1999; Bayer et al., 2000).

O estoque de carbono orgânico, principal componente da MOS, varia em função de sua taxa de perda, que envolve aquelas decorrentes da erosão e oxidação microbiana, e em função de sua taxa de adição por resíduos vegetais ou esterco animais. Em solos sob vegetação natural, como não há influência antrópica, o estoque de carbono orgânico é determinado, principalmente, pelas condições climáticas como temperatura e ocorrência de chuvas, e pelo tipo de solo, devido a influências destes fatores nas taxas de adição e de perda (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Em solos agrícolas, além destes fatores mencionados acima, os estoques de matéria orgânica dependem do sistema de manejo adotado. Normalmente, a taxa de perda é diretamente relacionada à intensidade de revolvimento do solo, pelos seus efeitos na erosão hídrica e sobre fatores que afetam a atividade microbiana e exposição da matéria orgânica aos microrganismos e suas enzimas (Gregorich et al., 1998; Balesdent et al., 2000). Desta forma, solos submetidos a sistemas de preparo convencional com revolvimento do solo por gradagens, apresentam um decréscimo expressivo nos estoques de MOS. A magnitude destes efeitos depende do clima, do tipo de solo e sistemas de cultura utilizados. Em regiões tropicais as taxas de perda da matéria orgânica são até cinco vezes maiores do que em regiões temperadas (Sanchez & Logan, 1992).

Uma forma de abordar a dinâmica da MOS é considerar os fluxos de entrada e saída durante um período de tempo, sendo que a quantidade de MOS presente no solo é o resultado da diferença entre a quantidade adicionada e a quantidade perdida. Este balanço pode ser representado de forma simplificada, por um modelo uni-compartimental como o proposto por Hénin & Dupuis (1945), no qual consideram-se as adições e taxas de transformação de carbono (principal componente da MOS) para um período de tempo, conforme o esquema abaixo:



Modelo de Hénin-Dupuis

$$Ct = \underbrace{C_0 e^{-k_2 t}}_{\text{Perda}} + \underbrace{\frac{k_1 A}{k_2} (1 - e^{-k_2 t})}_{\text{Adição}} \quad (1)$$

Neste modelo  $Ct$  é a quantidade de carbono no solo em um determinado tempo  $t$ ,  $C_0$  é o estoque original de carbono no solo,  $A$  a adição anual de resíduos vegetais,  $k_1$  a taxa de conversão dos resíduos vegetais em MOS (coeficiente isohúmico) e  $k_2$  a taxa de mineralização da MOS.

Derivando-se a equação (1), obtém-se:

$$\frac{dC}{dt} = k_1 A - k_2 C \quad (2)$$

onde  $\frac{dC}{dt}$  expressa a variação da quantidade de  $C$  no solo num dado intervalo de tempo, geralmente considerado de um ano, em função da taxa de adição ( $k_1 A$ ) e a taxa de perda ( $k_2 C$ ) do carbono do solo.

Bolinder et al (1999) e Gregorich et al (1995) apontam valores de  $k_1$  variando de 0,077 a 0,23 tendo como média 0,122, ou seja, nesta situação 12,2% do  $C$  proveniente do material adicionado ao sistema é retido na MOS. Para  $C$  proveniente do sistema radicular o  $k_1$  apresenta maior valor ( $\sim 0,211$ ), devido à composição das raízes, com mais lignina e pela proteção física deste material proporcionada pela formação de agregados. Os demais termos da equação serão discutidos a seguir.

## 2.6 Adição de carbono ao solo

O aporte de carbono ao solo ( $A$ ) pode ser obtido pelo acúmulo de restos vegetais sobre o solo após a colheita das culturas, pelas raízes das plantas, exsudatos e micorrizas, que irão se decompor inicialmente pela ação da mesofauna do solo e posteriormente, pela ação dos microrganismos. Estes processos são dependentes das condições ambientais (umidade e temperatura) além da capacidade produtiva das espécies vegetais e do sistema de manejo. Em áreas com pastagens, a deposição de dejetos pelos animais em pastejo, pode constituir-se em importante fator de reciclagem e de concentração de carbono e nitrogênio no solo.

### 2.6.1 Adição de carbono por lavouras

Vários trabalhos apontam o aumento no teor de MOS em área de lavouras, pela utilização do Plantio Direto (PD) em comparação ao sistema convencional de preparo do solo (PC). Sá et al (2001), observou o aumento de  $19 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C na camada 0 a 40 cm em um Latossolo do Paraná, após 22 anos de cultivos de grãos em Plantio Direto em comparação ao sistema convencional durante o mesmo período. Sisti et al (2004) encontraram acréscimos de até  $9,4 \text{ Mg C ha}^{-1}$  para o PD em comparação ao PC na camada de 0 a 30 cm em um Latossolo do Rio Grande do Sul após 13 anos de cultivo com culturas de grãos incluindo leguminosas de inverno como adubo verde. Lovato et al (2004), avaliando a camada 0 a 17,5 cm de um Argissolo do Rio Grande do Sul, após 13 anos de manutenção dos tratamentos, verificaram que o estoque de C aumentou de  $32,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  para  $36,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  no PD e reduziu para  $29,6 \text{ Mg ha}^{-1}$  no PC. Estes autores também verificaram efeitos significativos para sistemas de culturas, encontrando  $30,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  para um sistema simples de sucessão contendo aveia/milho, e  $34,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  para o sistema contendo leguminosas tanto no verão, quanto no inverno (aveia+vica/milho+caupi). Ao combinar num mesmo sistema, culturas com elevada produção de massa vegetal, adubação nitrogenada e PD foi obtido estoque de  $39,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , o que corresponde a um acúmulo de C superior a  $7 \text{ Mg ha}^{-1}$  em 13 anos.

Sistemas de culturas podem contribuir para o aumento do estoque de C no solo, como relatado por Diekow (2003), que verificou na camada 0 a 17,5 cm de um Argissolo do Rio Grande do Sul, o estoque de 45,4 Mg ha<sup>-1</sup> de C no sistema guandu/milho, em comparação a 29,2 Mg ha<sup>-1</sup> de C para o sistema aveia/milho, ambos cultivados em PD durante 18 anos e cujo estoque inicial era de 32,5 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Para condições tropicais, Oliveira et al. (2004), verificaram maior acúmulo de MOS quando foi utilizado o Plantio Direto por 20 anos com soja, milho e arroz, em comparação a um sistema de preparo do solo com arado de discos, e área com vegetação natural sob Cerrado, em um Latossolo Vermelho do Distrito Federal. Estes autores observaram teores de C significativamente inferiores para o uso do arado de discos nas camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm, sendo semelhantes nas demais camadas avaliadas.

Além de maior exposição aos agentes de decomposição, o preparo do solo aumenta as perdas de MOS por erosão, como demonstrado por Hernani et al. (1999), que verificaram perdas seis vezes maiores para o sistema de preparo do solo com uso de grades de discos em comparação ao PD para a sucessão soja/trigo durante seis anos em Mato Grosso do Sul.

No Brasil, a maior quantidade de informações relacionadas aos estoques de MOS foram obtidas na região Sul, com clima, solos e condições de manejo bastante diferentes das existentes na região Centro-Oeste, contudo, foram observados efeitos semelhantes dos sistemas de preparo do solo em ambos ambientes. Quanto aos sistemas de culturas, os efeitos tendem a ser comparativamente diferente, pois a região Centro-Oeste apresenta acentuada variabilidade na quantidade e distribuição das chuvas, o que afeta fortemente os sistemas de produção vegetal. Assim, onde o período seco é maior, cobrindo os meses de maio a setembro, os cultivos ficam limitados às semeaduras de verão e de “safrinha”. O desenvolvimento vegetal no período das “águas” é favorecido pela maior disponibilidade hídrica, elevada temperatura e luminosidade natural, enquanto que as culturas de safrinha tem à disposição apenas as últimas chuvas do período chuvoso e o volume hídrico armazenado no solo, limitando o cultivo com fins comerciais a algumas regiões específicas, que apresentam microclimas mais favoráveis. Nestas semeaduras de safrinha, são geralmente utilizadas culturas para produção de cobertura do

solo, visando à execução de plantio direto da cultura subsequente. Os melhores resultados são obtidos com o milho que, conforme Salton & Hernani (1994), apresenta potencial de produção de massa seca entre 5 a 8 Mg ha<sup>-1</sup>. A esta massa pode-se considerar um acréscimo de 30% oriundo do sistema radicular, que assim pode superar a 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono adicionado ao solo, dependendo das condições climáticas. Além do milho e da aveia, que são cultivados em 1,5 e 0,35 milhões de hectares, respectivamente, estima-se que mais de 2,5 milhões de hectares seja cultivados com milho na região Centro-Oeste (Tabela 1).

A maior parte das áreas cultivadas no verão em MT e GO são ocupadas com soja, cerca de 7,7 milhões de hectares na safra 2003/04, no entanto, como existem restrições climáticas aos cultivos no período de entressafra, estima-se que apenas 40% desta área, seja ocupada com culturas durante este período. Em MS, onde as condições climáticas são mais adequadas aos cultivos na entressafra, cerca de 70% da área cultivada no verão é também cultivada na entressafra. Nesta região é possível além da safrinha, também efetuar semeadura no outono/inverno, com aveia, trigo e nabo, e na primavera com milho ou sorgo, o que contribui para maior quantidade de massa vegetal produzida e conseqüente aumento nos estoques de MOS (Hernani et al., 1995).

Como a produção vegetal e a decomposição de seus resíduos são dependentes das mesmas condições de temperatura e disponibilidade hídrica, nos ambientes onde não há possibilidade de elevadas produções de massa vegetal, as taxas de decomposição dos resíduos são também igualmente baixas. Desta forma, o escalonamento de sistemas de cultivo, de forma adequado às condições climáticas, pode favorecer o acúmulo ou a rápida decomposição dos resíduos.

De qualquer modo, para a obtenção de acúmulo de C no solo, é necessário que a adição seja superior à decomposição. Mielniczuk et al. (2003), utilizando a equação (2), concluíram que para manter estável o estoque de COT no solo, para condições do Rio Grande do Sul, é necessária a adição de 4,4 Mg de C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o PD e de 8,5 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o PC.



## 2.6.2 Adição de carbono por pastagens

A expansão da pecuária e agricultura mecanizada para as regiões Centro-Oeste e Norte do país, com a substituição da vegetação natural por lavouras e pastagens artificiais em mais de 100 milhões de hectares, leva ao questionamento sobre os efeitos desta prática nos estoques de MOS. Fujisaka et al (1998) avaliaram os efeitos da conversão de florestas em áreas com culturas anuais e pastagens na emissão de carbono, em ambiente da Amazônia Brasileira (Rondônia). Verificaram que a floresta armazena cerca de 200 Mg de C por hectare, sendo 80% na parte aérea da vegetação, 16% na forma de C orgânico no solo e 4% nas raízes. Constataram a considerável redução nestes estoques com a transformação, através do corte e queima da vegetação, para lavouras de culturas anuais e posterior introdução de pastagem, sendo que o terreno deixado em pousio apresenta uma posição intermediária. A redução da ordem de 80% no estoque de C com a transformação de floresta para pastagem registrada neste trabalho é atribuída como medida de curto prazo, pois com o passar do tempo em pastagens bem manejadas, vários autores apontam que o conteúdo de C no solo chega a ser similar ou superior ao de solos sob floresta.

Para ambiente do Cerrado, Roscoe et al. (2001) não observaram diferenças significativas no estoque de MOS ao comparar a vegetação natural (Cerrado) e uma pastagem de *Brachiaria spp.* implantada 23 anos antes, em um Latossolo muito argiloso de Minas Gerais. Atribuíram estes resultados à elevada produção de resíduos da pastagem e a proteção da MOS proporcionada pelo elevado teor de argila.

Diferente das florestas que armazenam grande quantidade de C na parte aérea das plantas, as pastagens apresentam a maior parte do C armazenado abaixo da superfície, no solo e no sistema radicular. Tipicamente, o teor de MOS é maior nas camadas superficiais do solo e decresce com a profundidade. Cerca de 40 a 50% do C do solo pode ser armazenado até 30 cm e amostragens de até 60 cm capturam cerca de 90% da biomassa radicular e do C orgânico do solo de ecossistemas com pastagens. Fujisaka et al (1998) e Lal (2002), entre outros autores, atribuem ao sistema radicular de pastagens a grande capacidade de acumular carbono no solo. Esta capacidade pode ser

potencializada com a adubação da pastagem, como demonstrado por Shunke (2000), que verificou em pastagem de *B. decumbens*, em Mato Grosso do Sul, aumento da massa seca das raízes, passando de 6,8 Mg ha<sup>-1</sup> para 7,7 Mg ha<sup>-1</sup> e da liteira que foi alterada de 10,9 Mg ha<sup>-1</sup> para 12,4 Mg ha<sup>-1</sup> com a utilização de adubação com fósforo e potássio. A utilização de adubação nas pastagens, especialmente na região dos Cerrados, é uma medida importante para aumentar a produtividade vegetal e conseqüentemente sua capacidade produtiva (Macedo, 2005).

O manejo das pastagens, ou a adequação da carga animal à oferta de forragem, é fator decisivo quando se pretende obter adequada produtividade. A capacidade de produção animal é resultado direto da produção vegetal, assim pode-se esperar que o manejo da pastagem possa ser relacionado com a capacidade da pastagem em seqüestrar C da atmosfera. Variações observadas nas relações entre manejo de pastagens e seqüestro de C podem ser atribuídas a diferenças no clima, atributos de solo, posição na paisagem, composição da comunidade de plantas e de práticas de manejo das pastagens. Rezende et al. (1999) determinaram valores para a taxa de decomposição da liteira de pastagem de *B. humidicola* na Bahia, e verificaram que esta pode aumentar quando consorciada com leguminosas, devido a menor relação C:N, mesmo em diferentes lotações. Como regra geral, pode-se afirmar que situações de superpastejo irão resultar em menor quantidade de material vegetal disponível para pastejo pelos animais e desta forma, menores quantidades de resíduos e redução na deposição de material senescente sobre o solo, como medido por Boddey et al (2004) em pastagem de *B. humidicola*.

No entanto, Reeder & Schuman (2002) ao avaliarem o efeito da lotação animal em pastagens naturais da região semi-árida do centro-oeste dos EUA, pastejadas durante 12 e 56 anos, verificaram que o pastejo pesado, ou seja, aproximadamente 33% superior ao indicado para as condições do local, apresentou maior quantidade de C, considerando a parte viva e morta sobre o solo, raízes e C no solo até a profundidade de 60 cm. Estas diferenças foram decorrentes das diferentes taxas de lotação das pastagens. As quais, além de alterar a comunidade de plantas, as taxas de reciclagem de C e nutrientes, afeta também outros atributos do solo (umidade e temperatura do solo, p.ex.) que influenciam o desenvolvimento das plantas. O pastejo seletivo, resultante

da lotação leve, beneficia a presença e desenvolvimento de determinadas espécies, enquanto elevadas pressões de pastejo, irão selecionar plantas com maior resistência e maior acúmulo nas estruturas subterrâneas, resultando em maior volume de raízes e de seus exsudatos. No caso deste experimento, os autores atribuem como maior responsável pelos aumentos de C nas pastagens com lotação pesada, o aumento da população de determinada espécie de forragem, que possui uma alta relação raiz/parte aérea e transfere mais C para o interior do solo que as outras espécies.

As áreas com pastagens na região centro-Oeste são formadas predominantemente por espécies do gênero *Brachiaria*, principalmente a *B. decumbens* e *B. brizantha*, sendo a última mais exigente em fertilidade do solo, mas com maior potencial de produção de massa verde. Silva et al. (2004) avaliaram pastagens cultivadas quanto ao armazenamento de C em Latossolos argilosos originalmente com vegetação dos Cerrados e verificaram após período variando de 4 a 8 anos, na profundidade de até 1 m, que a magnitude do estoque variou entre 97,1 a 113,0 Mg ha<sup>-1</sup>, concentrando-se nas camadas superficiais, com cerca de 50% até 40 cm de profundidade. Nesta avaliação as espécies que proporcionaram maior acúmulo foram o *Panicum maximum*, *B. brizantha* e *Paspalum atratum*.

O acúmulo de C no solo através de pastagens pode não ocorrer na forma e intensidade possível, quando ocorrerem limitações à produtividade das plantas, o que ocorrem nas áreas de pastagens degradadas, onde o acúmulo de C no solo é prejudicado. Lilienfein et al (2003), ao compararem pastagens de *B. decumbens*, em condição “degradada” e “produtiva” verificaram entre outras variáveis, que os teores de C no solo (0 a 15 cm) foram de 22 e 27 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes autores também verificaram significativas diferenças na fertilidade do solo, com maiores concentrações de nutrientes na pastagem produtiva. A região Centro-Oeste possui mais de 45 milhões de hectares com pastagens cultivadas, dos quais estima-se que 2/3 estejam em elevado grau de degradação. Nesta situação, a utilização de determinadas práticas como a correção da fertilidade do solo e adubação de manutenção, reduziria o problema da degradação das pastagens.

Uma das formas de promover a melhoria da fertilidade do solo é através da introdução de lavouras durante algumas safras, o que pode

inclusive cobrir os custos destas operações. Como nesta região, além da atividade pecuária, há agricultura muito desenvolvida, resultam em grande facilidade de integração da produção animal com a agricultura. A integração lavoura-pecuária foi desenvolvida inicialmente para suprir de forragem o rebanho em períodos críticos através de suplementação alimentar e para recuperar as pastagens degradadas com o uso de corretivos e adubos custeados pela agricultura (Salton et al., 2001). A rotação de pastagens com lavouras, viabilizada pela rapidez e menor custo financeiro do plantio direto da cultura sobre a pastagem, apresenta-se como uma importante alternativa para a produção de massa vegetal e correção das deficiências químicas do solo. Experimentos conduzidos em MS apresentaram expressivos aumentos na produtividade das pastagens de braquiária quando em rotação com soja, com ciclos de dois anos (Broch et al, 1997; Machado et al., 1999).

Diaz-Rosello (1992) avaliou o efeito de sistemas de rotação de pastagens de leguminosas e cultivos de grãos de milho, em experimento conduzido por 28 anos no Uruguai e constatou o aumento da MOS em 0,5 pontos percentuais pelo efeito das pastagens. Estes efeitos também foram verificados para condições de ambiente tropical, com a utilização da rotação de pastagem de braquiária com lavoura de soja. Fabrício & Salton, (1999) observaram, em Mato Grosso do Sul, aumento na MOS de 30 para quase 40 g kg<sup>-1</sup> na camada 0 a 5 cm, apenas no período de 2 anos de pastagem e um ano de lavoura. Os efeitos em atributos físicos do solo também são rápidos, ocorrendo após um ciclo da rotação de dois anos, conforme Salton et al, (1999) que verificaram aumento no tamanho dos agregados estáveis, com o diâmetro médio passando de 5,5 mm para mais de 7 mm. Estes autores também verificaram maior permeabilidade do solo quando submetido a rotação pastagem/soja em comparação ao cultivo de lavouras, ambas as situações em plantio direto, atribuindo estes efeitos ao abundante sistema radicular produzido pela pastagem de braquiária.

## **2.7 Decomposição da MOS**

A taxa de decomposição da MOS, valor do  $k_2$  da equação (1), normalmente expresso em relação ao período de um ano, é variável em função

de diversos fatores, influenciados pelas condições climáticas, tipo de manejo, qualidade das culturas e tipo do solo. Desta forma, em regiões de clima temperado e subtropical, onde as condições climáticas são menos favoráveis a decomposição pela atividade biológica é mais lenta, em comparação ao ambiente tropical. Nesta região, a temperatura é elevada durante todo o ano, o que favorece a atividade biológica, a qual no entanto pode ser limitada pela ocorrência de período sem chuvas.

Com a utilização do preparo convencional (PC) com intenso revolvimento do solo e eliminação da cobertura da superfície, ocorre o aumento da temperatura do solo e sua maior aeração, fatores que concorrem para maior atividade biológica e conseqüentemente maior taxa de decomposição de materiais orgânicos. O revolvimento do solo também atua no rompimento de agregados do solo, estruturas importantes na proteção física de MOS, por dificultar o acesso de microrganismos ao material ocluso em seu interior. Bayer et al. (2000) verificaram valores para  $k_2$  de 0,054; 0,039 e 0,029 respectivamente para PC, preparo reduzido e PD em um Argissolo do Rio Grande do Sul. Nesta situação, a taxa de decomposição da MOS no PD foi quase metade da verificada no PC. Para região de Cerrados na Bahia, sob preparo convencional, Silva et al. (1994) obtiveram valores de  $k_2$  de 0,24 e 0,32, respectivamente para um Latossolo franco-argilo-arenoso e uma Areia quartzosa. Portanto, ao combinar o uso de PD, com baixo valor de  $k_2$  com um sistema com elevada adição de material orgânico (A) obtém-se maior teor de MOS no solo.

O estoque de MOS está relacionado, além do aporte de C ao solo, do tempo de permanência dos compostos orgânicos. Assim, aquelas frações que possuam maior estabilidade, oferecerão maior dificuldade aos processos de decomposição, contribuindo para aumentar seu estoque no solo. As formas de estabilidade da MOS são definidas pela sua constituição química, grau de interação e inacessibilidade conferida pela matriz mineral do solo, cuja quantificação individualizada é muito difícil por ocorrerem de forma simultânea. Jastrow & Miller (1997) apresentam de forma simplificada os mecanismos de estabilização da MOS, classificando-a, como:

- recalcitrância bioquímica: depende do próprio composto orgânico, sua composição elementar, grupos funcionais e conformações moleculares, que influenciam sua degradação por microrganismos e enzimas.

- estabilização química: decorrente da associação entre substâncias orgânicas e inorgânicas, havendo relativa proteção quanto à decomposição microbiana pela adsorção de matéria orgânica a superfície de minerais. É portanto, função do tipo de solo, mineralogia, área superficial dos minerais (reações de superfície), carga da superfície (teor de óxidos de Fe e Al) e dos minerais de carga permanente (substituição isomórfica). Dos diferentes “pools” de MOS, o que contém a MOS associada aos minerais, é considerado o mais estável. Geralmente, a maior parte do C do solo está nestes complexos organo-minerais, os quais são pouco influenciados pelos sistemas de manejo do solo.

- proteção física: promovida pela oclusão de material orgânico no interior de agregados do solo, dificultando a acessibilidade de microrganismos e enzimas a estes sítios, é função do tipo de solo e do manejo adotado. Sistemas agrícolas que favoreçam a formação de agregados pela presença de raízes, resíduos e maior atividade biológica no solo terão maiores quantidades de MOS protegida fisicamente.

A decomposição dos materiais orgânicos depositados no solo e formação de agregados do solo está intimamente ligado à manifestação das propriedades “emergentes” do solo, decorrentes do melhoramento de sua estrutura. Desta forma, o acúmulo de C e a maior agregação do solo atuam diretamente em vários atributos do solo, como: espaço poroso, resistência à erosão, resistência ao encrostamento, resistência à deformação, friabilidade, atividade biológica, atividade química do solo (CTC, dinâmica de nutrientes e do Al). Isto evidencia a relevância da agregação do solo para a sua qualidade, estimulando um ciclo de causa-efeito que resultam em maior sustentabilidade do uso agrícola do solo.

## **2.8 Formação de agregados do solo**

As relações entre os agregados do solo e a MOS já foram alvo de muitos estudos, que identificaram além da fração mineral, a fauna do solo,

microrganismos, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais como os principais fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo. Six et al. (2004) apresentaram em recente revisão, uma análise histórica dos modelos propostos sobre os processos de organização e formação de agregados no solo. Apontam quatro modelos como marcos para o entendimento deste processo, iniciando com a proposição de Emerson (1959), que considerou a formação de microagregados em função da ligação entre domínios de argilas orientadas com MOS e partículas de quartzo, sendo a proteção da MOS proporcional à área superficial dos domínios. A seguir, foi citado Edwards & Bremner (1967), que apresentaram teoria na qual a formação de microagregados origina-se na reação entre moléculas orgânicas, cátions polivalentes (Fe, Al e Ca) e partículas de argila. Postularam que a matéria orgânica complexada dentro dos microagregados poderia ser fisicamente protegida e inacessível aos microrganismos. Six et al (2004) citam também o conceito hierárquico de agregação, proposto por Tisdall & Oades (1982), definindo-o como o mais significativo avanço teórico para o entendimento da interação entre a MOS e agregados. Neste modelo, partículas primárias livres e agregados do tamanho silte são unidos por agentes ligantes persistentes, como matéria orgânica humificada ou complexos com cátions polivalentes, óxidos e aluminossilicatos formando microagregados (20 a 250  $\mu\text{m}$ ). Estes microagregados estáveis são unidos por agentes ligantes temporários (raízes ou hifas de fungos) e transientes (polissacarídeos derivados de microrganismos ou plantas) resultando em macroagregados (>250 $\mu\text{m}$ ). Desta forma, classifica os microagregados, como mais estáveis e menos suscetíveis a práticas agrícolas de manejo, que os macroagregados. Logo em seguida, Oades (1984) acrescenta ao modelo hierárquico uma alteração, na qual propõe que raízes e hifas atuam como núcleos de formação de microagregados, como estes são ligantes temporários, ao se decomporem formam fragmentos recobertos por mucilagens e incrustados de argilas, dando origem aos novos agregados.

O papel das raízes na formação de agregados, especialmente de plantas da família das gramíneas, tem se mostrado muito importante conforme demonstrado em vários trabalhos como o de Silva & Mielniczuk (1997a), que avaliaram a distribuição de tamanho dos agregados estáveis em água, em dois

solos do Rio Grande do Sul, verificaram maior diâmetro sob o sistema pangola em comparação a aveia/milho, siratro e solo descoberto.

Sistemas de preparo de solo associados à rotação de culturas influenciam a estabilidade e o tamanho de agregados, conforme relatam Hernani & Guimarães (1999). Esses autores verificaram, para condições de Mato Grosso do Sul, haver uma significativa elevação do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água quando o plantio direto foi associado à rotação de culturas fato que não se repetiu quando o sistema de preparo foi conduzido em ausência da rotação. Quando uma das culturas do sistema é a pastagem, estes efeitos ocorrem de forma acentuada e relativamente rápida, provavelmente devido ao abundante sistema radicular formado pela pastagem logo após sua implantação (Salton et al., 1999).

## **2.9 Qualidade da MOS**

No solo, a matéria orgânica apresenta elevada heterogeneidade quanto a sua composição, sua dinâmica e funções desempenhadas. Em razão disso, são propostas várias formas de classificá-la, que podem ser baseadas em critérios de localização, composição química ou grau de estabilidade do material orgânico, como relatados em Pilon (2000), Roscoe & Machado (2002), Diekow (2003), entre outros.

Como uma forma de classificação, a MOS pode ser fracionada quimicamente, quanto a sua solubilidade em soluções ácidas ou básicas, classificando-se em ácidos húmicos, fúlvicos e huminas.

Atualmente, tem sido dada maior atenção ao fracionamento físico da MOS, por permitir consistentes avanços no entendimento de sua dinâmica e suas relações no solo. Os métodos de fracionamento podem ser densimétricos ou granulométricos, ou uma combinação de ambos. A MOS então é classificada quanto a sua densidade e/ou seu tamanho. Na separação densimétrica obtêm-se as frações leve e pesada. No fracionamento granulométrico, obtêm-se a fração grosseira, com material particulado e a associada às partículas minerais do solo. A fração leve pode ainda ser subdividida em forma livre ou oclusa e protegida fisicamente no interior de agregados, resultando nas denominações leve-livre e leve oclusa.



Franzluebbers & Stuedemann (2002), avaliaram a distribuição da MOS nas frações particulada e não particulada em perfis do solo nos EUA, sendo maior sob pastagens que sob lavouras em preparo conservacionista, maior na área sob pastejo que na área para fenação. Demonstrando a importância da pastagem e da presença do animal em aumentar os teores de C no material particulado, especialmente na camada superficial.

A fração leve ou particulada da MOS é a mais sensível às práticas de manejo do solo, alterando-se conforme ocorram variações no aporte de material vegetal ao solo e variações nas taxas de decomposição promovidas por práticas de preparo do solo (Bayer et al.,2004).

### **2.10 Indicadores de qualidade dos sistemas**

A MOS é considerada como um importante indicador da qualidade e da capacidade produtiva do solo, sendo seu acúmulo e sua dinâmica afetados pela forma de uso do solo. Neste sentido alguns índices são apresentados para avaliar a qualidade dos sistemas de manejo utilizados. Blair et al. (1995), propuseram um índice de manejo do carbono do solo (IMC) capaz de sintetizar o efeito das formas de manejo do solo sobre a quantidade e qualidade da MOS. Este indicador é composto por dois subíndices, de estoque de carbono (IEC) e de labilidade da MOS (ILab), sendo ambos calculados em relação a uma condição que é adotada como referência, geralmente uma área de vegetação natural. Exemplo de sua utilização para condições tropicais pode ser citado o trabalho de Leite et al, (2003), que avaliaram o IMC para áreas sob mata atlântica e cultivada com milho sendo utilizada doses de adubação mineral e orgânica. Recentemente, Diekow et al. (2004), propuseram a obtenção do ILab utilizando-se o fracionamento físico da MOS, em alternativa ao método original que utiliza  $KMnO_4$  para oxidação da MOS e quantificação da fração lábil. O IEC é obtido pela relação entre o conteúdo de COT do tratamento e o da referência. A labilidade da MOS de cada tratamento é obtida pela razão entre os teores de carbono no material grosseiro e no associado aos minerais do solo. O ILab é obtido pela relação entre a labilidade da MOS do tratamento e a da MOS do sistema de referência. O IMC é então estimado pelo produto entre o ILab e o IEC x 100.

Diekow et al. (2004) compararam sistemas de culturas em plantio direto ao campo nativo num experimento de longa duração do Rio Grande do Sul, obtendo valores para o IMC de 56 para a seqüência de culturas aveia/milho sem adubação nitrogenada e de 201 para a sucessão guandu/milho sem adubação nitrogenada, tendo o valor 100 para o campo nativo. O fato de um determinado sistema apresentar valor do IMC superior à referência (100), indica que o mesmo superou a condição original.

Franzluebbers (2002) propôs avaliar a qualidade do solo através de uma razão entre os teores de matéria orgânica entre camadas do perfil do solo. Este índice de estratificação, tem como fundamento o fato de que as alterações em atributos do solo, decorrentes dos sistemas de manejo, ocorrem predominantemente na camada superficial e pelo fato de que esta interface desempenha importante papel no funcionamento dos sistemas de produção. A superfície do solo recebe os insumos, dejetos e restos culturais, o impacto da chuva, do pisoteio de animais e das máquinas e implementos, atua na partição e controle dos fluxos de água, gases para o interior do solo e deste para a atmosfera. Desta forma, é nesta região do solo que as primeiras variações irão ocorrer, com aumento ou redução na concentração de COT, entre outras.

Outra forma de representar a qualidade do sistema de manejo foi apresentada por Vezzani (2001), no qual, além dos estoques de C considera o nível de organização do subsistema solo (Figura 1). Este indicador está baseado no fluxo de energia e matéria para o solo, cujo acúmulo resulta na formação de macroagregados estáveis. Assim, o índice resultante do produto entre os valores de COT e da massa de agregados maiores que 2 mm, é denominado Nível de Ordem, e expressa em última análise a qualidade do solo. Este índice foi utilizado em experimentos de longa duração nas condições do Rio Grande do Sul, avaliando sistemas de manejo em comparação a condição de campo nativo (Vezzani,2001). Foram verificados valores crescentes, com a redução do revolvimento do solo e maior aporte de material vegetal, sendo que o Nível de Ordem variou entre 19,4 e 69,4, respectivamente para os sistemas aveia/milho em preparo convencional e aveia/vica-milho/caupí em plantio direto. Em todos os casos nenhum sistema de manejo superou o valor dos sistemas de referência (campo nativo).

## 2.11 Seqüestro de carbono atmosférico

Atualmente, uma das principais questões em debate entre as nações, refere-se às mudanças climáticas globais, decorrentes da emissão em grandes quantidades de gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ ) para a atmosfera, que são os causadores do efeito estufa, resultando, entre outros problemas no aumento da temperatura média do planeta. Uma das formas de minimizar este problema, além da redução da emissão por queima de combustíveis fósseis, é o seqüestro de carbono atmosférico através de práticas agrícolas. Com este objetivo, destacam-se os sistemas de manejo que reduzam a emissão (menor decomposição da MOS) e sejam capazes de incorporar ao solo elevadas quantidades de C. Para ambiente subtropical já se dispõe de vários resultados experimentais, Bayer et al. (2000b) apresentaram dados para taxa de seqüestro de C variando de  $0,37 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o sistema aveia/milho em PD a  $0,81 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o sistema aveia+ervilhaca/milho+caupi em PD, sendo ambos estabelecidos em relação ao sistema aveia/milho em preparo convencional (PC) durante 9 anos. Sisti et al (2004), também para condições subtropicais do RS, verificaram taxas de  $0,16 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a seqüência trigo/soja e de  $0,52 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a seqüência trigo/soja/ervilhaca/milho, ambas em PD. Em condições tropicais, Corazza et al. (1999) apresentaram taxa de seqüestro de C de  $0,63 \text{ Mg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o PD em relação ao PC. Dados de Bayer et al (2004), indicaram taxa de seqüestro de  $0,77 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o PD em relação ao PC, para o cultivo de soja no Cerrado de MS. Com pastagens em ambiente de Cerrado, Silva et al (2004) encontraram taxas variando de  $-0,1 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para *B. decumbens* a  $1,67 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para *A. gayanus* consorciado com leguminosas, em relação ao Cerrado nativo.

Desta forma é previsível que o emprego de sistemas de manejo sem o revolvimento do solo (PD), associado a elevadas adições de matéria seca via resíduos da parte aérea e raízes (pastagens), possam contribuir de forma importante para o seqüestro de C atmosférico. Estes objetivos possivelmente possam ser alcançados em regiões tropicais, com a utilização de pastagens de gramíneas como as braquiárias, por serem amplamente cultivadas neste ambiente, e por possibilitar a integração com lavouras de leguminosas, como a

soja, em plantio direto. Aliado ao maior seqüestro de C, esta forma de manejo poderia ainda, contribuir para a redução do efeito estufa, através do menor consumo de combustíveis fósseis e menor utilização de insumos industrializados.

### **3. HIPÓTESES E OBJETIVOS**

#### **3.1 Hipóteses**

a) Em ambiente tropical, o Sistema Plantio Direto com a introdução de pastagem permanente de gramínea, em rotação com culturas anuais, como a soja, possibilita maior acúmulo de carbono no solo, do que em cultivos isolados.

b) A presença de gramíneas perenes intercaladas com lavouras em plantio direto e o acúmulo de carbono no solo, são responsáveis pela maior formação e estabilidade de agregados do solo.

#### **3.2 Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo geral, avaliar o impacto da adoção do sistema rotação lavoura-pastagem em Plantio Direto (PD) sobre o acúmulo de matéria orgânica (MOS) e agregação dos solos da região Centro-Oeste do Brasil.

Objetivos específicos:

- Quantificar o impacto do uso de diferentes sistemas de produção nos estoques de matéria orgânica (C orgânico total) de solos da região Centro-Oeste do Brasil;
- Avaliar o efeito de diferentes sistemas de produção sobre frações da matéria orgânica a fim de quantificar e identificar mecanismos relacionados à proteção física da matéria orgânica no solo;
- Relacionar alterações na labilidade da matéria orgânica do solo com os sistemas de produção utilizados;

- Avaliar o efeito dos sistemas de manejo do solo sobre a agregação do solo e a relação deste com a MOS;
- Quantificar o potencial da rotação lavoura-pastagem em fixar C atmosférico no solo;
- Avaliar a utilização de índices de manejo do carbono para os sistemas de produção.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

O presente trabalho foi realizado obedecendo a um cronograma de estudos por meio da coleta de amostras de solo de experimentos localizados na região Centro-Oeste, as quais foram transportadas para laboratórios da UFRGS onde posteriormente foram realizadas análises diversas.

### **4.1 Áreas experimentais**

Para a realização do estudo proposto, foram utilizados experimentos com vários anos de duração com sistema de manejo e com histórico conhecidos, de forma a possibilitar uma análise temporal das práticas agrícolas, rendimentos e ocorrências climáticas. Desta forma, selecionou-se experimentos de longa duração com estas características em Mato Grosso do Sul, localizados em Dourados, Campo Grande e Maracaju (Figura 2), os quais estão sob a responsabilidade das instituições de pesquisa, Embrapa Agropecuária Oeste, Embrapa Gado de Corte e Fundação MS, respectivamente. A caracterização do solo dos experimentos está apresentada na Tabela 2, contendo os valores para composição granulométrica, densidade de partícula do solo, conteúdo de óxidos de ferro e composição relativa de hematita/goetita e de gibsita/caulinita.

Tabela 2 – Caracterização do solo dos experimentos de Dourados, Maracaju e Campo Grande a partir de amostras da camada 0 a 20 cm, coletadas em cada sistemas de manejo e de amostra composta de todo o experimento (Geral).

Experimento	Sistema de manejo	argila	Silte	areia	Dp	% Fe total	Hm	Gb
							Hm + Gt	Gb + Ct
		g kg <sup>-1</sup>			Mg m <sup>-3</sup>	na argila		
Dourados	L-PC	610	200	190	2,90	11,43	0,97	0,04
	L-PD	620	200	190	2,96			
	S2P2	630	240	130	2,96			
	PP	670	220	110	2,88			
	VN	600	180	220	2,96			
Maracaju	Geral	530	200	270	2,88	12,48	0,92	0,22
	VN	630	270	100	-	-	-	-
Campo Grande	Geral	360	130	510	2,67	12,89	0,71	0,47

L-PC = soja em preparo convencional, L-PD = soja em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), VN = vegetação natural Dp = Densidade de partícula, Hm = Hematita, Gt = Goethita, Gb = Gibbsita, Ct = Caulinita.



Figura 2 - Mapa com a localização da região Cento-Oeste do Brasil e dos experimentos estudados.

#### 4.2 Produtividade dos sistemas

Durante o período de condução dos experimentos houve variações na produtividade das lavouras e pastagens em função dos diferentes sistemas de produção, do tempo de uso dos mesmos e das variações climáticas ocorridas. A Tabela 3 apresenta de forma sintética valores médios de produtividade de grãos de soja e o ganho de peso vivo pelos animais, para os



sistemas e locais durante determinado período de tempo. Verifica-se que a produtividade da soja em Dourados variou entre 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> para o PC e 2,7 Mg ha<sup>-1</sup> para os outros sistemas. Em Maracaju, foram observadas as produtividades mais elevadas, mas semelhantes entre os tratamentos. Em Campo Grande as produtividades foram semelhantes às verificadas em Dourados, sendo que os maiores valores foram obtidos nos sistemas em que a soja está presente todos os anos. Neste experimento, os sistemas de lavoura em rotação com pastagem, a soja foi incluída apenas em duas safras, durante o período analisado.

Quanto à produção animal, verifica-se tanto em Dourados como em Campo Grande que os sistemas compostos pela rotação soja-pastagem, os valores de ganho de peso vivo foram bastante superiores aos obtidos nos tratamentos com pastagem contínua. Em Maracaju não foi efetuada avaliação da produtividade da pastagem e do ganho de peso dos animais, uma vez que houve apenas pastejo esporádico.

Os valores apresentados objetivam apenas informar a magnitude das produtividades obtidas nos experimentos e não serão incluídas nas discussões dos resultados obtidos neste trabalho.

Tabela 3 – Produtividade de grãos de soja e ganho de peso vivo por bovinos obtidos nos sistemas de produção dos experimentos de Dourados, Maracaju e Campo Grande.

Produto	Sistema de manejo	Local		
		Dourados <sup>(e)</sup>	Maracaju <sup>(f)</sup>	Campo Grande <sup>(g)</sup>
Soja (kg ha <sup>-1</sup> )	L-PC	2473 <sup>(a)</sup>	-	2683 <sup>(c)</sup>
	L-PD	2707 <sup>(a)</sup>	3114 <sup>(c)</sup>	2585 <sup>(c)</sup>
	S2P2d	2750 <sup>(a)</sup>	3137 <sup>(c)</sup>	-
	S4P4	-	-	1968 <sup>(c)</sup>
	S2P2b	-	2938 <sup>(c)</sup>	-
	S1P3	-	-	2478 <sup>(c)</sup>
Peso vivo (kg ha <sup>-1</sup> )	PPd	1079 <sup>(b)</sup>	-	353 <sup>(d)</sup>
	S2P2d	1305 <sup>(b)</sup>	-	-
	S4P4	-	-	500 <sup>(d)</sup>
	S1P3	-	-	529 <sup>(d)</sup>

L-PC = lavouras em preparo convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos/pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, S2P2 b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, PP d = pastagem permanente (*B. decumbens*), <sup>(a)</sup>Média das produtividades dos anos 1995 a 2002, <sup>(b)</sup>ganho de peso vivo em 710 dias de pastejo nos anos 1998 a 2001, <sup>(c)</sup>média dos anos 1994 a 1999, <sup>(d)</sup>ganho de peso vivo anual médio no período 1994/95 a 2001/02, <sup>(e)</sup>Fabrizio (2003), <sup>(f)</sup>Macedo (2004), <sup>(g)</sup>Salton et al. (1999).

### 4.3 Amostragem do solo e determinações

As amostragens nos três experimentos foram realizadas no período entre 12 e 17 de abril de 2004, coletando-se amostras de solo conforme descrito abaixo:

- monólitos de aproximadamente 20 x 10 cm nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm para determinações de estabilidade de agregados, foram retirados com auxílio de espátulas e acondicionados em caixas plásticas devidamente fechadas e identificadas;
- amostras indeformadas através de anel metálico, para determinação da densidade do solo na camada 0 a 2,5 cm;
- amostras nas camadas de 0 a 2,5 cm; 2,5 a 5 cm; 5 a 10 cm e de 10 a 20 cm para determinação do teor de carbono orgânico.

Todas as amostragens foram efetuadas com 3 repetições, exceto para densidade que foram em número de seis.

A matéria orgânica foi avaliada em relação ao teor de C orgânico do solo, expresso quanto ao seu teor ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e ao estoque ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) nas camadas do solo, calculado levando-se em consideração os valores de densidade do solo, obtidas neste ano e de determinações anteriores (teor de C x densidade do solo x espessura da camada). A análise de C orgânico foi realizada em Analisador Shimadzu o qual realiza a combustão (seca) da amostra e quantifica o  $\text{CO}_2$  liberado em sensor de infravermelho.

### 4.4 Estabilidade dos agregados do solo

Os recipientes contendo as amostras das camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, provenientes dos experimentos, foram abertos e mantidos à sombra para a terra atingir o ponto de friabilidade, sendo destorroadas manualmente, observando os pontos de fraqueza do monólito, desta forma o volume total da amostra foi fracionado para transpassar a malha de 9,52mm, sendo excluídos da amostra, fragmentos de plantas, outros resíduos não componentes do solo, pedras e cascalhos retidos na peneira. As amostras foram secas ao ar e todo o volume de terra novamente armazenado em recipiente plástico fechado. Para a determinação da estabilidade dos

agregados do solo utilizou-se o método descrito por Kemper & Chepil (1965), com alterações propostas por Carpenedo & Mielniczuk (1990) e em Silva & Mielniczuk (1997b), consistindo na separação dos agregados em classes de tamanho pela dispersão e peneiramento em meio seco e úmido.

#### 4.4.1 Peneiramento via úmida

O procedimento adotado para o peneiramento das amostras em água está apresentado de forma esquemática na Figura 3, o qual inicia com a retirada de duas sub-amostras com aproximadamente 50 g de cada amostra de campo, contendo agregados e terra solta, sendo estas o mais representativo possível da amostra integral. Cada sub-amostra foi colocada em um funil de papel filtro, inserido em lata de alumínio com lâmina d'água suficiente para o umedecimento por capilaridade da sub-amostra. Após 16 horas, as sub-amostras foram transferidas para um recipiente plástico, cilíndrico, com dimensões de 21 cm x 9,5 cm, contendo 500 ml de água, o qual foi colocado em um agitador rotativo durante 2 minutos a 16 rpm. Logo após, o conteúdo de cada recipiente plástico foi transferido para um conjunto de peneiras com aberturas de 4,76; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm que se encontrava dentro de um balde e acoplado a um agitador com oscilação vertical. Cada balde continha volume de água suficiente para encobrir a amostra de solo depositada na peneira de 4,76 mm, quando na posição mais elevada do curso de oscilação. As amostras foram agitadas neste conjunto durante 15 minutos a 42 oscilações por minuto. Em seguida, o material retido em cada peneira foi transferido, com auxílio de jatos de água para latas, as quais foram levadas à estufa a 105°C para determinação da massa seca de terra retida em cada peneira. O volume de água juntamente com o material inferior a 0,25 mm foi transposto a outro balde através de um conjunto de peneiras com abertura de 0,105 e 0,053 mm, sendo o material retido em cada peneira transferido para latas como as demais. No balde com água e material de tamanho inferior a 0,053 mm foi colocado 50 ml de alúmen de potássio (5%) a fim de precipitar o material sólido suspenso, que após sifonamento da água, foi também colocado em latas, seco em estufa (105°C) e a massa devidamente quantificada.

Na seqüência, o material obtido de cada peneira foi lavado com água e com auxílio de um dispersante (solução de NaOH 1mol L<sup>-1</sup>), sobre a respectiva peneira sendo que o material retido, após a dispersão foi colocado em latas, levado a estufa a 105<sup>0</sup>C e determinada a massa. Realizou-se este procedimento com a finalidade de descontar a massa existente de partículas individuais de tamanho equivalente aos agregados desta classe, desta forma excluíram-se cascalhos, grãos de areia e outras partículas existentes na fração, obtendo-se apenas a massa de agregados correspondente à respectiva classe de tamanho (peneira).

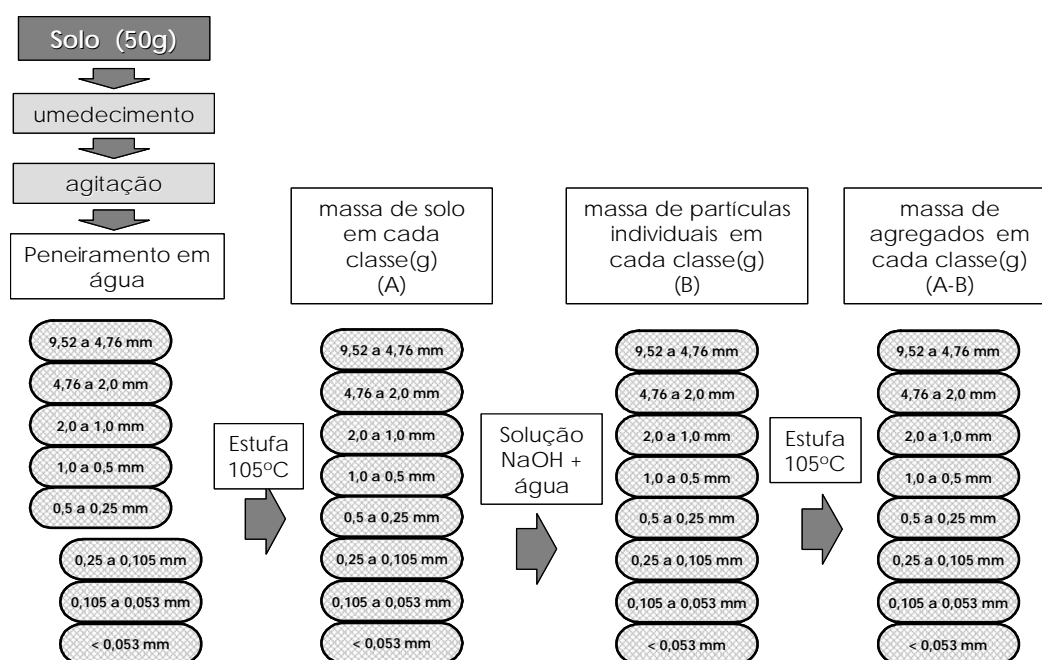


Figura 3 – Esquema utilizado para classificação do solo em classes de tamanho dos agregados e exclusão das partículas individuais simples.

#### 4.4.2 Peneiramento a Seco

Sub-amostras com aproximadamente 50 g foram retiradas de cada amostra de campo, conforme o procedimento descrito para peneiragem úmida. Cada sub-amostra foi colocada em um conjunto de peneiras com aberturas de 4,76; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,105 e 0,053 mm e agitado em agitador mecânico vibratório Solotest<sup>®</sup>, durante 1 minuto com potência de 30%. O conteúdo

remanescente em cada peneira foi transferido para latas e pesado. Logo a seguir, o material de cada classe foi lavado para exclusão da massa de partículas individuais conforme descrito para peneiragem úmida e apresentado esquematicamente na Figura 3.

Os valores obtidos nos dois peneiramentos foram usados para cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP) através da seguinte equação matemática:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi.wi)$$

onde,  $wi$  = proporção (%) de cada classe em relação ao total; e  $xi$  = diâmetro médio das classes expressa em mm.

A relação entre o  $DMP_u$  obtido no peneiramento úmido e o  $DMP_s$  obtido no peneiramento seco, foi considerado como o índice de estabilidade dos agregados (IEA) que indica a capacidade dos agregados resistir à energia de desagregação, sendo esta tanto maior, quanto o valor estiver mais próximo da unidade. O IEA equivale à relação  $DMP_u/DMP_s$  apresentada em Silva & Mielniczuk (1997a).

#### 4.5 Fracionamento físico da MOS

O fracionamento da MOS através do método granulométrico descrito por Cambardella & Elliott (1992) e Cambardella & Elliott (1993), foi realizado nas amostras dos 3 experimentos e nas camadas de 0 a 2,5; 2,5 a 5,0; 5 a 10 e 10 a 20 cm. Consistiu na extração de uma sub-amostra, que foi seca ao ar e moída com rolo, para passar em peneira com abertura de 2 mm, excluindo-se materiais vegetais grosseiros, como pedaços de hastes, talos e parte superior de raízes (touceiras). A sub-amostra, com 20 g de solo, foi colocada em frascos tipo “snap-cap” e agitada horizontalmente, durante 15 horas em solução de  $(NaPO_3)_n$  (0,5%). A eficiência da dispersão do solo foi avaliada visualmente em lupa. Logo após, o conteúdo dos frascos foi peneirado, com auxílio de jatos d’água, em malha com abertura de 0,053 mm, limite superior do diâmetro da partícula de silte, pela escala Americana. A fração da amostra retida na peneira foi transferida para recipientes e levadas a secar em estufa a 50°C. Na seqüência, foi determinada a massa deste material, que foi moída em almofariz para ser analisado o teor de carbono, deste procedimento obteve-se o teor de

carbono (%) na fração particulada da matéria orgânica (C-MOP) e corresponde à fração lábil. O carbono da fração não retida na peneira, constituída de material de tamanho correspondente a silte e argila, foi considerada associada aos minerais do solo e portanto, não lábil (MOM). O teor de carbono nesta fração foi obtido pela subtração do valor de C-MOP do carbono orgânico total (COT) e denominado C-MOM.

#### 4.5.1 Fracionamento da matéria orgânica particulada (MOP)

Amostras de três sistemas de manejo do experimento de Campo Grande foram processadas por meio da utilização conjunta do procedimento para determinação da estabilidade dos agregados e do fracionamento granulométrico, para a subdivisão da fração particulada da matéria orgânica em MOP Livre e MOP oclusa. Neste método, em uma amostra de 50 g de solo (peneirada previamente em malha de 9,52 mm), com auxílio de pinça, lupa e tesoura, foram cuidadosamente retirados todos os fragmentos de raízes e outros materiais orgânicos presentes. Após isto, foi seguido o procedimento descrito anteriormente para o peneiramento úmido (item 4.4.1), apenas com o cuidado de retirar o material orgânico livre, nas etapas de agitação e peneiramento. De cada classe de agregados após quantificação de massa, uma alíquota foi retirada para determinação do teor de C, depois de juntadas as três repetições foi procedida a dispersão e peneiramento em malha de 0,053 mm como descrito anteriormente para o fracionamento físico. Como para algumas classes não havia material suficiente para proceder ao fracionamento (20 g), a quantidade de solução de  $(\text{NaPO}_3)_n$  (0,5%) foi calculada de forma proporcional à massa de agregados disponível. Da fração particulada (> 0,053 mm) de cada classe de agregados foi determinado o teor de C orgânico e o resultado da soma das respectivas frações representa MOP oclusa. A subtração do teor de C em cada classe de agregados e o teor de C-MOP oclusa resulta na MOS associada aos minerais (MOM) de cada classe, cujo somatório resulta no C-MOM da amostra. A Figura 4 apresenta esquematicamente o procedimento para a obtenção das frações oclusa e livre da MOP e da MOM.

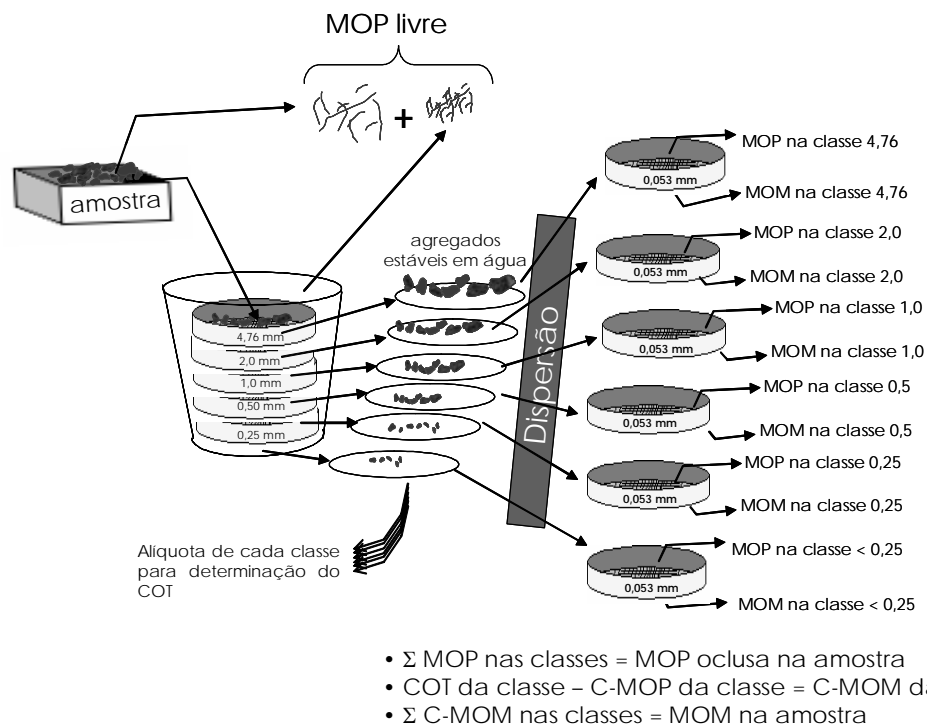


Figura 4 - Esquema demonstrando o procedimento para determinação das frações livre e oclusa da matéria orgânica particulada (MOP) e fração associada aos minerais (MOM), para classes de tamanho de agregados estáveis do solo.

#### 4.6 Cálculos de índices de manejo

O cálculo do Índice de Manejo do Carbono (IMC) e de seus componentes foram realizados conforme as expressões:

$$IEC = \frac{COT_{trat}}{COT_{ref}}$$

$$Lab = \frac{C-MOP}{C-MOM}$$

$$ILab = \frac{Lab_{trat}}{Lab_{ref}}$$

$$IMC = IEC \times ILab \times 100$$

onde:

IEC = Índice de estoque de C;

COT trat = estoque de COT ( $Mg\ ha^{-1}$ ) no sistema de manejo em análise;

COT ref = estoque de COT ( $Mg\ ha^{-1}$ ) no sistema de referência;

Lab = labilidade da MOS;

C-MOP = carbono na fração particulada da MOS;

C-MOM = carbono na fração associada aos minerais da MOS;

ILab = Índice de labilidade do sistema de manejo em análise;

Lab trat = Labilidade da MOS do sistema de manejo em análise;

Lab ref = Labilidade da MOS do sistema de referência.

O Índice de estratificação do carbono (IE) no solo foi calculado utilizando a expressão:

$$IE = \frac{COT_{sup}}{COT_{inf}}$$

onde:

COT *sup* = teor de COT na camada superficial;

COT *inf* = teor de COT na camada inferior.

O cálculo do Nível de Ordem (NO<sub>ord</sub>) foi efetuado conforme a expressão:

$$NO_{ord} = \frac{DMP_{trat}}{DMP_{ref}} \times \frac{COT_{trat}}{COT_{ref}} \times 100$$

Onde:

DMP<sub>trat</sub> = Diâmetro Médio Ponderado (mm) do sistema de manejo em análise;

DMP<sub>ref</sub> = Diâmetro Médio Ponderado (mm) do sistema referência;

COT<sub>trat</sub> = Estoque de COT (Mg ha<sup>-1</sup>) do sistema de manejo em análise;

COT<sub>ref</sub> = Estoque de COT (Mg ha<sup>-1</sup>) do sistema referência.

#### 4.7 Análise estatística

Devido à particularidade dos experimentos utilizados neste estudo, como tamanho das parcelas, diferentes números de blocos e de repetições, optou-se por analisar os dados de cada experimento como delineamento de blocos ao acaso, considerando-se cada ponto de amostragem no campo como uma repetição. As diferenças entre médias de tratamentos foram analisadas através do teste DMS, com nível de significância de 5%. Como critério adicional de análise utilizou-se o desvio padrão da média.



No caso específico do experimento de Dourados, utilizaram-se informações da variabilidade espacial da matéria orgânica do solo, que foram obtidas para o local, utilizando-se técnicas de geoestatística e a malha de amostragem (Hernani et al, 2005), conferindo maior confiabilidade na definição dos pontos de amostragem. Para os cálculos da análise da variância e ajustes de equações foram utilizados planilhas eletrônicas do Excel for Windows®.

## 5. EXPERIMENTO – DOURADOS

### 5.1 Descrição do experimento

O experimento foi implantado em 1995, ocupando área de 28 ha de um Latossolo Vermelho distroférico típico, caulínico, da área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, coordenadas 22°14'S - 54°49'W e altitude de 430 metros, no município de Dourados, MS. As características do solo estão apresentadas na Tabela 2. A descrição completa dos solos da área experimental se encontra em Amaral et al. (2000). Antes da implantação do experimento a área era utilizada para cultivo de grãos com preparo convencional do solo, desde a década de 70.

Os sistemas de manejo do solo que constituem o experimento são os seguintes:

L-PC: Lavoura em preparo convencional, com monocultivo de soja no verão e aveia no inverno e preparo do solo utilizando grades de discos (pesada+niveladora), em uma gleba de 2 ha.

L-PD: Lavoura em Plantio Direto, numa área de 6 ha, com rotação de culturas, tendo no verão as culturas de soja e milho, ocupando 2 ha cada. Durante o outono-inverno e primavera são semeadas as culturas de trigo e aveia para produção de grãos e nabo e aveia para produção de palha, mantendo a seqüência: .../nabo/milho/aveia/soja/trigo/soja/...

S2P2: Rotação lavoura - pecuária: Alternância de lavoura (soja/aveia) com pastagem (*Brachiaria decumbens*) conduzida em Plantio Direto, com ciclos de dois anos. Cada subparcela ocupa 4 ha, totalizando 8 ha, sendo que a pastagem submetida a pastejo rotativo por novilhos da raça Nelore, com lotação ajustada de forma a manter a oferta de forragem constante, em torno de 7 % (7 kg de massa seca de forragem para 100 kg de peso vivo por dia).

Cada área foi subdividida em 9 piquetes, visando facilitar o manejo da pastagem e dos animais. A adubação foi realizada apenas nas culturas anteriores às pastagens, não se utilizando adubos ou corretivos na implantação e manutenção das mesmas.

PP: Pastagem contínua: Área de 4 ha com pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada em pastoreio rotativo, com a lotação ajustada de forma a manter a oferta de forragem constante, em torno de 7 %, a implantação da pastagem permanente foi em novembro/95 e não foi utilizada adubação ou corretivos.

VN: Vegetação natural: área próxima ao experimento não perturbada, com vegetação original (campo cerrado).

Quanto à fertilidade do solo, a área experimental, por ocasião do início do experimento em 1995, apresentava os valores constantes na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios para acidez, cátions trocáveis e fósforo de camadas do solo do experimento de Dourados avaliados em 1995.

Profundidade Cm	pH	Al	Ca	Mg	K <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>
	-	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		mg dm <sup>-3</sup>
0 a 5	5,5	0,45	4,3	2,5	0,87	19
5 a 15	5,3	0,87	4,0	1,8	0,37	14
15 a 30	5,3	0,79	3,8	1,8	0,21	8

Fonte: Fabrício, 2003. <sup>1</sup>/Mehlich

Devido às dimensões e objetivos do experimento, foi estabelecido um esquema de amostragem do solo em uma grade de pontos georeferenciados equidistantes com intervalo de 30 m, cujos detalhes estão descritos em Salton et al. (2001). Para este estudo foram definidos três pontos da malha para cada tratamento avaliado, cujas amostras coletadas em 1995, 1998, 2001 foram utilizadas juntamente com as coletadas em 2004 para as análises realizadas nos laboratórios do Depto. Solos/UFRGS. O mapeamento do teor de matéria orgânica do solo por ocasião da implantação do experimento, permitiu definir a posição dos pontos de amostragem de forma que a variabilidade espacial do solo não afetasse os resultados analíticos (Hernani et al, 2005). Os tratamentos selecionados e as parcelas avaliadas são as constantes da Figura 5.

As condições climáticas ocorridas na safra 2003/04 foram extremamente ruins para a produção de grãos, ocorrendo acentuado déficit hídrico durante todo o ciclo das culturas e agravando-se no período crítico para a soja (fase de enchimento de grãos) nos meses de fevereiro e março (Figura 6), resultando em perda substancial no rendimento de soja em todos os tratamentos.

Safra	Sistemas de produção				
	L-PC	L-PD	S <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	PP	VN
1995	Milho	Milho	Milho	Brachiaria decumbens	Vegetação natural
1995/96	Soja	Soja	Soja		
1996	Aveia	Nabo	Aveia		
1996/97	Soja	Milho	Soja		
1997	Aveia	Aveia	Aveia		
1997/98	Soja	Soja	Brachiaria decumbens		
1998	Aveia	Trigo			
1998/99	Soja	Soja			
1999	Aveia	Nabo			
1999/00	Soja	Milho	Soja		
2000	Aveia	Aveia	Aveia		
2000/01	Soja	Soja	Soja		
2001	Aveia	Trigo	Aveia		
2001/02	Soja	Soja	Brachiaria decumbens		
2002	Aveia	Nabo			
2002/03	Soja	Milho			
2003	Aveia	Aveia			
2003/04	Soja	Soja	Soja		
2004					

Amostragem  
abril/2004 →

Figura 5 - Esquema das seqüências de culturas nos sistemas de produção amostrados do experimento na Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados,MS

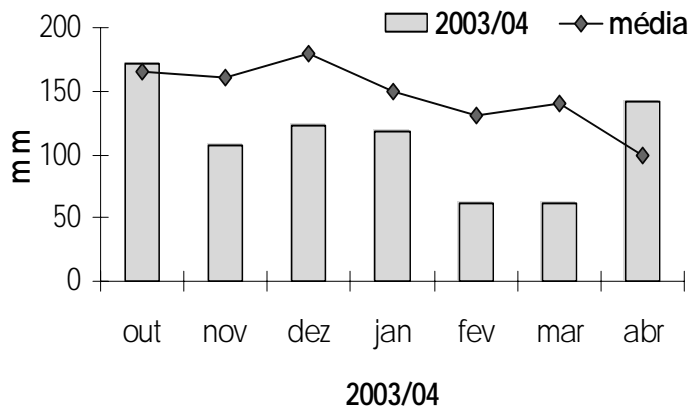


Figura 6 – Distribuição da precipitação pluvial durante a safra 2003/04 e a média histórica em Dourados,MS. (Fonte: Embrapa Agropecuária Oeste e UFMS).

## 5.2 Resultados e discussão

### 5.2.1 Agregação do solo

Como resultado dos fluxos de energia e matéria que ocorrem entre os componentes do sistema de produção, há formação de agregados no solo, que em uma escala crescente representa o grau de organização do sistema solo. Em uma fase inicial, a formação de microagregados (< 0,25 mm) está relacionada à interação da matéria mineral entre si e com compostos orgânicos (Tisdal & Oades, 1982). Posteriormente, a influência do crescimento das raízes, hifas de fungos juntamente com material vegetal, estimula a formação de estruturas mais complexas e diversificadas como macroagregados estáveis (> 0,25 mm), tais estruturas correspondem a um nível de organização mais elevado (Haynes & Beare, 1996). Reduzidos fluxos de energia resultam em nível de organização baixo, onde a estrutura do solo é simples, predominando a presença de microagregados, ao passo que com elevado fluxo de energia e matéria o nível de organização atingido é mais elevado, ocorrendo presença de agregados maiores e formando estruturas grandes e complexas. Assim, solos que apresentem maior agregação podem ser considerados em estado de ordem superior a solo semelhante com menor agregação (Vezzani, 2001).

Os sistemas de manejo ao influenciarem a intensidade dos fluxos de matéria para o subsistema solo, resultam em diferentes graus de organização da massa do solo em agregados, como está demonstrado na Tabela 5.

Ao considerar-se apenas a massa de solo agregado em estruturas menores que 0,25 mm, verificou-se que em termos gerais, os sistemas de manejo L-PC e L-PD, apresentaram cerca de 25 a 30% da massa do solo organizada nesta classe de microagregados. Contrastando com o VN que apresenta valor um pouco inferior e com os sistemas que incluem pastagens, que apresentam valores entre 15 e 20%. Estas diferenças são mais evidentes nas camadas superficiais, provavelmente devido ao efeito do revolvimento do solo pelas operações de preparo e menor aporte de resíduos nestes sistemas. O menor grau de organização dos sistemas L-PC e L-PD fica evidente ao comparar-se o volume de agregados <0,053 mm que na camada superficial é significativamente superior aos demais sistemas de manejo e VN.

Por outro lado, a massa de solo organizada em macroagregados maiores que 2 mm, estruturas complexas e resultado de intenso fluxo de energia e matéria, nos sistemas com pastagens (S2P2 e PP) atinge valores superiores a 60%, especialmente na superfície, onde supera a quantidade verificada para a VN (~50%) e muito superior aos valores para o L-PC e L-PD (~ 40%). Desta análise fica evidente o efeito da atividade radicular na formação de macroagregados como observado por Paladini & Mielniczuk (1991) e por Silva & Mielniczuk (1997a) entre outros. Verificou-se também, nos sistemas com pastagens, que quantidade substancial de solo constituinte dos micro (<0,25mm) e meso-agregados (entre 0,25 e 2,0 mm), ao interagir com os demais componentes do sistema, passaram a constituir estruturas mais evoluídas no processo de auto-organização do solo como os macroagregados (Figura 7).

Tabela 5 - Distribuição da massa de um Latossolo Vermelho distroférico típico, quanto ao tamanho dos agregados estáveis em água, nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, submetido a sistemas de manejo durante 9 anos.

Tamanho (mm)	Sistemas de manejo										DMS 5%
	L-PC	L-PD	S2P2	PP	VN						
----- % -----											
camada 0 a 5 cm											
> 4,76	23,39	(3,25)	23,18	(6,77)	49,28	(2,88)	40,78	(5,21)	24,66	(6,54)	10,48
2 a 4,76	17,33	(1,98)	15,96	(2,23)	18,05	(1,06)	21,64	(2,17)	17,81	(0,58)	3,48
1 a 2	13,07	(0,51)	11,60	(1,54)	9,93	(1,14)	11,38	(1,50)	13,46	(1,42)	2,48
0,5 a 1	17,30	(0,92)	17,73	(3,09)	7,94	(1,47)	10,73	(2,08)	18,59	(2,32)	4,10
0,25 a 0,5	12,56	(1,63)	13,51	(2,48)	5,52	(1,20)	7,10	(2,64)	13,78	(1,96)	4,10
0,105 a 0,25	7,10	(1,83)	8,95	(1,73)	3,42	(0,65)	3,69	(0,81)	7,88	(1,07)	2,56
0,053 a 0,105	2,54	(1,07)	2,98	(0,43)	1,21	(0,26)	1,03	(0,23)	1,27	(0,31)	1,10
< 0,053	6,71	(1,08)	6,09	(0,79)	4,63	(0,61)	3,65	(0,31)	2,55	(0,20)	1,41
camada 5 a 10 cm											
> 4,76	28,44	(6,37)	24,45	(5,23)	41,37	(9,17)	45,16	(7,30)	37,33	(12,18)	15,38
2 a 4,76	14,70	(3,12)	19,97	(2,26)	18,72	(0,87)	15,30	(1,90)	19,41	(1,25)	3,51
1 a 2	10,79	(1,98)	13,88	(2,05)	11,41	(2,45)	9,27	(1,44)	11,14	(2,92)	4,18
0,5 a 1	15,77	(1,28)	15,59	(3,02)	9,20	(3,28)	10,02	(1,72)	11,81	(3,55)	4,62
0,25 a 0,5	11,61	(1,43)	10,70	(1,10)	5,90	(1,05)	7,55	(2,40)	9,44	(2,69)	3,28
0,105 a 0,25	8,88	(0,79)	7,38	(0,51)	5,07	(1,03)	6,42	(2,27)	6,80	(2,14)	2,33
0,053 a 0,105	2,42	(0,45)	2,22	(0,21)	1,92	(0,08)	1,87	(0,76)	1,43	(0,29)	0,72
< 0,053	7,39	(0,55)	5,81	(0,48)	6,41	(0,71)	4,42	(0,37)	2,63	(0,37)	1,05
camada 10 a 20 cm											
> 4,76	27,12	(5,44)	31,48	(13,28)	35,50	(0,22)	45,84	(3,92)	34,96	(12,27)	17,85
2 a 4,76	18,23	(1,86)	17,48	(2,15)	19,94	(1,10)	15,09	(1,74)	18,55	(1,02)	3,37
1 a 2	14,08	(3,11)	12,86	(3,81)	12,07	(0,76)	8,55	(0,82)	12,27	(2,90)	5,38
0,5 a 1	14,39	(1,70)	13,67	(4,32)	10,51	(0,69)	9,04	(1,36)	11,22	(3,38)	5,53
0,25 a 0,5	11,06	(0,98)	9,15	(2,47)	7,79	(0,77)	7,50	(1,36)	9,61	(3,02)	3,73
0,105 a 0,25	8,16	(0,74)	7,20	(1,37)	6,04	(0,94)	7,01	(1,21)	7,99	(2,15)	2,89
0,053 a 0,105	2,10	(0,16)	2,20	(0,45)	2,11	(0,42)	1,91	(0,27)	1,70	(0,37)	0,69
< 0,053	4,86	(0,30)	5,95	(0,39)	6,04	(0,86)	5,06	(0,37)	3,69	(0,50)	1,06

Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão da média. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

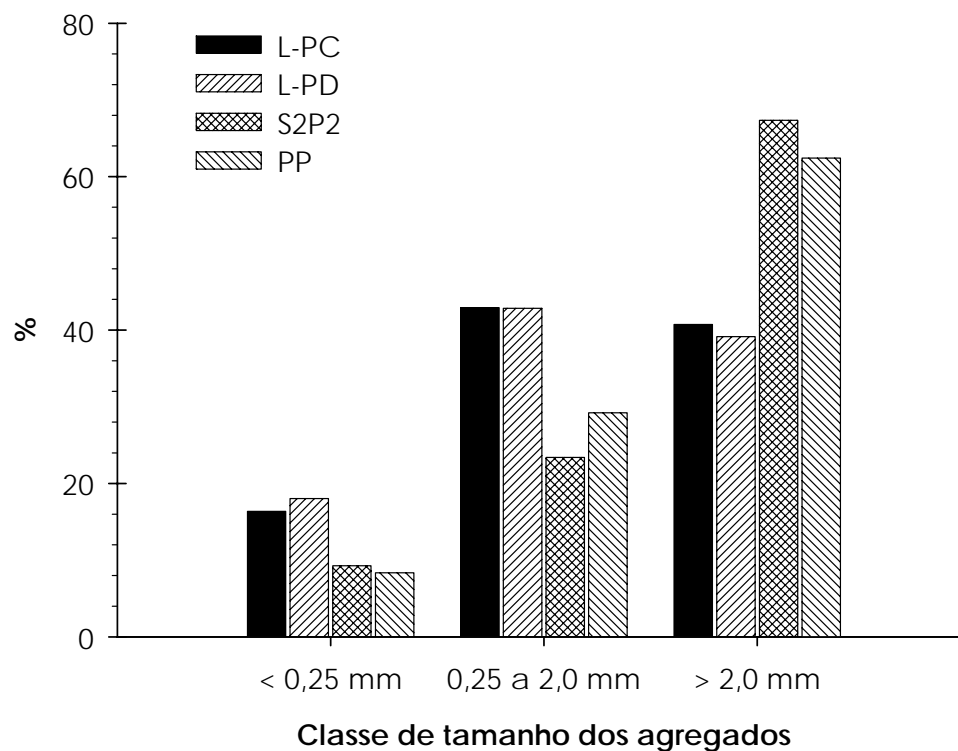


Figura 7 – Distribuição dos agregados da camada 0 a 5 cm, agrupados em 3 classes de tamanho para os sistemas L-PC = lavouras em preparo convencional, L-PD = lavouras em Plantio Direto, S2P2 = rotação soja/pastagem de *B. decumbens* em ciclos de 2 anos e PP = Pastagem permanente de *B. decumbens*.

Para facilitar a análise dos resultados da distribuição dos agregados, utilizou-se o diâmetro médio ponderado (DMP) (Figura 8), que para os sistemas que apresentam pastagens está em torno de 4 mm, significativamente superior aos sistemas que contam apenas com lavouras, tanto em plantio direto como com preparo convencional que apresentam DMP inferior a 3 mm. A presença de agregados com maior tamanho médio, nos sistemas com pastagens (S2P2 e PP), ocorre em todas as profundidades do solo, sendo maior nas camadas superficiais. Estes valores de DMP são superiores aos relatados por Zotarelli et al (2005), para latossolos de Passo Fundo e Londrina com sistemas de culturas envolvendo apenas produção de grãos (soja, milho e trigo) que variaram em torno de 1 a 2 mm para preparo convencional e plantio direto, respectivamente. Em todos os casos, a maior existência de macroagregados estáveis pode ser relacionada à presença e atividade do sistema radicular das plantas e à



ausência de revolvimento do solo com gradagens, conforme os dados apresentados por Pinheiro et al. (2004) em que um Latossolo do Rio de Janeiro apresentou DMP de 4,2mm quando sob gramínea, 3 mm sob plantio direto e 2 mm para o sistema convencional.

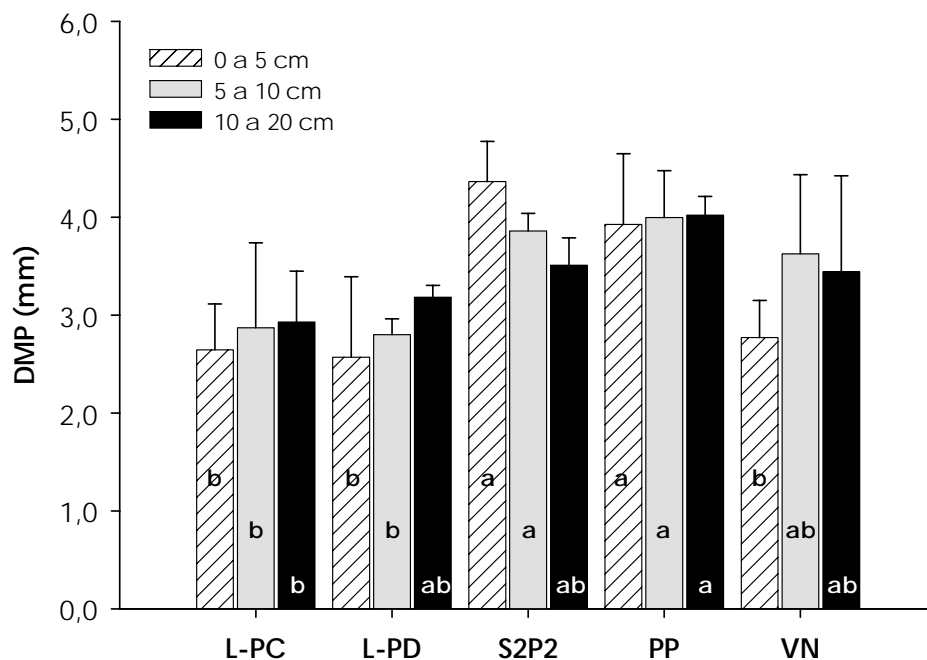


Figura 8 - Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis de camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural. Barras verticais indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indicam semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade.

A razão entre o DMP obtido pelo peneiramento em água (DMPu) e o peneiramento a seco (DMPs) resulta no índice de estabilidade dos agregados (IEA) que retrata a capacidade dos agregados resistirem à energia desagregante sem fragmentarem-se em agregados menores. Com exceção da VN onde não há diferença entre as camadas avaliadas, o IEA na camada superficial (0 a 5 cm) foi superior ao encontrado nas camadas inferiores, não apresentando diferença significativa entre os sistemas de manejo. Para as camadas inferiores observaram-se diferenças entre os sistemas, com maior IEA para os que possuem pastagens e para o VN (Figura 9). Estes valores

foram superiores aos encontrados por Silva & Mielniczuk (1997a), que ao avaliarem vários sistemas de culturas, obtiveram os maiores valores para a camada 0 a 5 cm, dos sistemas com cultivo permanente, a Pangola com ~0,7 e a Setária com ~0,8, respectivamente para Argissolo e Latossolo do Rio Grande do Sul. Neste trabalho foram encontrados valores de 0,3 e 0,4 para os sistemas aveia/milho em PD e trigo/soja em PC, respectivamente. As diferenças podem ser atribuídas às concentrações de carbono orgânico que foram superiores no experimento de Dourados e também à textura do solo, cuja maior presença de argila e óxidos de ferro, favorecerem a maior estabilidade dos agregados.

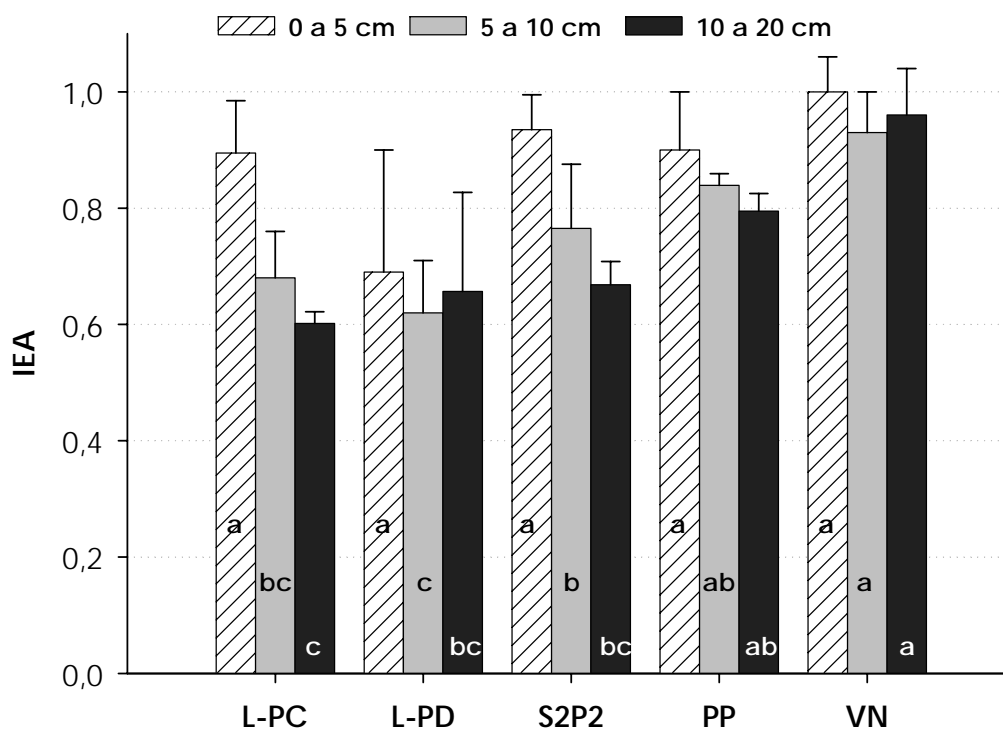


Figura 9 - Índice de estabilidade dos agregados (IEA) para camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural. Barras verticais indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indicam semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade.

### 5.2.2 Carbono no solo

A concentração de C orgânico do solo apresentou-se ao longo do perfil, com valores mais elevados na superfície do solo e decrescendo à medida que aumenta a profundidade (Figura 10). A exceção deste comportamento ocorreu no sistema L-PC em que a concentração de C foi maior na profundidade de 5 a 10 cm, resultado da incorporação dos resíduos das culturas com sucessivas gradagens, que resultaram no acúmulo de C nesta posição. Em contraste a esta situação o sistema L-PD, com aporte semelhante de resíduos, apresentou maior concentração na camada mais superficial, devido ao acúmulo de material orgânico sobre o solo.

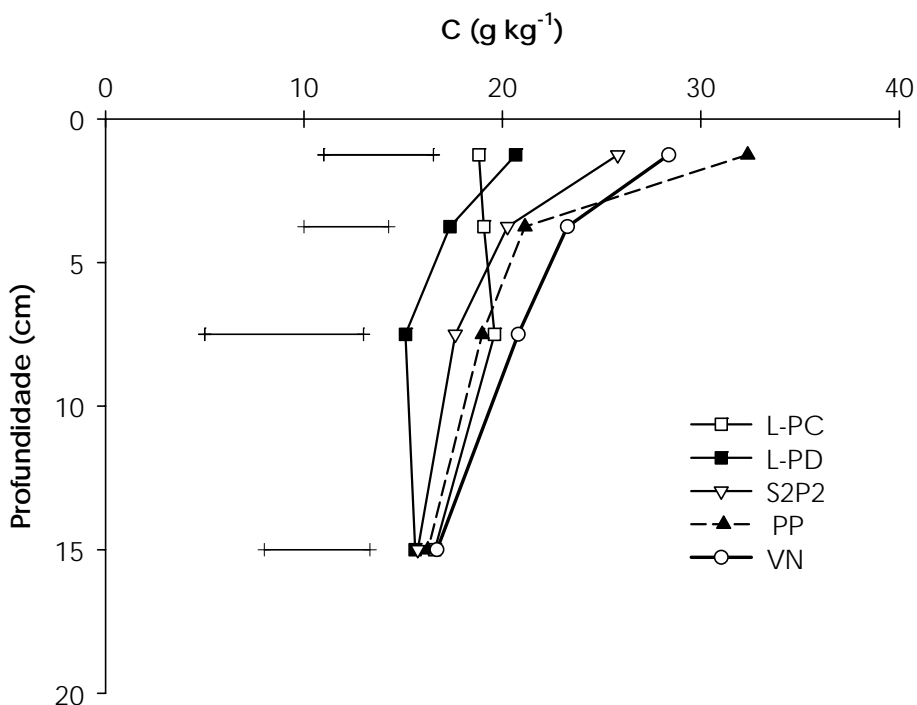


Figura 10 - Teor de carbono orgânico em camadas de um LVdf de Dourados, MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. As barras indicam o valor para DMS 5%. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

Diferenças significativas foram observadas na camada 0 a 2,5 cm onde os sistemas com pastagens (PP e S2P2) e a VN apresentaram valores superiores aos sistemas com lavouras (L-PD e L-PC), o que pode estar

associado ao maior aporte de material vegetal pelas pastagens. Também se observou que para todos os sistemas de produção, os teores na camada mais profunda são semelhantes, fruto do manejo empregado antes da implantação do experimento.

Considerando-se o estoque de C no solo sob vegetação natural (VN) na camada 0 a 20 cm, como o da situação original, anterior ao uso agrícola, este era de aproximadamente 44,5 Mg C ha<sup>-1</sup>. Com o início da utilização agrícola em meados da década de 1970, através de preparo convencional, houve redução deste valor para 41,9 Mg C ha<sup>-1</sup> em função da utilização agrícola com preparo convencional do solo. A partir de 1996, com a implantação do experimento e utilização de outros sistemas de manejo, houve alteração nos estoques de C no solo, com acréscimos nos sistemas que incluem pastagens, ultrapassando os valores iniciais (VN), conforme está demonstrado na Figura 11. As taxas anuais de retenção de C na camada de 0 a 20 cm do solo, calculadas para os 9 anos do experimento, foram de 0,91 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e de 0,44 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente para os sistemas PP e S2P2. Para os demais sistemas as taxas foram praticamente nulas.

Em uma análise da contribuição de cada camada amostrada para a alteração do estoque total até a profundidade de 20 cm, verificou-se que as diferenças ocorreram de forma mais significativa apenas na camada mais superficial (0 a 2,5 cm), na qual o sistema PP apresentou 10,1 Mg ha<sup>-1</sup> enquanto o sistema L-PC apenas 5,5 Mg ha<sup>-1</sup>, com valores intermediários para os demais sistemas (Tabela 6). Estes dados evidenciam que os sistemas de manejo não foram capazes de alterar os estoques de C nas camadas mais profundas, atuando predominantemente na superfície do solo, o que pode fortalecer a importância da senescência de folhas da pastagem como fonte de C. Tomando como referência o estoque do sistema L-PC na camada 0 a 2,5 cm (5,5 Mg ha<sup>-1</sup>), verifica-se que a retenção de C no solo obedeceu a taxas médias de 0,13; 0,37 e 0,51 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, para os sistemas L-PD, S2P2 e PP. Maiores taxas de retenção de C no solo estão associadas a maior aporte de material orgânico ao solo pelas culturas (Lovato et al., 2004), o que se confirmou neste caso, com as maiores taxas coincidindo com a presença de pastagens.

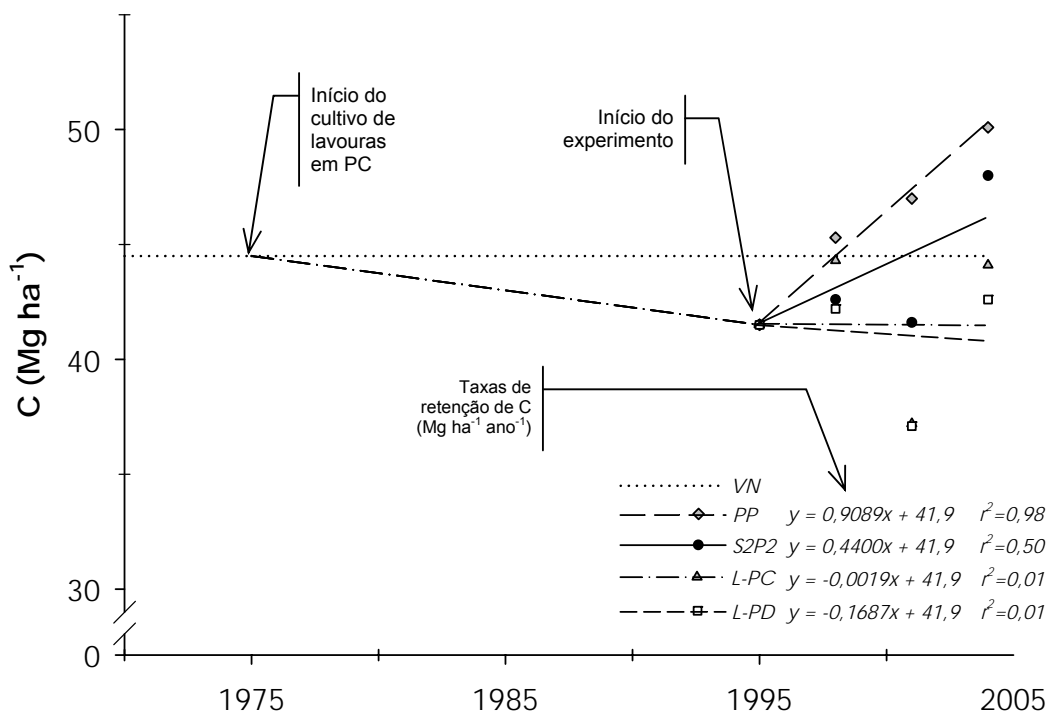


Figura 11 - Evolução do estoque de carbono orgânico na camada de 0 a 20 cm de um LVdf de Dourados,MS submetido a usos e formas de manejo ao longo do tempo. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

Atualmente, além da eficiência agrônômica, os sistemas de produção devem proporcionar, entre outros aspectos, ganhos ambientais como os proporcionados pela menor emissão de gases causadores de efeito estufa e seqüestro de C atmosférico. Assim, ao considerar o impacto proporcionado pela utilização da rotação de lavoura com pastagem, tal como o sistema S2P2, em substituição ao sistema com uso predominante na região de Dourados (L-PD), poderia ocorrer retenção de C ao solo a uma taxa de  $0,60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  considerando-se os estoques na camada 0 a 20 cm. Este valor é similar aos verificados, para a comparação de lavouras de grãos em PD e PC, por Bayer et al. (2004), em avaliação realizada em Costa Rica,MS em latossolo com semelhante teor de argila ( $650 \text{ g kg}^{-1}$ ), e por Corazza et al. (1999) e Oliveira et

al. (2004) que relatam taxas de, respectivamente, 0,63 e 0,52 Mg ha<sup>-1</sup> para Latossolo do DF com 410 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Na maior parte das situações experimentais o PD apresenta maior taxa de retenção de C que o PC. No entanto, Roscoe & Buurman (2003), encontraram taxa negativa (0,03 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) ou praticamente nula, para plantio direto (milho, feijão) em comparação ao preparo convencional em um Latossolo com 800 g kg<sup>-1</sup> de argila em Minas Gerais. Neste caso, o efeito da textura do solo parece sobrepujar o efeito da operação de preparo do solo.

Tabela 6 - Estoque de carbono orgânico no solo e respectivo desvio padrão da média, de camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos.

Prof. (cm)	L-PC		L-PD		S2P2		PP		VN	
	Mg ha <sup>-1</sup>									
0 a 2,5	5,5	d (0,47)	6,7	cd (0,40)	8,8	ab (0,69)	10,1	a (1,93)	7,4	bc (0,92)
2,5 a 5	5,6	a (0,33)	5,6	a (0,40)	6,9	a (0,67)	6,6	a (1,30)	6,1	a (0,91)
5 a 10	10,6	ab (1,02)	9,4	b (0,64)	10,5	ab (0,43)	11,5	a (0,93)	10,6	ab (4,96)
10 a 20	22,4	a (3,10)	20,9	a (1,94)	21,9	a (0,97)	21,9	a (2,58)	20,4	a (2,15)
0 a 20	44,1	a (4,84)	42,6	a (3,34)	48,0	a (1,98)	50,1	a (6,46)	44,5	a (4,19)

Valores médios de 3 repetições. Letras iguais indicam diferença inferior a DMS 5% para a mesma camada. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão da média. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

### 5.2.3 Fracionamento da MOS

O fracionamento físico possibilita separar a MOS quanto a sua dinâmica e funcionalidade, com a obtenção da fração particulada e de sua concentração de C, que resulta na quantidade de C-MOP no solo e permite avaliar a eficiência dos sistemas de manejo em aportar matéria orgânica lábil ao solo, que posteriormente vai abastecer o compartimento estável da MOS, aquela associada aos minerais. Como a principal rota de entrada de C ao solo é via decomposição das raízes, em alta concentração nas camadas superficiais e dos resíduos deixados na superfície do solo, é esperado que a maior quantidade de C-MOP esteja na camada superficial, o que foi claramente verificado neste experimento para todos os sistemas de manejo, com exceção do sistema L-PC que apresentou maior quantidade de C-MOP na camada 5 a 10 cm, devido à deposição de material oriundo da superfície que foi

incorporado ao solo nesta profundidade, pela atividade das grades de discos no preparo do solo. Na camada 0 a 2,5 cm evidenciou-se a contribuição da pastagem, com o sistema PP apresentando estoque de  $2,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C-MOP, enquanto o L-PC apresentou cerca de 5 vezes menos, apenas  $0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 12).

É desejável que o solo apresente adequada quantidade de C-MOP, pois desta forma estará garantindo fluxo de C para o solo e a manutenção da atividade biológica. Por outro lado, caso o solo não disponha de matéria orgânica lábil em quantidade suficiente para suprir suas necessidades, os processos de oxidação da MOS irão resultar em redução do estoque de C no solo, dando início a processo de perda de qualidade e degradação do solo. Desta forma, ao possuir  $6,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C-MOP o sistema PP apresentou-se significativamente superior aos sistemas L-PC e L-PD, respectivamente com  $3,6$  e  $4,1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C-MOP, estando o sistema S2P2 com  $5,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  em posição intermediária (Figura 12).

A maior sensibilidade da fração particulada da MOS, em comparação à fração associada aos minerais e sua capacidade de retratar os efeitos dos sistemas de manejo sobre a dinâmica do carbono no solo podem ser observadas na Figura 13, onde se encontra a evolução dos estoques de C nas frações da MOS. Para a implantação do experimento em 1996, o solo das parcelas destinadas a semeadura de pastagens foram preparadas com várias gradagens que resultaram na eliminação dos resíduos vegetais e significativa redução no C-MOP ( $\sim 3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) que na amostragem seguinte em 1998, para o sistema PP, já atingiu o valor de  $5,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ . No sistema S2P2, como a rotação iniciou pela cultura de soja e a pastagem apenas foi implantada na safra 1997/98 o aumento no estoque de C-MOP foi detectado na amostragem de 2000 quando atingiu a  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Nos sistemas de manejo com culturas anuais, o rendimento das culturas, quantidades de resíduos e as condições climáticas parecem ser determinantes das variações no estoque de C-MOP.

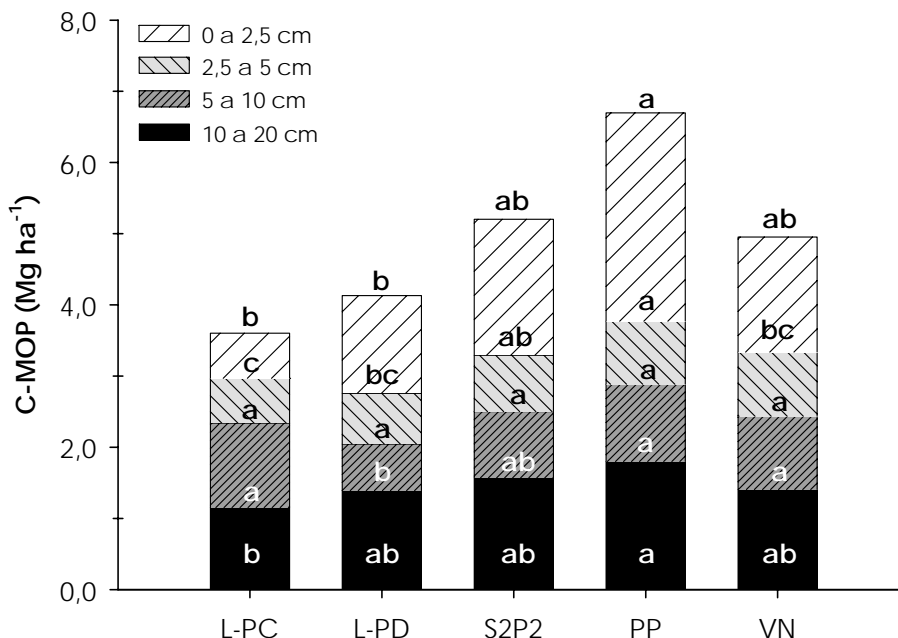


Figura 12 - Estoques de C-MOP em camadas de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos, letras iguais para a profundidade no interior das barras e para a camada 0 a 20 cm no topo das barras, indicam semelhança a DMS 5%. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

O estoque de C na fração da MOS associada aos minerais do solo também variou ao longo do tempo, sendo influenciado, entre outros fatores, pelas variações no estoque de C-MOP. Acréscimos de C-MOM somente ocorrem algum tempo após haver disponibilidade de C-MOP no solo, em situação que permita os processos de interação no solo e havendo capacidade da fração mineral do solo reter C através da formação de complexos organo-minerais. No caso deste experimento, as variações relativas do C-MOM, foram, proporcionalmente, numa amplitude inferior à variação da fração particulada no mesmo período de tempo, ficando os estoques muito próximos ao verificado para a condição de referência (VN), o qual apenas foi superado em 2004 através dos sistemas com pastagens.



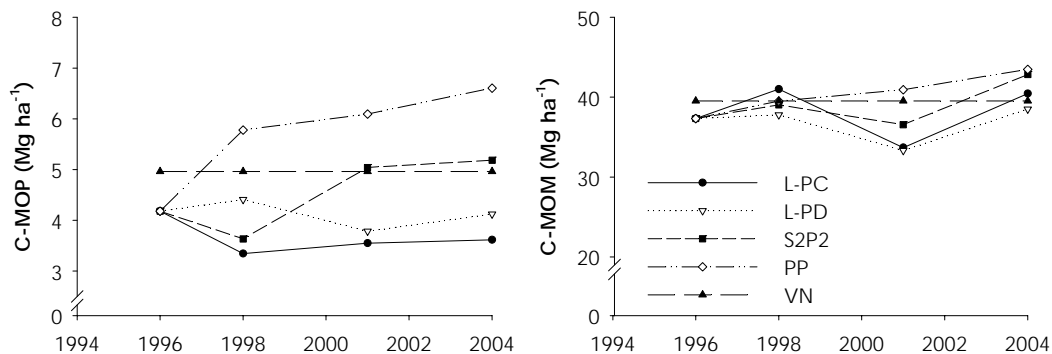


Figura 13 - Evolução do estoque de C na matéria orgânica associada aos minerais (C-MOM) e particulada (C-MOP), na camada 0 a 20 cm de um LVdf de Dourados, MS submetido a sistemas de manejo no período 1996 a 2004. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

#### 5.2.4 Qualidade da MOS

Os sistemas de manejo ao aportarem diferentes quantidades de C ao solo, alteram a labilidade da MOS, ou seja a proporção de MOS lábil em relação à não-lábil ( $Lab = C-MOP/C-MOM$ ). De modo geral, os maiores valores foram verificados na camada superficial (0 a 2,5 cm) decorrente da grande quantidade de resíduos vegetais aportados na superfície do solo, concentrando-se nesta camada cerca de 35% do C-MOP (Figura 14). Para as demais profundidades, a labilidade da MOS reduziu-se a valores semelhantes aos dos outros sistemas de manejo. O sistema L-PC no entanto, apresentou um comportamento diferente dos demais, a labilidade foi constante nas três primeiras camadas (0,13), sendo que na superfície (0 a 2,5 cm) foi o menor valor em comparação aos demais, mas na camada 5 a 10 cm, foi o mais elevado. Este comportamento está associado à incorporação de resíduos vegetais (MOP) pelas gradagens no preparo do solo.

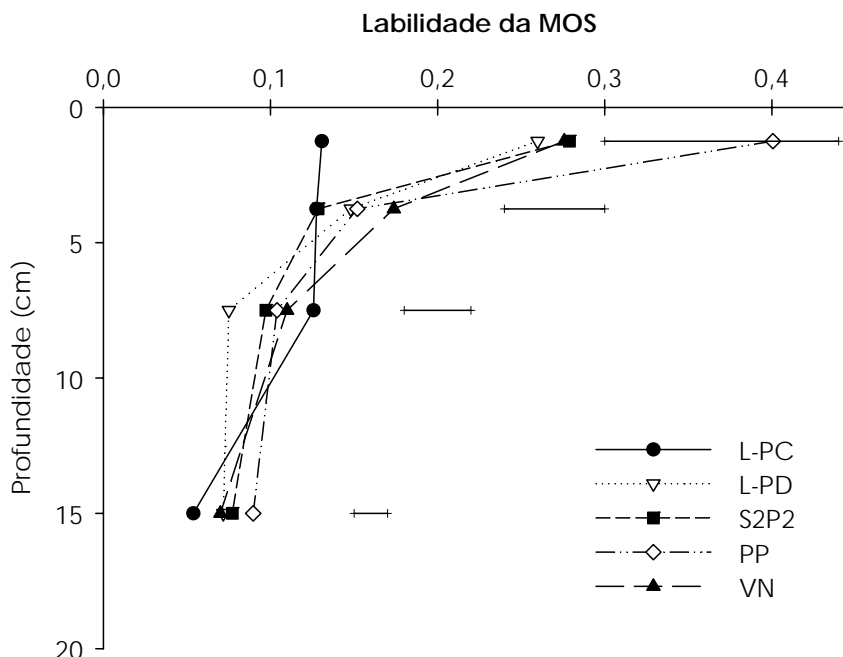


Figura 14 – Labilidade da MOS (C-MOP/C-MOM) de um LVdf de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos. As linhas indicam a DMS 5% para cada camada. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

### 5.2.5 Índice de manejo do carbono (IMC)

A utilização de determinado sistema de manejo do solo é fator determinante da qualidade do solo, que é avaliada através de vários indicadores que consideram atributos ou processos do solo (Vezzani, 2001). Como a MOS está envolvida direta ou indiretamente com vários destes indicadores, a utilização de um índice que considere aspectos de seu acúmulo e de sua dinâmica no solo, como o IMC, pode auxiliar na identificação de sistemas de manejo mais adequados, quanto à qualidade do solo (Diekow et al, 2004). Comentários sobre o cálculo do IMC e de seus subíndices podem ser encontrados no item 2.9.

Para o experimento de Dourados o IMC e os subíndices que o compõem estão demonstrados na Tabela 7, onde se verifica IMC superior para os sistemas com a presença de pastagem, com valores de 137 e 104,

respectivamente, para PP e S2P2, os quais superaram os sistemas apenas com lavouras que possuem IMC de 82 (L-PD) e 71 (L-PC), e inclusive, ao sistema referência (VN = 100). Tais valores são provenientes, principalmente, das diferenças no subíndice ILab, que foram mais discrepantes que as diferenças entre os sistemas para o IEC. Desta forma pode-se inferir a importância de práticas de manejo, cujos impactos imediatos são aferidos pelo ILab, apresentando elevada sensibilidade. Por outro lado, o IEC, ao não se apresentar tão sensível a alterações ocorridas em curto prazo, expressa os efeitos dos sistemas de manejo na dinâmica e estoque de C no solo em médio prazo. Desta forma, com a utilização dos sistemas de manejo durante o período de 9 anos, enquanto o ILab variou de 0,71 a 1,21 entre os sistemas L-PC e PP, correspondendo a um aumento de 70%, o IEC variou neste mesmo período e tratamentos de 0,99 para 1,13 correspondendo a um acréscimo de apenas 14%.

Tabela 7 - Subíndices de labilidade (ILab) e de estoque de carbono orgânico (IEC) e índice de manejo de carbono (IMC) em um LVDF de Dourados,MS submetido a sistemas de manejo durante 9 anos.

Índices	Sistemas de manejo				
	L-PC	L-PD	S2P2	PP d	VN
Ilab	0,71	0,85	0,96	1,21	1,00
IEC	0,99	0,96	1,08	1,13	1,00
IMC	71	82	104	137	100

L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

A Figura 15 apresenta a evolução do IMC para os sistemas de manejo ao longo dos anos de condução do experimento, onde se verificou alteração expressiva neste índice. O sistema PP, com maior aporte de resíduos pela pastagem apresentou maior IMC ao longo do tempo, enquanto os sistemas apenas com lavouras (L-PD e L-PC) apresentaram os menores valores, ficando o sistema S2P2 com valor intermediário, semelhante ao sistema de referência (VN) a partir do momento que a pastagem foi implantada. Tais resultados evidenciam claramente o efeito determinante da presença da pastagem no valor do IMC, além de que o sistema VN somente seria superado com tais sistemas de manejo.

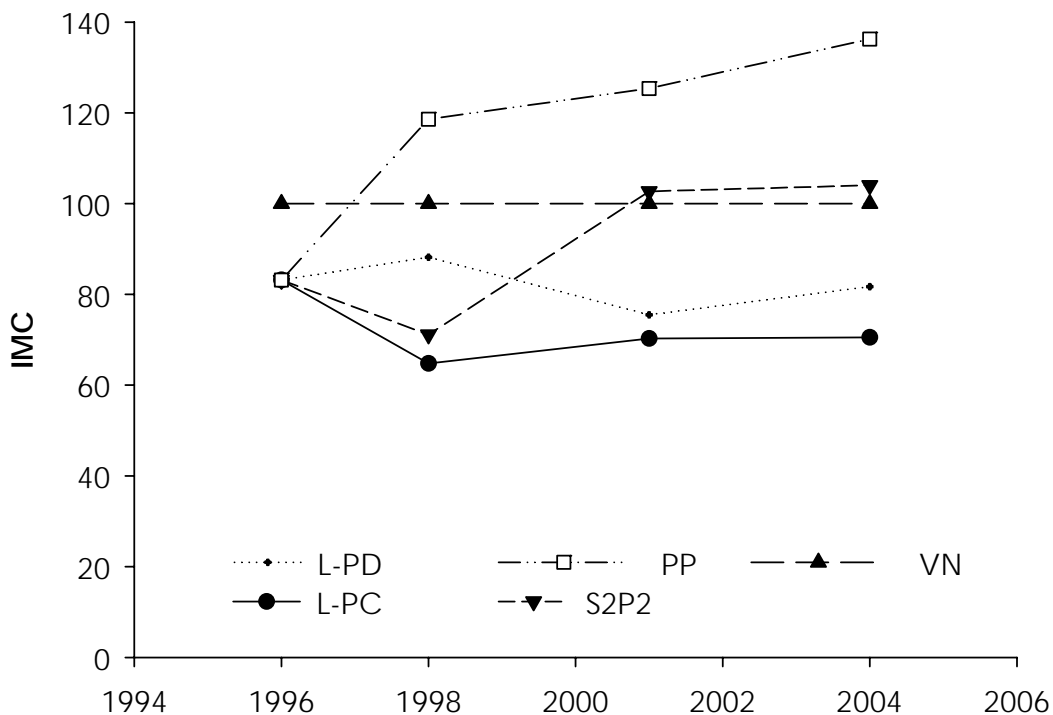


Figura 15 - Evolução do Índice de Manejo Carbono (IMC) para sistemas de manejo de um LVdf de Dourados,MS. L-PC = lavours em sistema convencional, L-PD = lavours em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

### 5.3 Conclusões

Como a presença de pastagem foi o elemento que mais influenciou os resultados obtidos, os sistemas de manejo podem constituir dois grupos, um deles contendo os sistemas com pastagem de braquiária (S2P2 e PP) e o outro com os sistemas apenas lavours (L-PC e L-PD). Nesta situação, os maiores valores para DMP, IEA, COT, C-MOP, C-MOM, Lab e IMC foram observados nos sistemas do primeiro grupo.

Enquanto as raízes das pastagens, provavelmente estariam envolvidas na formação de macroagregados, a fração particulada, oriunda de material senescente, teve papel fundamental na dinâmica do carbono no solo.

Tais situações são evidenciadas na comparação entre os dois grupos de tratamentos.

Outro aspecto importante neste experimento, foi a condição antecedente à implantação do experimento, com a utilização de sistema convencional de preparo do solo para o cultivo de lavouras durante cerca de 20 anos, este fato proporcionou expressiva redução no estoque de C no solo e desta forma permitiu a manifestação da capacidade dos sistemas de manejo em recuperar as quantidades perdidas naquele período.

## 6. EXPERIMENTO - MARACAJU

### 6.1 Descrição do experimento

O experimento foi implantado na área experimental “Aeroporto” da Fundação MS em Maracaju,MS. O local tem como coordenadas 21°36’50”S – 55°10’06”W, situa-se a uma altitude de 390 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa,1999), cujas características estão apresentadas na Tabela 2. A vegetação natural foi classificada como Campo Cerrado e no local do experimento há relato de apenas um cultivo de arroz muitos anos antes da implantação do experimento. Em dezembro de 1992, foi realizada a aplicação de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e incorporado ao solo com aração e gradagens, também foram aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Após, no inverno de 1993, foi semeada aveia preta, e em outubro de 1993 foram implantadas as pastagens e cultura de soja em parcelas com área de 1.500 m<sup>2</sup>.

Os tratamentos selecionados para este trabalho, foram os seguintes:

L-PD – seqüência das culturas de soja no verão e aveia preta no inverno, em plantio direto;

S2P2 d – soja em rotação com pastagem de *B. decumbens*, com ciclos de 2 anos de lavoura e 2 anos de pastagem. As implantações de soja sobre a pastagem e da pastagem após a soja foi em plantio direto. No período de outono/inverno entre os dois cultivos de soja é semeada aveia-preta para cobertura do solo;

S2P2 b - soja em rotação com pastagem de *B. brizantha*, com ciclos de 2 anos de lavoura e 2 anos de pastagem. As implantações de soja sobre a pastagem e da pastagem após a soja foi em plantio direto. No período de

outono/inverno entre os dois cultivos de soja é semeada aveia-preta para cobertura do solo;

PP d – pastagem permanente com *B. decumbens* implantada em 1993, sem adubação de manutenção e pastejada esporadicamente para redução da massa vegetal;

PP b - pastagem permanente com *B. brizantha* implantada em 1993, sem adubação de manutenção e pastejada esporadicamente para redução da massa vegetal;

VN – área típica da região do experimento, sem vestígios de cultivo ou adubação, com vegetação natural constituída de plantas gramíneas e pequenos arbustos.

As seqüências dos cultivos e o momento da amostragem realizada podem ser verificados no esquema da Figura 16.

Todos os sistemas foram conduzidos em Plantio Direto. As práticas culturais seguiram as recomendações técnicas específicas de cada cultura e as pastagens foram pastejadas por bovinos com freqüência variável, em função do desenvolvimento das pastagens. Quanto à fertilidade do solo, a área experimental, por ocasião do início do experimento em 1993, apresentava os valores constantes na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios para acidez, cátions trocáveis, fósforo e matéria orgânica de camadas do solo do experimento de Maracaju avaliados em setembro de 1993.

Profundidade cm	pH	Al ----- meq 100 cm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	P <sup>1</sup> ----- ppm -----	K <sup>1</sup>	MOS %
0 a 20	5,7	0	7,5	1,7	8,1	104	3,3
20 a 40	5,3	0,3	4,3	0,5	1,3	40	2,6

<sup>1</sup>/Mehlich

Nos tratamentos onde há seqüência de pastagem após soja, estas foram implantadas com semeadora mecânica. Na implantação de soja após a pastagem, esta foi dessecada com herbicida pós-emergente e a semeadura foi feita com semeadora equipada com facão de corte. Para as culturas de grãos foi utilizada adubação de manutenção com base na produtividade esperada e para as pastagens não houve adubação.

Safr	Sistemas de produção					
	L-PD	S2P2 d	S2P2 b	PP d	PP b	VN
1993/94	Soja	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>	Vegetação natural
1994	Aveia					
1994/95	Soja					
1995	Aveia					
1995/96	Soja	Soja	Soja			
1996	Aveia	Aveia	Aveia			
1996/97	Soja	Soja	Soja			
1997	Aveia	Aveia	Aveia			
1997/98	Soja	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>			
1998	Aveia					
1998/99	Soja					
1999	Aveia					
1999/00	Soja	Soja	Soja			
2000	Aveia	Aveia	Aveia			
2000/01	Soja	Soja	Soja			
2001	Aveia	Aveia	Aveia			
2001/02	Soja	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>			
2002	Aveia					
2002/03	Soja					
2003	Aveia					
2003/04	Soja	Soja	Soja			
2004						

Amostragem  
abril/2004  
→

Figura 16 - Esquema das seqüências de culturas nos sistemas de produção amostrados do experimento na Fundação MS, Maracaju,MS.

A ocorrência de chuvas no período anterior a coleta das amostras (Figura 17) foi ligeiramente inferior à média histórica, havendo um déficit no mês de janeiro, contudo não houve perdas significativas no rendimento da soja.

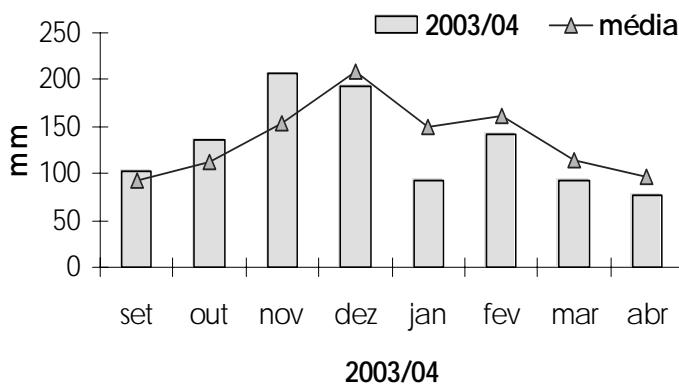


Figura 17 – Distribuição da precipitação pluvial durante a safra 2003/04 e a média histórica em Maracaju,MS. (Fonte: Fundação MS)



## 6.2 Resultados e discussão

### 6.2.1 Agregação do solo

Neste experimento, o solo apresentou uma organização de sua estrutura mais desenvolvida que nos demais experimentos em função do seu histórico de uso, uma vez que antes da implantação do experimento não havia uso agrícola do solo, estando ocupado pela vegetação natural. Além disto, o teor e tipo de argila presente também contribuem para uma maior estruturação do solo. A Tabela 9 apresenta a distribuição da massa do solo em classes de tamanho dos agregados estáveis, para as três camadas estudadas, onde se encontrou significativa diferença para a classe de agregados maior que 4,76 mm, na camada 0 a 5 cm. Observa-se que o sistema L-PD possuía apenas 15% da massa do solo nesta classe, enquanto os demais sistemas possuíam entre 38% (S2P2 b) a 56% (PP b). Na camada inferior (5 a 10 cm), o sistema L-PD apresentou praticamente o dobro de massa do solo na classe > 4,76mm, em comparação à camada 0 a 5 cm, contudo, ocorreram as mesmas diferenças em relação aos demais sistemas. Na camada mais profunda, para a classe de agregados grandes (> 4,76mm), foram verificadas diferenças entre os sistemas de pastagem permanente e os demais sistemas, tendo os primeiros, valores significativamente superiores.

De um modo geral, independentemente da profundidade, foram observados maiores percentuais de agregados grandes, nos sistemas com pastagem permanente e menores para o sistema L-PD, ficando os sistemas com a rotação lavoura-pastagem em posição intermediária. O solo da vegetação nativa (VN) apresentou comportamento similar aos tratamentos com pastagem. Nestes, quantidade superior à metade da massa do solo estava organizada em agregados grandes, com diâmetro superior a 2 mm. Devido ao histórico de uso e a textura do solo neste experimento, não se verificou elevada quantidade de solo compondo agregados nas classes menores, apresentando, em média, apenas 10% da massa do solo nas classes inferiores a 0,25 mm.

Tabela 9 - Distribuição da massa de um Latossolo Vermelho de Maracaju, MS, quanto ao tamanho dos agregados estáveis em água, nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Tamanho (mm)	Sistemas de manejo												DMS 5%
	L-PD		S2P2 d		S2P2 b		PP d		PP b		VN		
----- % -----													
Camada 0 a 5 cm													
> 4,76	15,3	(3,9)	41,0	(6,1)	38,5	(4,4)	55,4	(7,9)	56,5	(4,3)	49,2	(1,1)	10,47
2 a 4,76	18,7	(2,8)	19,5	(2,0)	15,7	(1,6)	16,4	(3,1)	15,9	(2,3)	26,7	(1,5)	5,38
1 a 2	17,6	(1,9)	12,7	(1,7)	11,7	(2,0)	9,2	(1,6)	9,0	(0,2)	10,1	(0,1)	3,56
0,5 a 1	21,7	(3,3)	12,5	(2,6)	14,7	(1,5)	8,7	(2,3)	8,2	(2,0)	6,4	(0,1)	4,56
0,25 a 0,5	12,9	(2,6)	7,1	(0,8)	10,4	(1,5)	5,4	(1,5)	4,8	(1,5)	3,4	(0,3)	2,39
0,105 a 0,25	6,9	(1,5)	3,3	(0,3)	4,8	(0,9)	2,5	(0,2)	2,8	(0,6)	2,1	(0,4)	1,63
0,053 a 0,105	1,9	(0,4)	0,9	(0,2)	1,0	(0,3)	0,5	(0,1)	0,5	(0,2)	0,3	(0,0)	0,53
>0,053	4,9	(0,2)	3,0	(0,2)	3,1	(0,2)	1,9	(0,1)	2,3	(0,9)	1,8	(0,0)	0,92
Camada 5 a 10 cm													
> 4,76	30,7	(6,1)	49,9	(3,4)	45,7	(1,0)	67,7	(6,2)	56,1	(9,8)	49,3	(11,3)	11,28
2 a 4,76	23,8	(4,0)	19,0	(1,2)	17,0	(2,0)	16,2	(5,3)	12,4	(1,9)	13,5	(0,4)	5,96
1 a 2	16,2	(3,7)	10,4	(0,9)	11,7	(0,2)	5,5	(1,4)	8,2	(2,1)	9,5	(3,8)	3,87
0,5 a 1	12,0	(0,6)	8,2	(0,5)	9,8	(0,9)	3,5	(1,2)	8,7	(3,1)	9,0	(4,2)	3,12
0,25 a 0,5	6,9	(1,0)	5,0	(0,6)	7,0	(0,7)	2,2	(0,9)	6,3	(2,0)	8,6	(2,6)	2,11
0,105 a 0,25	4,7	(0,7)	3,2	(0,4)	4,6	(0,4)	1,7	(0,6)	4,4	(1,6)	6,1	(0,4)	1,62
0,053 a 0,105	1,4	(0,1)	0,9	(0,2)	1,1	(0,1)	0,6	(0,1)	0,9	(0,3)	1,3	(0,1)	0,39
>0,053	4,2	(0,3)	3,3	(0,5)	3,0	(0,3)	2,6	(0,1)	2,8	(0,8)	2,6	(0,2)	0,96
Camada 10 a 20 cm													
> 4,76	39,1	(2,6)	49,8	(2,2)	39,8	(7,2)	66,9	(6,5)	64,5	(6,0)	38,2	(0,0)	11,50
2 a 4,76	20,9	(3,3)	16,8	(1,5)	15,7	(1,8)	12,7	(0,7)	11,7	(0,7)	15,7	(0,4)	3,70
1 a 2	12,2	(0,6)	9,8	(0,8)	11,9	(2,2)	5,5	(1,4)	5,9	(1,2)	11,9	(0,5)	2,96
0,5 a 1	11,1	(2,1)	8,8	(0,3)	12,0	(2,0)	4,6	(1,8)	6,0	(1,6)	12,6	(0,1)	3,60
0,25 a 0,5	6,5	(0,8)	6,3	(0,6)	9,3	(1,3)	4,0	(2,0)	5,0	(1,5)	9,5	(0,8)	2,91
0,105 a 0,25	5,0	(0,9)	4,4	(1,0)	6,2	(1,0)	2,9	(1,2)	3,6	(1,3)	7,9	(0,6)	2,37
0,053 a 0,105	1,4	(0,1)	1,2	(0,2)	1,5	(0,2)	0,9	(0,3)	0,8	(0,1)	1,6	(0,1)	0,41
>0,053	3,7	(0,3)	3,1	(0,4)	3,6	(0,4)	2,5	(0,3)	2,5	(0,1)	2,7	(0,0)	0,71

L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão da média.

A Figura 18 apresenta, para três sistemas de manejo, a distribuição dos agregados agrupados nas classes < 0,25 mm; 0,25 a 2 mm e >2 mm na qual é possível observar o deslocamento de expressiva massa de solo da classe de menor tamanho para a de maior tamanho com a presença de pastagem, mesmo no sistema em que a pastagem é utilizada em rotação com lavouras.

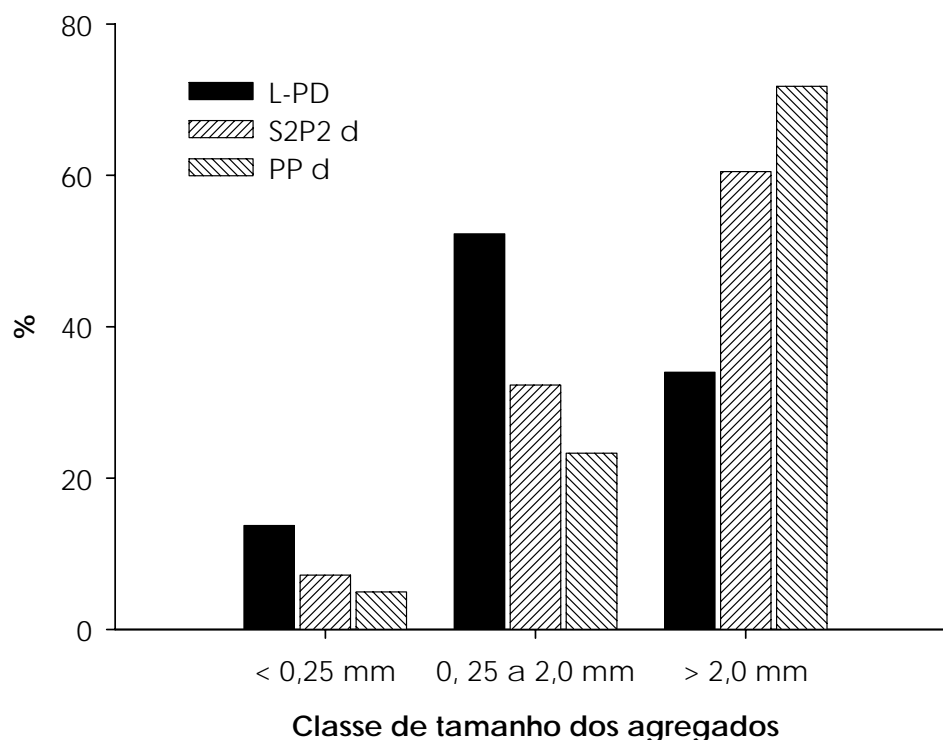


Figura 18 - Distribuição relativa (%) da massa dos agregados da camada 0 a 5 cm, agrupados em 3 classes de tamanho para os sistemas L-PD = lavouras em Plantio Direto, S2P2d = rotação soja/pastagem de *B. decumbens* em ciclos de 2 anos e PPd = Pastagem permanente de *B. decumbens*.

Em termos de tamanho médio dos agregados, o DMP apresentado na Figura 19 possibilitou o agrupamento dos sistemas de manejo em três grupos. Com maior DMP, encontram-se os sistemas com pastagem permanente (PPd e PPb) com valores em torno de 5 a 6 mm. Um segundo grupo, composto pelos sistemas com rotação entre lavoura e pastagem (S2P2d e S2P2b) com valores entre 3,5 e 4,5mm, incluindo o VN. Com valores inferiores encontra-se o sistema L-PD com DMP de apenas 2 mm para a camada 0 a 5 cm.

Com exceção do VN, todos os sistemas de manejo apresentaram maior valor de DMP em camadas inferiores do solo, o que pode indicar que, para as condições deste experimento, o sistema radicular das plantas gramíneas (fasciculadas) desempenham papel fundamental na formação de maiores agregados estáveis. Neste sentido, é evidente a associação entre o

maior tamanho médio dos agregados e a presença de pastagens, o que reforça o efeito das raízes no processo de agregação do solo.

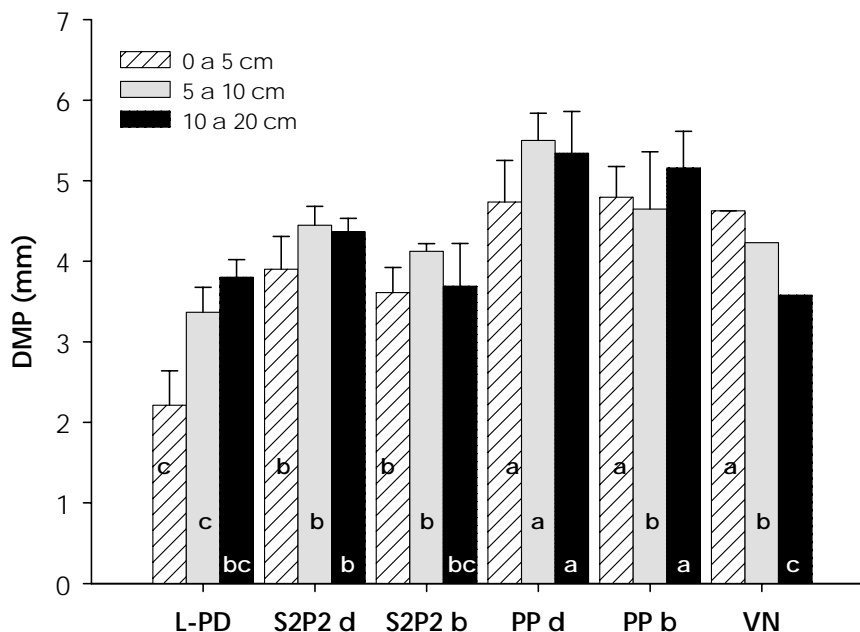


Figura 19 - Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis de camadas de um LV de Maracaju, MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade.

Neste experimento, os agregados apresentaram elevada estabilidade, com valores para o IEA, considerando todos os sistemas de manejo e camadas do solo, superiores a 0,75 (Figura 20). Isto pode ser explicado, principalmente pela utilização do solo no período antecedente a implantação do experimento (vegetação natural), no qual não houve utilização de práticas de preparo do solo. Também contribui para a alta estabilidade, especialmente para os microagregados, o teor de argila ( $470 \text{ g kg}^{-1}$ ) e os teores de C no solo (Figura 21). Além disto, à presença abundante de raízes, como nos sistemas com pastagem perene de gramíneas confere maior estabilidade aos agregados (Silva & Mielniczuk, 1997a). Como foi verificado para o sistema PPd, com o IEA próximo a 1,00 em todas as camadas do solo. Entre os

sistemas de manejo, diferenças significativas foram observadas na camada superficial e na inferior. Na superfície, o sistema L-PD apresentou o menor valor (0,76), com os sistemas de pastagem permanente (PPd e PPb) os maiores (1,00 e 0,93) e com valores intermediários os sistemas com rotação soja-pastagem. Entre as espécies de pastagem, os sistemas contendo *B. decumbens* apresentaram tendência a maiores IEA que a *B. brizantha*, apesar de ambas possuírem denso sistema radicular, observado visualmente (Figura 21). Na camada inferior, a ordem dos tratamentos é semelhante à verificada na superfície, com exceção do sistema S2P2b, que nesta situação apresentou o menor IEA (0,76).

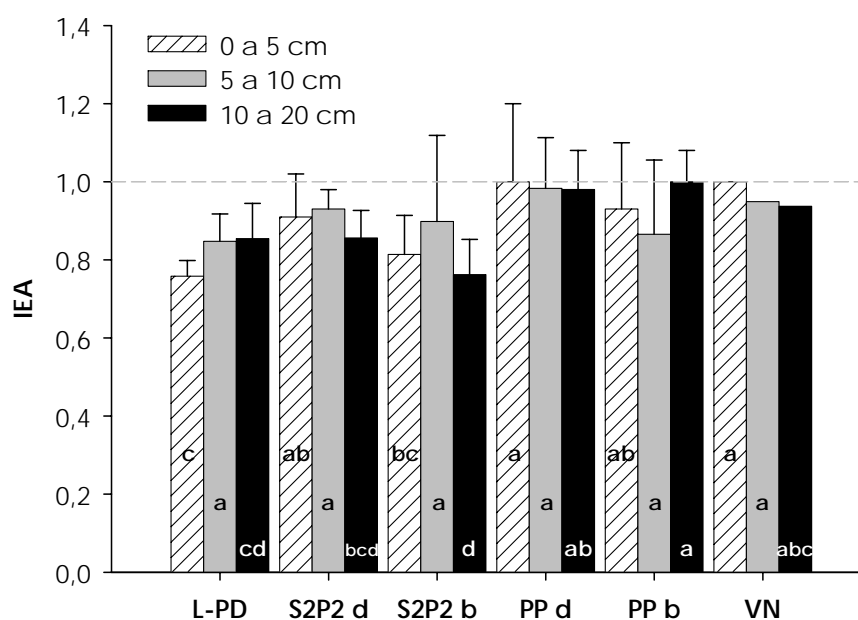


Figura 20 - Índice de estabilidade dos agregados (IEA) de camadas de um LV de Maracaju, MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade.



Figura 21- Sistema radicular de pastagem de *B. brizantha* implantada a 11 anos no experimento de Maracaju.

#### 6.2.2 Carbono no solo

O teor de carbono no solo do experimento de Maracaju está apresentado na Figura 22, onde se observa sua distribuição no perfil do solo. O sistema VN apresentou teor muito superior aos demais sistemas de manejo na camada mais superficial, atingindo o valor de  $57 \text{ g kg}^{-1}$ . Nesta camada superficial (0 a 2,5 cm) foram verificadas as maiores diferenças entre os sistemas de manejo, posicionando-se com menores teores os sistemas L-PD e S2P2b, com valores intermediários os sistemas S2P2d e PPb e com maior teor o sistema PPd ( $40,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) inferior apenas ao VN. Para as camadas inferiores do perfil do solo, houve tendência de semelhança entre os valores, apenas com um comportamento discrepante para o sistema S2P2b que apresentou menor teor de C em todas as camadas.

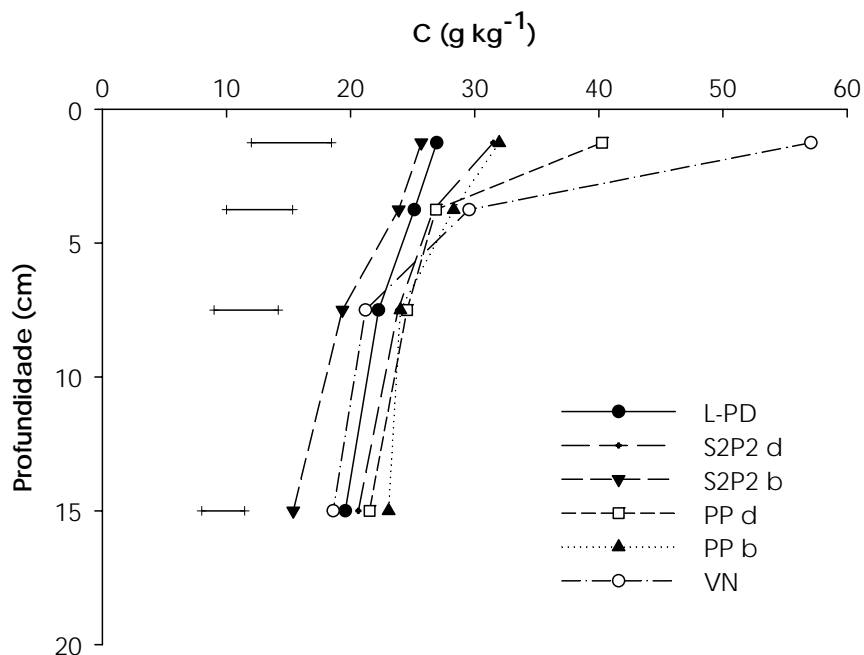


Figura 22 - Teor de carbono orgânico em camadas de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. As barras indicam o valor para DMS 5%. L-PD = lavours em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural.

Os estoques de C na camada 0 a 20 cm do solo, observados neste experimento variaram em função do sistema de manejo adotado, sendo todos inferiores ao verificado para o sistema referência (VN) com 68,7 Mg C ha<sup>-1</sup>. Este valor elevado para a concentração de C pode ser atribuído à condição da área amostrada, não adequada para representar a condição natural do experimento. Utilizando-se valores disponíveis para o estoque de C no solo deste experimento obtidos em anos anteriores, foi estabelecida a evolução deste estoque para os sistemas de manejo, conforme demonstrado na Figura 23.

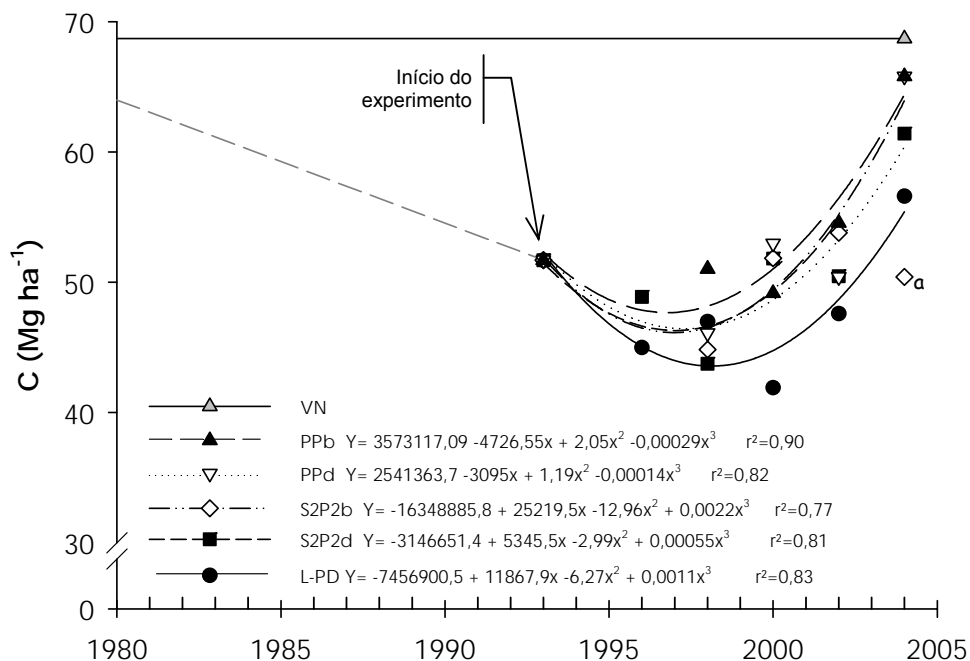


Figura 23 - Estoque de carbono orgânico em um LV de Maracaju submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. Valores para 1993 a 2002 provenientes de relatórios do experimento. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural. <sup>a</sup>Valor não considerado para ajuste da respectiva curva.

Na comparação com os resultados obtidos em 2004, há que se considerar a influência de aspectos metodológicos e analíticos, pois nas amostragens de 1993, 1996, 1998, 2000 e 2002 o preparo das amostras seguiu o procedimento padrão da análise de rotina utilizada no Laboratório de Solos da Embrapa Agropecuária Oeste, incluindo o peneiramento do solo em malha de 2 mm e descarte de materiais e resíduos orgânicos retidos nesta peneira e a determinação do C orgânico do solo realizado pelo método Walkley-Black. As amostras coletadas em 2004, foram processadas para análise conforme descrito anteriormente (item 4.5), com peneiramento em malha 9,52 mm. Desta forma, possivelmente resultaram valores maiores para o COT na avaliação de 2004 em comparação ao procedimento adotado nas demais amostras. Para este fenômeno também houve contribuição das práticas de adequação da fertilidade do solo para a implantação do experimento, com calagem e



incorporação do calcário em 1992, que certamente promoveram a atividade microbiológica com decomposição da MOS e redução dos estoques nas amostragens seguintes. A oscilação nos valores dos estoques de um mesmo sistema, entre os períodos amostrados, pode estar associada à coincidência da amostragem com o período de maior desenvolvimento das pastagens, especialmente nos sistemas com rotação lavoura-pastagem e com as condições climáticas antecedentes. De qualquer modo, pode-se inferir a capacidade dos sistemas com pastagem, seja permanente ou em rotação com lavouras, de proporcionar maior estoque de C no solo, superando a condição inicial do experimento. As taxas de retenção de C no solo, calculadas para o período 1993 a 2004, foram de 1,39 e 1,28 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para os sistemas PPd e PPb, respectivamente. De 0,88 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o sistema S2P2, enquanto o sistema L-PD apresentou a taxa de 0,45 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Tais valores são superiores aos verificados no experimento de Dourados para sistemas semelhantes de manejo, mas há que se considerar a ausência de pastejo contínuo das áreas com pastagem, o que implica em maior aporte de material vegetal senscente ao sistema.

Na avaliação de 2004, o estoque de C no solo na camada superficial (0 a 2,5 cm) variou significativamente conforme o sistema de manejo adotado, com o PPd apresentando maior estoque com 12,7 Mg C ha<sup>-1</sup>, inferior apenas à área adotada como referência (VN) (Tabela 10). De modo geral verificou-se que as diferenças entre os sistemas ocorreram mais expressivamente nas camadas superficiais, com uma tendência a valores aproximados nas camadas mais profundas, com exceção do sistema S2P2 b que apresentou um comportamento discrepante. O menor estoque de C foi verificado no sistema sem a presença de pastagem (L-PD) e os maiores estoques nos sistemas com pastagem permanente.

Tabela 10 - Estoque de carbono orgânico no solo e respectivo desvio padrão da média, de camadas de um LVdf de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Prof. (cm)	Sistemas de manejo											
	L-PD		S2P2 d		S2P2 b		PP d		PP b		VN	
Mg ha <sup>-1</sup>												
0 a 2,5	8,7 d	(0,53)	10,2 cd	(0,32)	9,1 cd	(0,63)	12,7 b	(2,23)	10,7 c	(0,87)	19,3 a	-
2,5 a 5	8,1 b	(1,04)	8,6 ab	(0,63)	8,5 b	(0,88)	8,5 b	(0,66)	9,5 ab	(0,77)	10,0 a	-
5 a 10	14,4 abc	(1,56)	15,6 abc	(0,87)	12,7 c	(0,15)	16,4 ab	(1,29)	16,6 a	(3,90)	14,3 abc	-
10 a 20	25,4 bcd	(1,09)	27,0 abc	(3,69)	20,1 e	(2,90)	28,2 ab	(2,49)	30,2 a	(3,15)	25,1 bcd	-
0 a 20	56,6 cd	(2,69)	61,4 abc	(4,82)	50,4 d	(2,59)	65,8 ab	(6,62)	67,0 ab	(4,92)	68,7 a	-

Valores médios de 3 repetições. Letras iguais indicam diferença inferior a DMS 5% dentro da mesma camada. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão da média. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural.

### 6.2.3 Fracionamento da MOS

Quanto ao C presente na fração particulada da MOS obtida para este experimento, se observa na Figura 24 que há uma acentuada diferença entre o valor obtido para o estoque no sistema de referência (VN) com 10,64 Mg C ha<sup>-1</sup> e os sistemas de manejo com lavouras, que apresentaram os valores inferiores, variando de 4,09 Mg C ha<sup>-1</sup> para o L-PD a 5,56 Mg C ha<sup>-1</sup> para o S2P2d. A área de referência (VN) deste local apresentava vegetação com amplo predomínio de espécies gramíneas, resultando em abundante material vegetal morto sobre a superfície. Dentre os sistemas de manejo, aqueles com pastagem permanente apresentaram os maiores estoques de C-MOP o que está associado ao aporte de material senescente, oriundo de folhas e talos mortos, uma vez que não houve pastejo recentemente. A distribuição de C-MOP nas diversas camadas do perfil do solo apresentou uma tendência geral, a maior acúmulo nas camadas superficiais, decorrentes do aporte de material vegetal nestas camadas, contudo os sistemas com pastagem permanente apresentaram algumas particularidades, as quais podem ser relacionadas às características das espécies forrageiras, como no caso da *B. brizantha* (PPb), que apresentou maior acúmulo de C-MOP na camada 10 a 20 cm. Este fenômeno pode estar associado ao maior desenvolvimento do sistema radicular e maior presença de exudatos nesta camada. A associação entre o maior

estoque de C-MOP e a presença de raízes, pode ser evidenciado na camada de 10 a 20 cm, na qual o sistema L-PD apresenta o menor estoque (0,87 Mg ha<sup>-1</sup>) enquanto nos sistemas com pastagens os estoques foram significativamente superiores, com 1,93 e 3,88 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente para PPd e PPb.

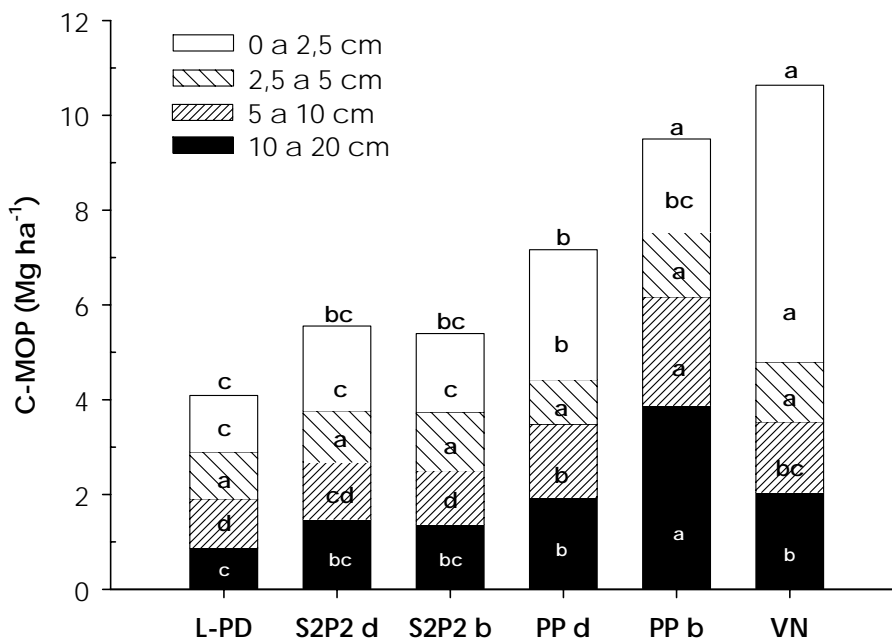


Figura 24 - Estoques de C-MOP em camadas de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural. Letras iguais, para a profundidade, no interior das barras e para a camada 0 a 20 cm no topo das barras, indicam semelhança a DMS 5%.

#### 6.2.4 Qualidade da MOS

Na Figura 25 está apresentada a labilidade da MOS verificada para este experimento, a qual apresentou comportamento semelhante aos demais experimentos, sendo que na camada 0 a 2,5 cm o VN apresentou valor discrepante dos demais (0,43), enquanto os outros sistemas apresentaram valores entre 0,16 (L-PD) e 0,27 (PPb). Para as camadas 5 a 10 cm e 10 a 20 cm os valores são baixos, contudo, os sistemas se diferenciam, destacando-se

o PPb com a maior labilidade, o que indica que está ocorrendo aporte de material particulado nestas camadas mais profundas, possivelmente decorrentes do sistema radicular da pastagem.

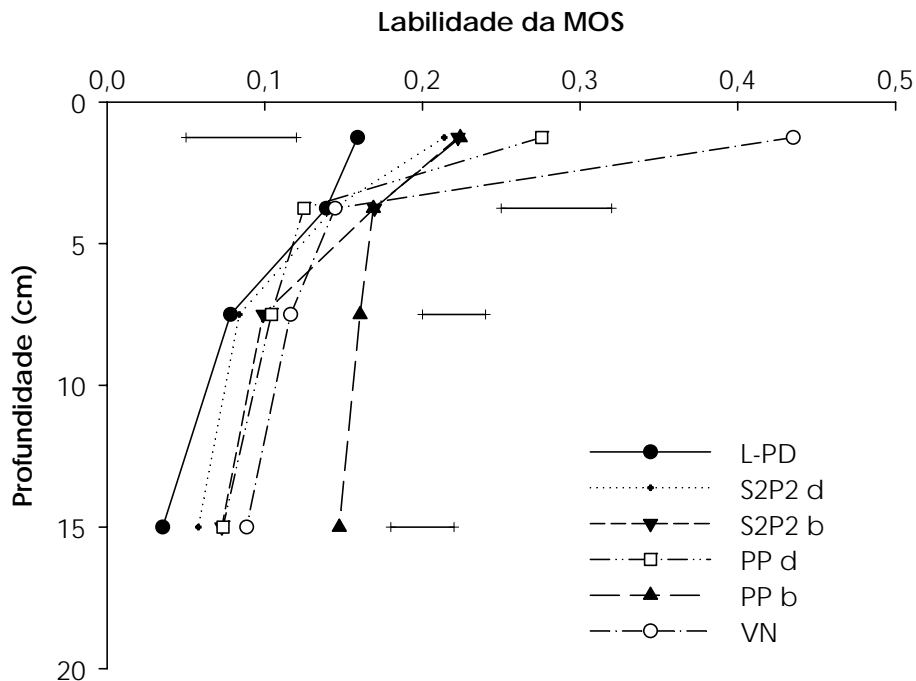


Figura 25 - Labilidade da MOS (C-MOP/C-MOM) de um LV de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural. As barras indicam o valor para DMS 5%.

### 6.2.5 Índice de manejo do carbono (IMC)

O baixo valor para a labilidade da MOS verificado para o sistema L-PD (0,42) neste experimento, em contraste com o valor para a VN (1,00), resultaram em amplitude de 0,58 para os valores do subíndice de Labilidade (ILab), como pode ser observado na Tabela 11. Desta forma o ILab foi o maior responsável pelas diferenças no IMC apresentado pelos sistemas de manejo, uma vez que o outro subíndice (IEC) apresentou relativa estabilidade entre os sistemas de manejo, com amplitude de apenas 0,27. O IMC possibilitou o agrupamento dos sistemas de manejo em três grupos, ficando com menor valor

o sistema apenas com lavoura (L-PD), em uma colocação intermediária os sistemas com a rotação lavoura-pastagem (S2P2d e S2P2b) e por fim com valores superiores, os sistemas com pastagem exclusiva (PPd e PPb).

Tabela 11 - Subíndices de labilidade (ILab) e de estoque de carbono orgânico (IEC) e índice de manejo de carbono (IMC) em um LVDf de Maracaju,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Índice	Sistemas de manejo					
	L-PD	S2P2 d	S2P2 b	PP d	PP b	VN
Ilab	0,42	0,54	0,65	0,67	0,90	1,00
IEC	0,82	0,89	0,73	0,96	0,98	1,00
IMC	35	49	48	64	88	100

L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural.

### 6.3 Conclusões

No experimento de Maracaju foi possível observar a importância da condição anterior à implantação do experimento, neste caso como não houve cultivos, o solo manteve-se com elevada agregação e estabilidade dos agregados. Também se verificou que os efeitos da pastagem, através de suas raízes e do aporte de material particulado, ocorreram praticamente com a mesma intensidade para a pastagem de *B. decumbens* como *B. brizantha*.

A área utilizada como referência (VN) ao apresentar valores para C muito superiores aos verificados nos sistemas de manejo do experimento, resultou em grande amplitude de valores para o IMC. Por esta razão, talvez não esteja adequado para representar as condições naturais do local, que possivelmente apresentasse valor de C semelhante ao verificado no início do experimento. Neste sentido, a situação anterior à implantação do experimento, aliado à mineralogia e a fertilidade do solo, proporcionou os maiores estoques de C entre os experimentos avaliados.

## 7. EXPERIMENTO - CAMPO GRANDE

### 7.1 Material e Métodos

Este experimento foi implantado na área experimental da Embrapa Gado de Corte (54<sup>o</sup>43'W, 20<sup>o</sup>26'S) em Campo Grande, MS em região representativa das condições de Cerrado típico a uma altitude de 530 m. Foi estabelecido em 1993/94 para testar a hipótese de que sistemas agropastoris podem aumentar a produção de grãos e de carne bovina, sendo mais rentáveis e sustentáveis em relação a fatores econômicos, biológicos e ambientais quando em comparação a sistemas contínuos e tradicionais de produção de grãos ou de carne. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 1999) e suas principais características se encontram na Tabela 2.

Antes da instalação do experimento a área era utilizada com pastagem de *Brachiaria* em condição de degradação, estabelecida em 1973/74. Antes do início do experimento, em 1993, foram aplicados 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico em todas as parcelas, com exceção das parcelas utilizadas como condição testemunha, referente à pastagem degradada.

A Tabela 12 apresenta alguns atributos de solo relacionados à sua fertilidade, para alguns ambientes da área experimental, no período de implantação do experimento.

O experimento é constituído de cinco tratamentos de sistemas de produção: dois sistemas tradicionais (soja contínua e pastagem contínua) e três sistemas integrados (duas combinações, uma envolvendo um sistema rotativo lavoura/pastagem em ciclos de 4 anos e outra com a seqüência 1 ano lavoura/ 3 anos pastagem). Sub-tratamentos com diferentes sistemas de preparo do

solo (tradicional: somente com gradagens; conservacionista: com subsolagem e gradagem, plantio direto) e diferentes espécies forrageiras tropicais (*Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *Panicum maximum*). Os tratamentos com *B. decumbens* em rotação com lavoura envolvem 3 sub-tratamentos: com e sem adubação de manutenção e adubação de manutenção mais leguminosas em consórcio: *Stylosanthes guianensis*, *S. macrocarpa*, *S. macrocephala* e *Calopogonium sp.* Dois tratamentos adicionais foram incluídos para comparações e avaliações do impacto ambiental: pastagem degradada e vegetação natural. Os piquetes com pastagens ocupam área de 7000 m<sup>2</sup> e 1300 m<sup>2</sup> os que possuem apenas lavoura, o manejo das pastagens é realizado de forma a manter a matéria seca total em 3 Mg ha<sup>-1</sup> ao longo do ano. Informações mais detalhadas a respeito do experimento e resultados parciais, podem ser encontrados em Macedo et al.(2001).

Tabela 12 - Valores médios para saturação de bases, fósforo e matéria orgânica do solo no experimento de Campo Grande, avaliados em maio de 1994.

Sistema de manejo	V	P <sup>1</sup>	MOS
	%	mg dm <sup>-3</sup>	%
Pastagem sem adubação de manutenção	35,4	3,9	3,83
Pastagem degradada	16,7	2,1	4,09
Vegetação Natural	2,8	1,6	3,92

Macedo et al, 2004. <sup>1</sup>/Mehlich

Os tratamentos selecionados para serem amostrados neste trabalho, foram os seguintes:

PP - pastagem permanente com *B. decumbens* implantada em dezembro de 1993, sem adubação de manutenção e submetida a pastejo contínuo por novilhas Nelore;

PP+L - pastagem permanente com *B. decumbens* implantada em dezembro de 1993, consorciada com leguminosas (*Stylosanthes guianensis*, *S. macrocarpa* e *S. macrocephala* e *Calopogonium spp*), com adubação de manutenção com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, a cada 2 anos e submetida a pastejo contínuo;

L-PC – soja no verão em preparo convencional do solo;

L-PD – soja no verão, com milho e nas últimas três safras sorgo + *B. decumbens* na entressafra, sendo a implantação de todas as culturas em plantio direto;

S4P4 - soja em rotação com pastagem de *P. maximum* cv.Tanzânia, com ciclos de 4 anos de lavoura e 4 anos de pastagem. No período de outono/inverno entre os cultivos de soja é semeado milho ou sorgo para cobertura do solo e pastejo, sendo a pastagem de Tanzânia adubada anualmente com 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O;

S1P3 – soja em rotação com pastagem, sendo ciclos de 1 ano de lavoura e 3 anos de pastagem. A implantação da pastagem (*B. brizantha*) após a soja é efetuada simultaneamente com milho, que é adubado conforme as recomendações específicas para a cultura.

As seqüências dos cultivos e o momento da amostragem realizada podem ser verificados no esquema da Figura 26.

Safr	Sistemas de produção							
	L-PC	L-PD	S1P3	S4P4	PP	PP+L	VN	
1993/94	Soja	Soja	Soja	Soja	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>B. decumbens</i> + leguminosas	Vegetação natural	
1994		Milheto	Milheto	Milheto				
1994/95	Soja	Soja	<i>B. brizantha</i>	Soja				
1995		Milheto		Milheto				
1995/96	Soja	Soja		Soja				
1996		Milheto		Milheto				
1996/97	Soja	Soja		Soja				
1997		Milheto		Milheto				
1997/98	Soja	Soja		Soja				<i>P. maximum</i>
1998		Milheto		Milheto				
1998/99	Soja	Soja	<i>B. brizantha</i> *					
1999		Milheto						
1999/00	Soja	Soja						
2000		Milheto						
2000/01	Soja	Soja						
2001		Sorgo						
2001/02	Soja	Soja		Soja				
2002		Sorgo		Milheto	Milheto			
2002/03	Soja	Soja	<i>B. Brizantha</i> *	Soja				
2003		Sorgo		Milheto				
2003/04	Soja	Soja		Soja				
2004								

Figura 26 - Esquema das seqüências de culturas nos sistemas de produção amostrados do experimento na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande,MS. \*semeadura simultânea da pastagem com milho.

As condições climáticas ocorridas na safra 2003/04 foram extremamente adversas para a produção vegetal, ocorrendo acentuado déficit hídrico durante



o período de dezembro de 2003 a março de 2004, correspondendo ao ciclo de crescimento das culturas de verão (Figura 27), resultando em perda substancial no rendimento de grãos de soja em todos os tratamentos.

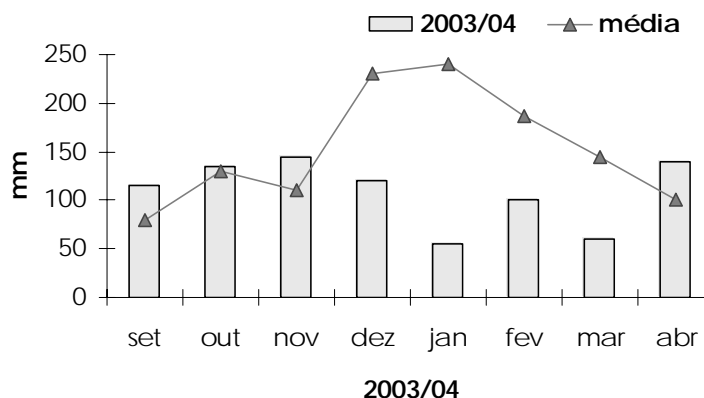


Figura 27 – Distribuição da precipitação pluvial durante a safra 2003/04 e a média histórica em Campo Grande,MS. (Fonte: Embrapa Gado de Corte e INMET).

## 7.2 Resultados e discussão

### 7.2.1 Agregação do solo

O solo deste experimento apresenta textura arenosa, com  $360 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, o que implica em menor nível de organização em comparação a solos mais argilosos, uma vez que as associações entre elementos minerais ocorrem em menor número devido à predominância de minerais com menor ASE e menor CTC. Contudo, nesta situação os efeitos dos sistemas de manejo são mais pronunciados que nos outros experimentos (Dourados e Maracaju), neste caso a quantidade de solo constituindo agregados com tamanho superior a  $4,76 \text{ mm}$ , na camada 0 a  $5 \text{ cm}$ , variaram de 41% para o sistema S1P3 a apenas 4% para o sistema L-PC. Nesta camada de 0 a  $5 \text{ cm}$ , é muito evidente o efeito da pastagem em aumentar a quantidade de massa do solo organizada em agregados grandes, da mesma forma com os de tamanho superior a  $2 \text{ mm}$ , que corresponde a 52,2; 52,5 e 55,4% respectivamente para os sistemas S1P3, PP e PP+L em contraste a valores de 11,6% para o L-PC e 24,8% para o L-PD. Com valor intermediário (38,5%) se posiciona o sistema S4P4, o que se

justifica ao considerar-se que no momento da amostragem do solo, havia sido realizada a colheita do terceiro cultivo de soja após 4 anos de pastagem (Figura 26), demonstrando a existência de algum efeito residual da pastagem mas sendo o mesmo sobrepujado pelo efeito das lavouras. O solo que constitui os agregados grandes é proveniente dos microagregados, pois enquanto os sistemas apenas com lavouras apresentam 65,9% (L-PC) e 47,7% (L-PD) do solo em agregados menores que 0,5mm, os sistemas com pastagem possuem apenas de 19,9% (PP+L) a 28,6% (S1P3) nesta classe (Tabela 13).

Tabela 13 - Distribuição da massa de um Latossolo Vermelho de Campo Grande,MS, quanto ao tamanho dos agregados estáveis em água, nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Tamanho (mm)	Sistemas de manejo							DMS 5%							
	L-PC	L-PD	S1P3	S4P4	PP	PP+L	VN								
0 a 5 cm															
> 4,76	4,00	(2,80)	13,31	(5,58)	40,93	(4,66)	26,61	(4,97)	31,56	(6,59)	38,36	(2,27)	21,79	(5,31)	8,66
2 a 4,76	7,58	(0,53)	11,52	(1,35)	11,55	(0,96)	11,85	(2,27)	20,61	(3,94)	17,05	(1,18)	17,91	(2,38)	3,48
1 a 2	9,03	(1,54)	9,18	(1,24)	7,98	(0,59)	8,34	(0,42)	11,19	(2,20)	13,47	(1,53)	14,18	(3,17)	3,20
0,5 a 1	13,49	(1,59)	18,26	(4,97)	10,92	(1,37)	13,34	(2,69)	11,56	(2,22)	11,18	(0,79)	19,78	(2,19)	4,56
0,25 a 0,5	34,33	(3,82)	28,54	(2,54)	13,99	(1,74)	19,12	(2,40)	13,98	(1,01)	11,27	(0,41)	17,32	(4,78)	5,20
0,105 a 0,25	19,13	(7,41)	10,71	(1,14)	8,39	(1,69)	11,90	(1,57)	6,25	(0,66)	4,94	(0,15)	6,42	(1,68)	5,17
0,053 a 0,105	3,54	(0,22)	2,72	(0,64)	1,64	(0,29)	2,76	(0,31)	1,11	(0,06)	0,93	(0,21)	0,84	(0,32)	0,60
>0,053	8,89	(0,63)	5,75	(1,01)	4,60	(1,10)	6,10	(0,62)	3,74	(0,18)	2,81	(0,18)	1,77	(0,41)	1,26
5 a 10 cm															
> 4,76	3,70	(1,48)	21,95	(3,85)	35,47	(2,11)	25,79	(5,94)	38,39	(3,49)	33,56	(6,64)	17,98	(3,34)	7,32
2 a 4,76	9,25	(0,68)	13,31	(1,46)	12,90	(2,37)	13,38	(2,26)	23,89	(1,04)	16,58	(2,41)	20,52	(1,89)	3,49
1 a 2	10,62	(2,07)	10,14	(0,70)	8,87	(1,07)	10,09	(1,35)	9,88	(0,91)	13,08	(2,50)	14,91	(0,87)	2,83
0,5 a 1	16,48	(2,78)	13,28	(1,26)	13,59	(1,18)	13,11	(2,26)	8,95	(1,65)	13,07	(1,86)	20,19	(3,33)	4,16
0,25 a 0,5	33,45	(2,22)	24,06	(1,95)	14,89	(1,62)	19,92	(3,50)	11,06	(1,45)	13,22	(0,44)	16,21	(0,61)	2,73
0,105 a 0,25	15,17	(2,18)	10,38	(0,81)	8,39	(1,08)	10,53	(1,95)	4,66	(1,03)	6,96	(1,16)	7,63	(0,77)	2,51
0,053 a 0,105	3,22	(0,24)	2,22	(0,24)	1,90	(0,40)	2,36	(0,12)	0,81	(0,17)	0,95	(0,10)	0,82	(0,18)	0,42
>0,053	8,11	(1,06)	4,66	(0,71)	4,00	(0,58)	4,83	(0,09)	2,36	(0,27)	2,58	(0,07)	1,74	(0,13)	0,98
10 a 20 cm															
> 4,76	7,33	(3,82)	16,76	(4,49)	30,92	(6,70)	19,45	(5,79)	36,50	(8,81)	24,29	(7,11)	15,85	(2,03)	7,74
2 a 4,76	11,59	(1,07)	15,52	(3,02)	15,04	(2,67)	14,28	(0,64)	21,89	(1,46)	14,24	(1,08)	19,18	(1,76)	3,53
1 a 2	10,22	(1,19)	11,38	(1,89)	9,20	(2,00)	11,06	(1,14)	8,57	(1,75)	11,88	(1,52)	18,87	(1,60)	2,56
0,5 a 1	17,42	(3,53)	14,95	(1,85)	13,27	(2,36)	14,59	(2,10)	11,15	(3,44)	16,34	(3,28)	21,09	(0,91)	2,56
0,25 a 0,5	32,09	(2,08)	24,65	(1,35)	15,62	(1,10)	21,70	(2,73)	13,27	(2,33)	21,25	(3,75)	14,99	(0,76)	3,66
0,105 a 0,25	12,53	(1,82)	10,50	(1,58)	10,56	(0,86)	11,84	(0,57)	5,48	(0,50)	7,88	(2,07)	7,38	(1,84)	2,62
0,053 a 0,105	2,62	(0,28)	2,01	(0,37)	1,91	(0,15)	2,17	(0,21)	0,83	(0,16)	1,29	(0,36)	0,95	(0,13)	0,45
>0,053	6,21	(0,10)	4,23	(0,90)	3,48	(0,51)	4,90	(0,11)	2,30	(0,08)	2,84	(0,41)	1,69	(0,20)	0,81

Valores médios de 3 repetições. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão da média. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural.

A Figura 28 apresenta a distribuição da massa do solo agrupada em três classes de tamanho dos agregados, para quatro manejos representativos, na qual verifica-se que nos sistemas de manejo apenas com lavouras, predominam agregados com tamanho entre 0,25 e 0,5 mm, enquanto nos sistemas com pastagens, o predomínio ocorre com a classe > 2 mm.

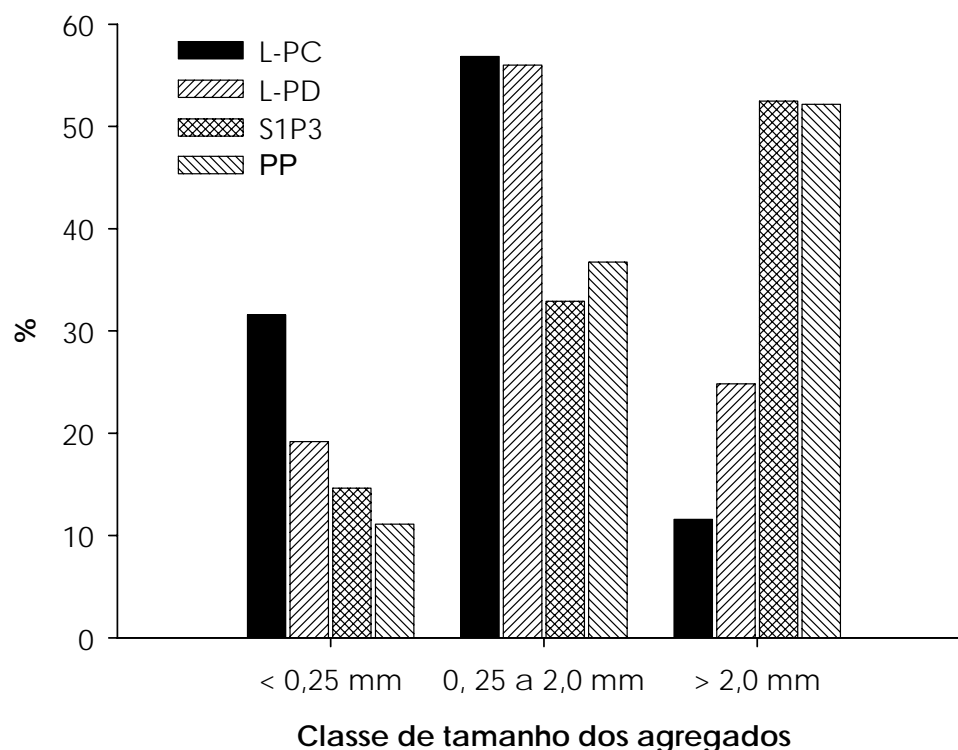


Figura 28 – Distribuição relativa (%) da massa dos agregados da camada 0 a 5 cm, agrupados em 3 classes de tamanho para os sistemas L-PC = Lavouras em preparo convencional, L-PD = lavouras em Plantio Direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, PP= pastagem permanente (*B. decumbens*).

O DMP sintetiza a distribuição da massa do solo nas classes de agregados, no caso do experimento de Campo Grande as diferenças entre os sistemas apenas com lavouras para aqueles de pastagem ou com rotação pastagem-lavoura são muito significativas, com variações superiores a 3 vezes em todas as camadas, não se restringindo portanto à camada superficial (Figura 29). Na camada 0 a 5 cm, os sistemas S1P3, PP e PP+L possuem DMP superior a 3 mm, enquanto os sistemas L-PC e L-PD apresentam 0,95 e

1,74 mm, com o S4P4 e VN em posição intermediária. O efeito da pastagem em proporcionar maiores DMP de agregados também foi verificado por Carpenedo & Mielniczuk (1990) que encontraram valores de 4,5 e 4,8 mm para pastagens e de 3,5 e 1,9 mm para preparo convencional em Latossolos do RS.

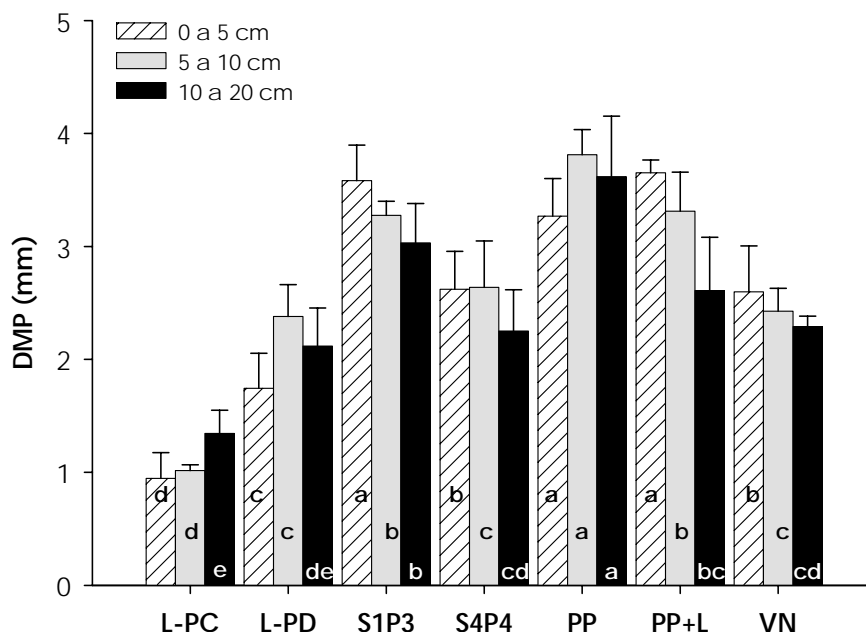


Figura 29 - Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis de camadas de um LV de Campo Grande, MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade.

Quanto à estabilidade dos agregados, neste solo de textura leve os efeitos dos sistemas de manejo tornam-se mais evidentes especialmente na camada inferior (10 a 20 cm). Na camada superficial, o índice situa-se entre 0,8 e 1 não havendo diferenças significativas entre os sistemas, desta forma significa que o peneiramento em água manteve praticamente a mesma agregação obtida no peneiramento a seco. Para a camada inferior, no entanto, as diferenças entre os sistemas são significativas, com valores de 0,6 para os sistemas L-PC e S4P4, variando até valores superiores a 0,9 para os sistemas PP e PP+L (Figura 30).

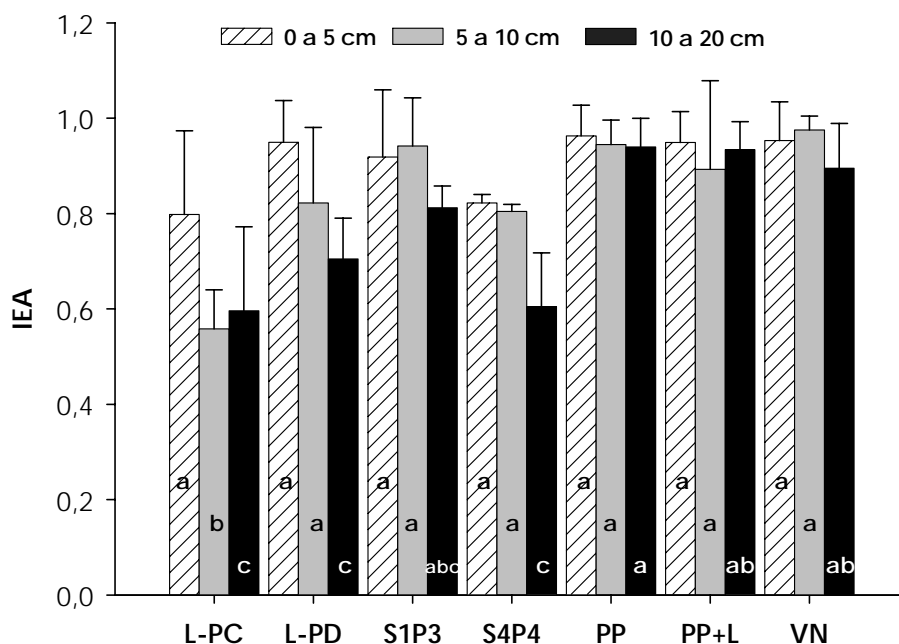


Figura 30 - Índice de estabilidade dos agregados (IEA) de camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. Linhas indicam valor do desvio padrão da média, letras iguais indica semelhança para DMS 5% dentro da mesma profundidade.

Este fenômeno pode estar associado a maior presença de raízes nesta camada do solo, oriundas das pastagens, que podem alterar as interações entre os componentes dos agregados, através do efeito de aproximação das partículas pela absorção da solução do solo, compressão física pelo desenvolvimento das raízes e o deslocamento das partículas minerais do solo. Outra razão para a maior estabilidade destes agregados, pode ser devido ao maior aporte de exudatos das pastagens, maior atividade microbiana ou ainda, ao maior estoque de C-MOM, que atua como agente cimentante. O VN apresenta elevado IEA para todas as camadas. Tais resultados confirmam os obtidos por Silva & Mielniczuk (1997), que encontraram maior estabilidade dos agregados nos sistemas com gramíneas

perenes, com valores em torno de 0,70 e 0,60 respectivamente para pangola em Argissolo e setária em Latossolo Vermelho do RS.

### 7.2.2 Carbono no solo

A concentração de carbono no solo do experimento de Campo Grande, após 11 anos de condução (Figura 31), apresenta variação entre os sistemas de manejo apenas nas camadas superficiais, onde o sistema PP+L e a VN possuem teores superiores em mais de 100% daqueles apresentadas pelos demais sistemas. De um modo geral, a concentração de C é maior na superfície, reduzindo-se em profundidade, ocorrendo comportamento diferenciado apenas nos sistemas L-PC e PP, onde a maior concentração aparece na camada 5 a 10 cm. No caso do sistema L-PC isto está associado à incorporação dos resíduos das culturas pelo preparo do solo que deposita estes resíduos na camada abaixo dos 5 cm. Para o sistema PP pode estar ocorrendo, devido ao superpastejo e ausência de adubação da pastagem, reduzido aporte de material orgânico na superfície via senescência de folhas e talos, reduzindo o fluxo de C ao solo via MOP, implicando em redução da concentração de C total, uma vez que a oxidação de C pela biota do solo permanece.

Os estoques de C no solo variaram com o tempo e com o sistema de manejo adotado. O solo do experimento no ambiente natural (VN) apresentava um estoque de C orgânico estimado em 54 Mg C ha<sup>-1</sup> que se considerando como em equilíbrio pode ser adotado como o valor existente na implantação da pastagem em 1973. Este valor decresceu a uma taxa de 0,135 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> atingindo na instalação do experimento em 1993/94, a 51,3 Mg ha<sup>-1</sup> conforme estimativas feitas com base em Macedo (2001). Esta taxa de decréscimo do estoque de C no solo por uso antrópico é baixa (5% em 20 anos) comparativamente aos verificados com a implantação de lavouras encontrado na bibliografia para este tipo de solo ou ambiente, como os relatados por Sá et al, 2001 (35% em 10 anos) e Silva et al, 1994 (35% em 5 anos) respectivamente para solo argiloso e clima tropical. Valores inferiores foram encontrados em ambiente subtropical por Lovato, (2001) e Diekow, (2003) com redução de 27% e 16% no estoque de C, respectivamente para períodos de 14

e 16 anos de preparo convencional para a camada 0 a 17,5 cm de um Argisolo vermelho do Rio Grande do Sul. Estes dados denotam a grande capacidade da pastagem em manter estoque de C no solo.

No entanto, a conversão do Cerrado em área agrícola em PD ou PC pode não significar redução no estoque de C no solo, como verificado por Roscoe & Buurman (2003) que encontraram para a camada 0 a 45 cm de um Latossolo Vermelho argiloso de Minas Gerais, valores de 100 Mg C ha<sup>-1</sup> para o Cerrado e de 99 Mg C ha<sup>-1</sup> para a sucessão milho/feijão em plantio direto. Entretanto, outros trabalhos demonstram significativas perdas de C do solo pela conversão de floresta em pastagem como o de Fujisaka et al,1998 para solos da Amazônia brasileira.

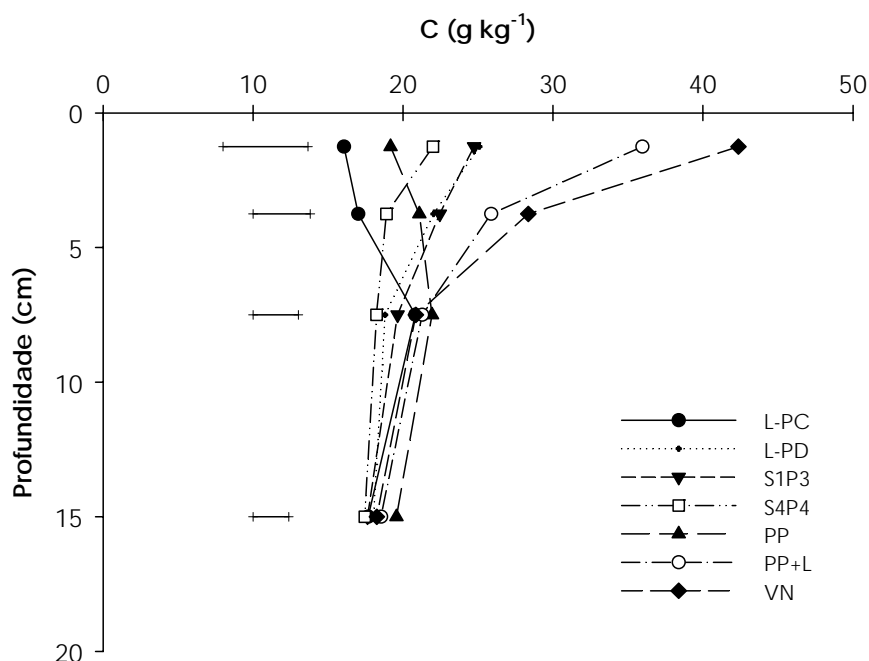


Figura 31 - Teor de carbono orgânico em camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. As barras indicam o valor para DMS 5%.

A capacidade dos sistemas de manejo em acumular C no solo pode ser observada na Figura 32, na qual verifica-se que o sistema PP+L em 2004 estava acumulando 58,6 Mg C ha<sup>-1</sup> valor superior ao encontrado na VN, a uma taxa média de 0,42 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Este foi o único sistema de manejo a superar o estoque presente no VN, enquanto o sistema PP manteve estoque similar ao VN, mas com taxa positiva de acúmulo de C no solo (0,20 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Corazza et (1999), ao avaliar a conversão de áreas sob Cerrados para pastagem de *B. decumbens* em Latossolo do DF, encontraram 39,8 Mg C ha<sup>-1</sup> para o solo sob cerrado e 42,2 Mg C ha<sup>-1</sup> para solo sob pastagem, neste caso a taxa de acúmulo média nos 18 anos, foi de 0,134 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No caso deste experimento, fica evidente o efeito do suprimento de nutrientes para a pastagem e conseqüentemente maior aporte de material vegetal senescente, o que resultou em um estoque 5,1 Mg C ha<sup>-1</sup> superior ao sistema em que a pastagem é consorciada com leguminosas além de adubação fosfatada de manutenção (PP+L) em relação ao sistema PP. O acúmulo de C no solo está associado à maior disponibilidade de massa vegetal da pastagem, como foi demonstrado por Mello et al. (2004), ao estudarem o efeito de ofertas de forragem de uma pastagem natural no estoque de C em um Argissolo do RS.

Diferenças entre os sistemas de manejo quanto ao estoque de C no solo foram observadas em todas as camadas do solo, exceto na mais profunda (10 a 20 cm), onde não foram significativas (Tabela 14). Na camada superficial as diferenças foram muito acentuadas, variando de 4,8 Mg ha<sup>-1</sup> para o sistema L-PC até a 12,0 Mg C ha<sup>-1</sup> para o sistema PP+L, sendo que este último supera inclusive a VN (10,0 Mg C ha<sup>-1</sup>). Na camada 5 a 10 cm, o sistema L-PC apresentou valores superiores aos outros sistemas devido à incorporação de resíduos das culturas pelo preparo do solo que são depositados em profundidade. Nesta camada ainda, destaca-se o sistema PP cujo maior estoque observado, foi provavelmente decorrente do maior crescimento do sistema radicular da pastagem nesta camada do solo. Efeito do pastejo intenso e menor disponibilidade de nutrientes que resultam em maior crescimento radicular, conforme relatado por Dawson et al.,(2000).



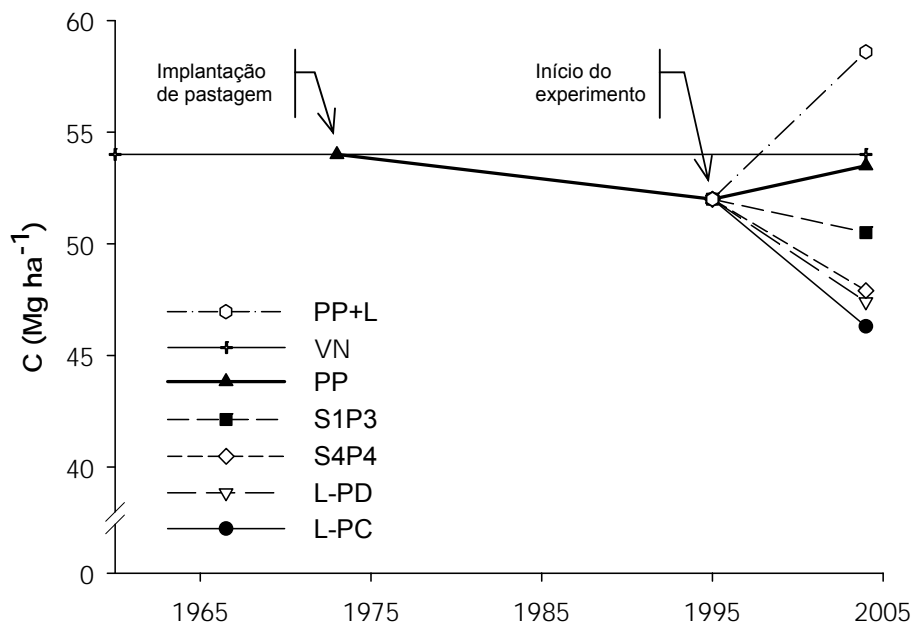


Figura 32 - Estoque de carbono orgânico em um LV de Campo Grande submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. Valor estimado para 1995 com base em Macedo et al.,2001.

Tabela 14 - Estoque de carbono orgânico no solo e respectivo desvio padrão da média, de camadas de um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Prof. (cm)	L-PC	L-PD	S1P3	S4P4	PP	PP+L	VN
0 a 2,5	4,8 d (0,44)	6,2 cd (0,91)	7,8 c (0,76)	7,2 c (1,19)	6,6 c (0,26)	12,0 a (1,22)	10,0 b (0,95)
2,5 a 5	5,1 d (0,68)	5,5 cd (0,25)	7,0 b (0,32)	6,2 bc (0,31)	7,2 b (0,83)	8,7 a (0,29)	6,7 b (0,85)
5 a 10	13,5 abc (1,61)	12,2 bc (0,45)	12,8 abc (0,94)	11,8 c (0,65)	14,3 a (0,49)	13,8 ab (0,28)	13,6 abc (1,80)
10 a 20	23,0 a (0,75)	23,5 a (3,51)	22,9 a (1,07)	22,7 a (1,74)	25,4 a (0,35)	24,1 a (1,19)	23,7 a (0,99)
0 a 20	46,3 d (2,98)	47,4 d (4,58)	50,5 bcd (2,86)	47,9 cd (3,57)	53,5 abc (1,71)	58,6 a (0,29)	54,0 ab (4,43)

Valores médios de 3 repetições. Letras iguais indicam diferença inferior a DMS 5% para a mesma camada. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão da média. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural.

### 7.2.3 Fracionamento da MOS

Através do fracionamento físico da MOS foi possível à quantificação do estoque de C na fração particulada (lábil), que é aquela que responde prontamente aos sistemas de manejo do solo, especialmente ao aporte de material orgânico ao solo e a operações de preparo. No caso deste experimento, os estoques de C-MOP na camada 0 a 20 cm variaram de 8,5 a 12,8 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente, para os sistemas PP e PP+L (Figura 33). O menor estoque de C-MOP verificado para o sistema PP, pode indicar que o manejo adotado na pastagem está inadequado, pois o reduzido aporte de material vegetal ao solo, está relacionado ao pastejo acima da capacidade de suporte da pastagem. Quando a carga animal está adequada, há sobra de material vegetal na parte aérea da planta, permitindo que ocorra acúmulo de reservas que são utilizadas para o rebrote após o pastejo. Nesta situação ocorre senescência de folhas e talos, que é a fonte de material para o abastecimento da matéria orgânica particulada. A carga de animais acima do ideal, e o provável maior aporte de excreções animais não parece ter sido suficiente para alterar o aporte de C ao solo neste sistema de manejo, pois o estoque de C-MOP na camada superficial (0 a 2,5 cm) também foi inferior aos demais, como nas outras camadas.

A Figura 33 permite verificar claramente a deposição de material nas camadas subsuperficiais do solo no sistema L-PC, que pelas operações de preparo do solo, ao incorporar os resíduos culturais, proporciona maior acúmulo de C-MOP nas camadas inferiores, sendo 5,4 Mg ha<sup>-1</sup> na camada 10 a 20 cm o que corresponde a mais de 46% do estoque existente na camada 0 a 20 cm, enquanto os outros sistemas de manejo apresentam entre 28 e 38% nesta camada.

Através da metodologia descrita no item 4.5.1 foram quantificadas as frações oclusa e livre da matéria orgânica particulada nos tratamentos L-PC, L-PD e PP+L. Os resultados demonstram que a MOP, tanto na forma livre como na oclusa, se concentram de modo significativo na camada superficial do solo (0 a 5 cm), com exceção do manejo L-PC em que a concentração de C é semelhante em todas as camadas. Neste sistema, o C-MOP livre, na camada 0

a 5 cm, é inferior a metade do teor apresentado nos tratamentos sem revolvimento do solo (L-PD e PP+L), o que pode ser explicado pelo fracionamento e incorporação dos resíduos vegetais ao solo, pelas operações de preparo do solo (Tabela 15). De modo geral, a MOP livre corresponde à menor parte do COT no solo, variando de 4 a 6% na camada superficial, enquanto a MOP oclusa ocupa cerca de 26 a 37%.

Considerando apenas a fração particulada da MOS (MOP), nos sistemas PP+L e L-PD a distribuição ficou em torno de 18 % para a parte livre e os 82% restante para a parte oclusa. Para o sistema L-PC a proporção foi de 12 e 88%, respectivamente.

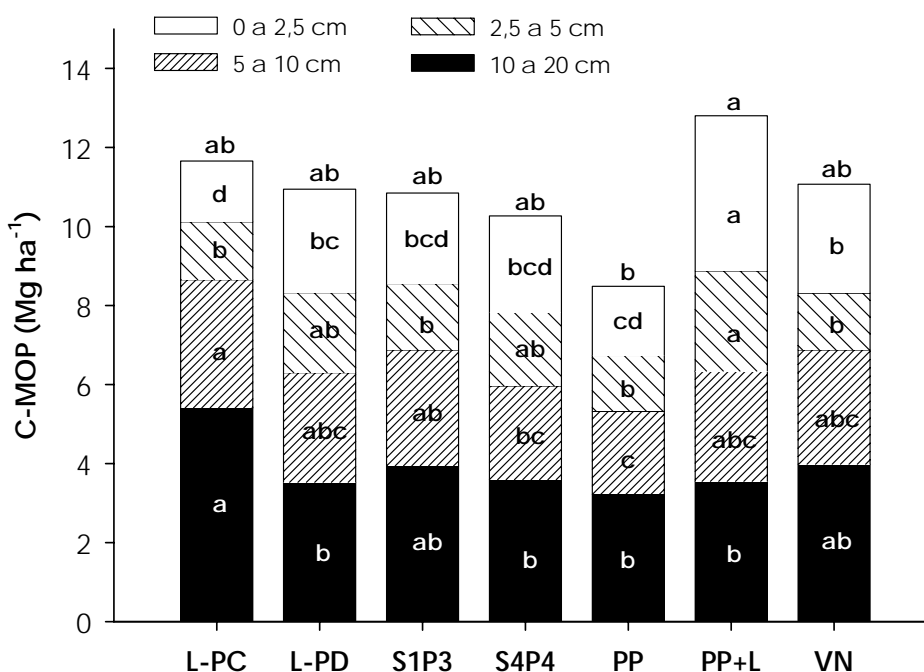


Figura 33 - Estoques de C-MOP em camadas de um LV de Campo Grande, MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos, Letras iguais para a profundidade no interior das barras e para a camada 0 a 20 cm no topo das barras, indicam semelhança a DMS 5%. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural.

Tabela 15 – Teores de C nas frações da matéria orgânica do solo em camadas de um LV de Campo Grande submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Sistema de manejo	Profundidade ---- cm ----	COT	C MOM C MOP Oclusa C MOP Livre		
			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
PP+L	0 a 5	30,16*	21,09	7,88	1,38
	5 a 10	21,08	16,35	4,23	0,50
	10 a 20	18,29	15,01	2,86	0,48
L-PD	0 a 5	24,50	14,27	8,98	1,59
	5 a 10	18,45	13,70	4,33	0,52
	10 a 20	15,58	11,79	3,21	0,50
L-PC	0 a 5	18,01	11,78	5,38	0,66
	5 a 10	16,99	11,57	4,78	0,63
	10 a 20	15,48	10,74	4,12	0,54

\*Determinações realizadas em set/2005. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas.

A distribuição das concentrações de COT e de C na MOP oclusa nas classes de tamanho dos agregados está apresentada na Figura 34, na qual se observa uma clara tendência dos sistemas de manejo apresentarem maior concentração de carbono nos agregados com tamanho entre 0,5 e 1,0 mm, especialmente para a camada 0 a 5 cm. Os teores variaram entre os sistemas de manejo e profundidade do solo, apresentando valores semelhantes aos encontrados em Latossolos de Passo Fundo e Londrina por Zotarelli et al. (2005), mas com maior variação para o tamanho dos agregados. Estes autores, por não encontrarem maior teor de C nos agregados de menor tamanho argumentam que para estes solos, as expressivas presenças de óxidos e de argila 1:1, atuam como agente agregante predominante. Na comparação entre o COT e o C-MOP, pode-se verificar certa concordância entre as classes de agregados que apresentam maior teor, indicando a possibilidade de que os aumentos nos teores de COT sejam devidos aos aumentos nos teores de C-MOP, como resultado de efeito acumulativo dos 11 anos de adoção dos sistemas de manejo.

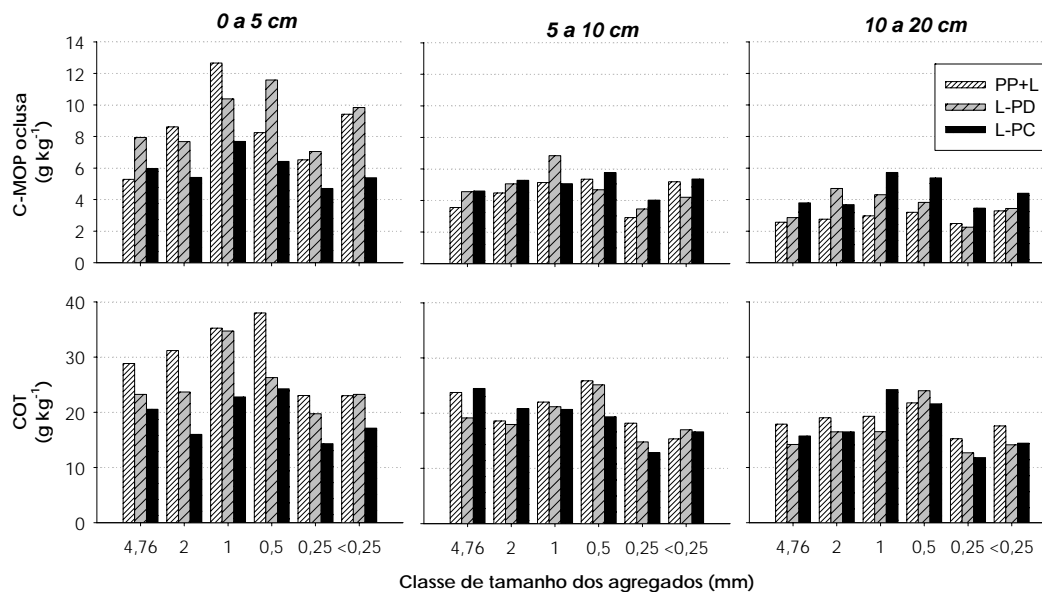


Figura 34 – Teores de COT e C-MOP oclusa nas classes de tamanho dos agregados de camadas de um LV de Campo Grande submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas.

#### 7.2.4 Qualidade da MOS

A labilidade da MOS do experimento de Campo Grande está apresentada na Figura 35, na qual observa-se que a labilidade tende a ser maior na superfície do solo, decrescendo em profundidade, isto está relacionado à deposição dos resíduos das plantas na superfície, que se constituirão na fração lábil (MOP). Dentre os sistemas de manejo, o VN e o L-PC são os que apresentaram menor variação entre as camadas, com amplitude de 0,18 e 0,17 respectivamente, entre valor na superfície e o verificado na camada 10 a 20 cm.

A maior amplitude de valores foi observada no sistema L-PD (0,55), que na camada superficial apresentou valor muito superior aos demais sistemas (0,72) e um dos menores na camada mais profunda. Isto pode ser devido a que as amostras do solo foram coletadas logo após a colheita da soja que havia deixado elevada quantidade de material particulado na superfície, que se soma ao material depositado na camada superficial ao longo dos 11 anos de condução do sistema.

Além do sistema L-PD, que na camada superficial, apresentou comportamento diferenciado, os sistemas PP e L-PC se distinguem dos demais quando comparados nas camadas 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, respectivamente. O sistema PP apresentou os menores valores de labilidade em todo o perfil e de modo significativo na camada 5 a 10 cm, o que pode estar associado ao manejo da pastagem que resultou em redução no aporte de material particulado. No sistema L-PC, ocorre o inverso com valores de labilidade significativamente superiores aos dos demais sistemas, para a camada 10 a 20 cm, este fato pode ser justificado pela incorporação dos resíduos vegetais pelo preparo do solo associado à condição climática ocorrida (Figura 27) em que houve severo déficit hídrico nos meses anteriores a amostragem, interferindo na taxa de decomposição do material vegetal.

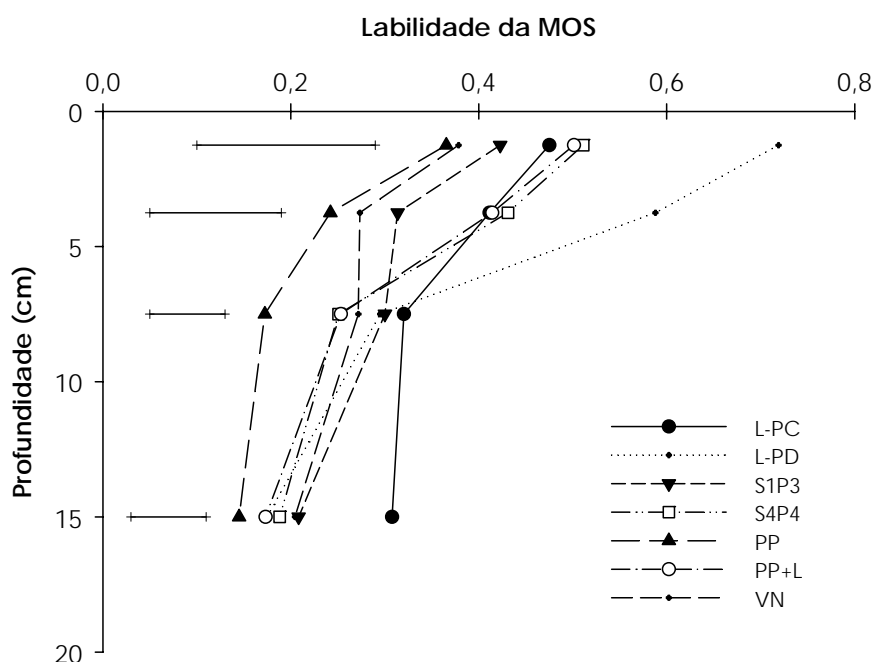


Figura 35 - Labilidade da MOS (C-MOP/C-MOM) de um LV de Campo Grande, MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural. As barras indicam a DMS 5% para cada camada.

A maior labilidade da MOS pode ser oriunda de contínua adição de resíduos pelas plantas e/ou pela presença de condições que dificultem a decomposição no solo. No caso deste experimento, a ocorrência da adversidade climática agiu de forma decisiva sobre este indicador no sistema L-PC, demonstrando sua extrema sensibilidade para expressar alterações na dinâmica da MOS, neste caso com resposta imediata à prática de manejo associado às condições ambientais.

A atividade biológica do solo, beneficia-se com a maior labilidade da MOS, que pode resultar em maior capacidade de suprimento de nutrientes para as plantas, entre outras melhorias em atributos do solo. Contudo a quantidade e continuidade do suprimento de material orgânico ao solo são fundamentais para que estes efeitos positivos ocorram de forma permanente.

#### 7.2.5 Índice de manejo do carbono (IMC)

Como o IMC é obtido a partir do produto dos subíndices IEC e ILab, que participam com pesos iguais, nesta situação de Campo Grande, onde o sistema L-PC associado à condição de extrema falta de umidade no solo resultou em uma elevada labilidade da MOS, o ILab para este sistema foi de 1,30 ou seja, 30% superior ao observado para o sistema referência (VN) e o mais elevado entre todos os demais (Tabela 16). Quanto ao outro subíndice (IEC) cuja resposta a alterações do ambiente ocorrem em longo prazo, não foi afetado pelas condições climáticas, oscilando entre 0,86 para o sistema L-PC a 1,09 para o sistema PP+L. Assim, o IMC resultante para este experimento, especialmente para o sistema L-PC (112), que foi somente superado pelo sistema PP+L (118), retratou uma situação que não pode ser analisada de forma isolada, sem considerar o contexto das condições ambientais.

De qualquer modo é possível realizar algumas inferências a partir dos valores obtidos para este experimento, como para o sistema PP que apresentou o menor IMC com valor de 72, muito inferior ao sistema PP+L com índice 118 e ao sistema referência (VN), reforçando a idéia de que a intensidade de uso da pastagem não está adequada, sob o aspecto de manejo do C, e que possivelmente explica o baixo efeito do PP sobre o estoque de C e em perda de qualidade do solo.

Tabela 16 - Subíndices de labilidade (ILab) e de estoque de carbono orgânico (IEC) e índice de manejo de carbono (IMC) em um LV de Campo Grande,MS submetido a sistemas de manejo durante 11 anos.

Índices	Sistemas de manejo						
	S-PC	S-PD	S1P3	S4P4	PP	PP + L	VN
lLab	1,30	1,16	1,06	1,06	0,73	1,08	1,00
IEC	0,86	0,88	0,94	0,89	0,99	1,09	1,00
IMC	112	102	99	94	72	118	100

L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural.

### 7.3 Conclusões

Neste experimento, por estar implantado em solo com textura mais arenosa que os experimentos anteriores, os efeitos dos sistemas de manejo na MOS foram magnificados. Assim, a amplitude entre os sistemas foi maior, evidenciando as diferenças entre aqueles apenas com lavouras e os que contêm pastagens, conferindo maior magnitude ao efeito das raízes na agregação do solo e aporte de C ao solo.

Para as condições deste experimento ficou evidente que as condições climáticas devem ser consideradas ao analisar os efeitos de sistemas de manejo na dinâmica da MOS, especialmente na fração C-MOP.

Também pode ser evidenciado que a forma de manejo da pastagem, não é somente importante para a produtividade vegetal e animal, mas para a manutenção de estoque de C no solo. Neste sentido, a fração C-MOP mostrou-se um indicador sensível da situação que a pastagem se encontra, podendo ser empregada como alerta de uso inadequado.

A determinação da MOP oclusa e livre, apresentou bons resultados, indicado a viabilidade de seu uso, como metodologia alternativa para o fracionamento densimétrico da MOS.



## 8. DISCUSSÃO GERAL

### 8.1 Acúmulo de carbono no solo

Sistemas de manejo que atuam no sentido de intensificar o fluxo de C ao solo e/ou no de reduzir suas perdas, proporcionam acúmulo de MOS no sistema planta-biota-solo e conseqüentemente favorecem a auto-organização do subsistema solo em nível mais elevado, conforme o modelo conceitual proposto neste trabalho (Figura 1).

A utilização de espécies forrageiras para produção e manutenção de cobertura morta do solo em sistemas de culturas tem sido uma boa alternativa na região dos Cerrados (Lamas & Staut, 2005), devido às características que tais espécies apresentam para estabelecimento e desenvolvimento naquelas condições edafo-climáticas. A presença de pastagens alternadas com culturas comerciais compondo sistemas de culturas pode resultar em maior produção de massa vegetal que em sistemas apenas com espécies anuais, uma vez que as espécies forrageiras podem ser beneficiadas pelas culturas antecessoras como a soja (Machado et al, 1999). A eficiência de pastagens em aportar matéria vegetal ao solo está relacionada a vários fatores como os inerentes à própria espécie, sistema radicular, níveis de adubação, disponibilidade de nitrogênio (Fagundes et al, 2005) e principalmente o manejo da pastagem (Schunke, 2000; Franzluebbbers, 2005). Pastagens de *Brachiaria spp* da região dos Cerrados apresentam redução na produção de material senescente, quanto maior for o tempo decorrido de sua formação (Oliveira et al., 2004b). O fluxo de C ao solo também está relacionado à intensidade de cultivos (Franzluebbbers, 2005), o que foi verificado para condições do RS por Lovato et al. (2004), que encontraram relação positiva entre o número de cultivos por safra, e o aporte de C ao solo via matéria seca. Estes autores também

observaram que a presença de espécies leguminosas, alternadas ou em consórcio com gramíneas, resultam em maior produção de matéria vegetal e adição de carbono orgânico ao solo.

Assim, pode-se considerar que com maior intensidade de cultivos, aumento da frequência de períodos com pastagens e suprimento de N, haverá maior produção de massa seca, e desta forma admite-se a existência de um nível crescente do fluxo de energia para o subsistema Solo. Este fluxo de energia, considerando todos os sistemas de manejo avaliados nos três experimentos, poderiam ser dispostos na seqüência a seguir: L-PC < L-PD < S4P4 < S1P3 < S2P2 < PP < PP+L. Os valores relativos de C estocado no solo, obtidos para cada sistema de manejo, em relação ao sistema VN para cada experimento, foram ordenados conforme a proposição, verificando-se valores crescentes nesta mesma ordem, indicando haver coerência no modelo conceitual (Figura 36).

Quando o sistema apresentar taxa de entrada de C superior às taxas de saídas (para atmosfera, produtos, erosão, lixiviação) haverá acúmulo do mesmo no solo. Os sistemas de manejo atuam de forma diferenciada nos processos envolvendo o C, resultando em diferentes estoques de C no solo, como mostrados na Figura 36. Observa-se que há uma relação positiva para a maior presença de pastagem nos sistemas e o aumento do estoque de C, havendo semelhança entre os valores do sistema referência (VN), e o sistema com rotação de lavoura com pastagem em ciclos de dois anos. Considerando que a maior frequência de pastagens nos sistemas de manejo corresponde a maior fluxo de energia para o solo, fica evidente que o acréscimo neste fluxo resulta em maior acúmulo de C no solo, com as conseqüências decorrentes deste maior estoque.

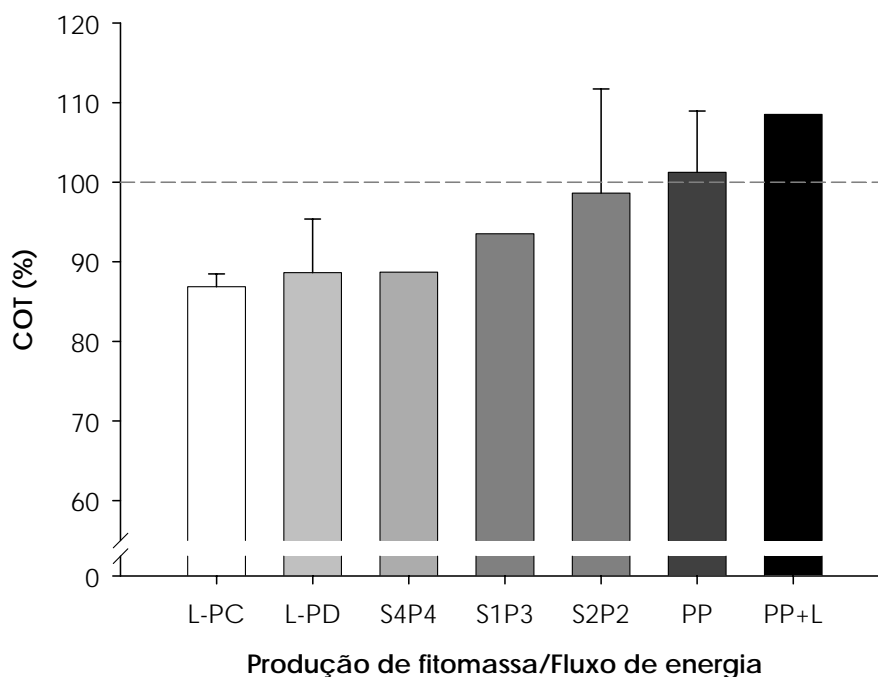


Figura 36 - Valores relativos de estoques médios de carbono orgânico (COT) no solo, em sistemas de manejo ordenados em função do aporte de C via fitomassa (fluxo de energia), em experimentos de longa duração na região Centro-Oeste do Brasil. (Vegetação Natural = 100%, as barras indicam o valor do desvio padrão da média, quando  $n > 1$ ). L-PC: soja em plantio convencional, L-PD: soja em plantio direto, S4P4: rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, S1P3: rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S2P2: rotação soja por 2 anos – pastagem por 2 anos (*B. decumbens*), PP: pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L: pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas.

## 8.2 Sistemas de manejo x ambiente

Para melhor avaliar os estoques de C no solo e suas relações com os sistemas de manejo nos três experimentos, foram selecionados aqueles tratamentos que estão presentes nos três locais. Tais sistemas foram o de lavouras em plantio direto (L-PD), rotação de soja com pastagem em ciclo de dois anos para Dourados e Maracaju e de um ano com soja e três com pastagem para Campo Grande (SP), pastagem permanente de *B. decumbens* (PPd) e o sistema de referência com vegetação natural (VN), estas formas de

uso do solo apresentam expressivos contrastes quanto à produção de fitomassa.

A Tabela 17 apresenta os estoques de COT e suas frações na camada de 0 a 20 cm do solo para os manejos e experimentos. O estoque de C orgânico total do solo apresenta significativa variação entre os manejos, sendo em todos os experimentos, maior para o PPd, intermediário para o sistema SP e inferior para o sistema apenas com lavouras (L-PD). Entre os locais, a variação também é significativa, sendo o maior estoque verificado em Maracaju, com valor intermediário o experimento de Campo Grande e o menor estoque em Dourados. Esta classificação está relacionada ao uso do solo no período antecedente a instalação dos experimentos, mas de forma mais expressiva relaciona-se a variações edafo-climáticas, pois as diferenças são semelhantes para as áreas de referência (VN), mesmo entre Maracaju e Dourados cuja vegetação natural classificou-se de forma semelhante como campo-limpo e campo-sujo, respectivamente (Ribeiro et al., 1998). De modo geral, pode-se verificar que o manejo L-PD manteve o solo com estoque de COT inferior ao da VN e que o uso de pastagens possibilita alcançar ou superar o estoque da condição de referência para cada local.

Enquanto o estoque de C-MOP indica efeitos de curto prazo, o estoque de C -MOM informa da continuidade e intensidade dos fluxos de C ao solo em médio e longo prazo. Desta forma, para o experimento de Campo Grande, enquanto o sistema PP d apresenta valores de C-MOP inferiores aos demais sistemas, para o C-MOM o PPd é o sistema que possui o maior estoque. O estoque médio de C-MOM em Maracaju é significativamente superior ao verificado nos outros locais e embora com menor amplitude, os manejos mantiveram de forma significativa a mesma ordenação verificada para o COT. De modo geral, as alterações ocorridas nos estoques de C-MOM e COT, resultam dos efeitos acumulados durante o tempo de adoção dos sistemas de manejo, 9 anos para Dourados e 11 anos para Maracaju e Campo Grande.

Na fração particulada verificou-se o efeito das condições climáticas e dos manejos de forma mais evidente, com diferenças significativas para os manejos, locais e para a interação destes fatores. Quanto aos locais, como comentado no Capítulo 7.1 houve período extremamente seco anteriormente à

amostragem do experimento de Campo Grande, resultando em valores de C-MOP superiores e discrepantes para todos os manejos, em comparação com os demais locais, apresentando cerca de 20% do conteúdo total de carbono no solo como C-MOP, enquanto os outros experimentos apresentaram apenas 11% em média. Na comparação entre os experimentos de Maracaju e Dourados observou-se valores muito semelhantes para os manejos, pois envolveram as mesmas culturas e condições climáticas similares. A diferença significativa entre a VN nestes locais é decorrente da própria vegetação existente, com a intensa presença de gramíneas e materiais senescentes em Maracaju (campo-limpo) e em Dourados, com a presença de arbustos e pequenas árvores além de gramíneas, com menor quantidade de material senescente na superfície (campo-sujo). Entre os sistemas de manejo a classificação se repetiu, apenas com exceção para o sistema PPd em Campo Grande que apresentou o menor estoque de C-MOP, o que se atribui às condições da pastagem que aparentemente apresentava superpastejo com reduzida presença de material senescente na superfície do solo, como folhas e talos em decomposição. Oliveira et al. (2004b) consideram a menor existência da fração leve do solo, que corresponderia ao material particulado, como um dos principais indicadores de degradação de pastagem de *B. decumbens* para condições da região dos Cerrados. Rezende et al, (1999) ao estudarem as taxas de deposição e a permanência de material vegetal em decomposição na superfície do solo sob pastagem de *B. humidicola* na região sul da Bahia, verificaram que estas variáveis foram reduzidas quando a lotação de animais aumentou de 2 e 4 para 6 animais ha<sup>-1</sup> e também foram inferiores quando a pastagem foi comparada à gramínea consorciada com leguminosa, para a mesma lotação.

Tabela 17 - Estoques de carbono orgânico total (COT), associado a matéria orgânica particulada (C-MOP) e associado aos minerais (C-MOM) na camada 0 a 20 cm do solo, em experimentos com longa duração com diferentes sistemas de manejo.

Sistema de manejo	C-MOP				C-MOM				COT			
	experimento			média	experimento			média	experimento			média
	CGR	MJU	DOS		CGR	MJU	DOS		CGR	MJU	DOS	
L-PD	10,94	4,09	4,10	<b>6,38</b>	36,45	52,51	38,49	<b>42,48</b>	47,39	56,60	42,59	<b>48,86</b>
SP	10,85	5,56	5,20	<b>7,20</b>	39,65	55,84	42,84	<b>46,11</b>	50,50	61,40	48,04	<b>53,31</b>
PP d	8,49	7,16	6,70	<b>7,45</b>	45,01	58,64	43,50	<b>49,05</b>	53,50	65,80	50,10	<b>56,47</b>
VN	11,07	10,64	5,00	<b>8,90</b>	42,91	58,06	39,56	<b>46,84</b>	53,98	68,70	44,49	<b>55,72</b>
média	<b>10,34</b>	<b>6,86</b>	<b>5,25</b>	<b>7,48</b>	<b>41,00</b>	<b>56,26</b>	<b>41,10</b>	<b>46,12</b>	<b>51,34</b>	<b>63,13</b>	<b>46,30</b>	<b>53,59</b>
Prob >F <sub>(Local)</sub>				0,0000				0,0000				0,0000
Prob >F <sub>(Manejo)</sub>				0,0396				0,0016				0,0037
Prob >F <sub>(LxM)</sub>				0,0106				0,5351				0,3720
DMS 5%				1,45				2,59				3,54
CV%				23,01				6,64				7,81

L-PD: lavouras em plantio direto, SP: rotação soja-pastagem, PPd: pastagem permanente de *B. decumbens*, VN: vegetação natural, CGR: Campo Grande, MJU: Maracaju, DOS: Dourados.

### 8.3 Carbono e agregados do solo

Nos Latossolos, a formação de microagregados, elemento básico na hierarquia da agregação (Tisdall & Oades, 1982), está relacionada principalmente à composição da fração mineral, onde a presença de óxidos de Fe e Al participam da formação de complexos organo-minerais primários de alta estabilidade devido à interação com a MOS. Desta forma, os teores de argila destes solos, podem contribuir para elevada agregação, como foi constatado para os experimentos de Dourados e Maracaju, respectivamente com 626 e 530 g kg<sup>-1</sup> de argila em média, que apresentaram maior DMP (Tabela 14) em relação a Campo Grande com apenas 360 g argila kg solo<sup>-1</sup>. No entanto, a maior agregação do solo não pode ser atribuída apenas à textura do solo, sendo muito importante o teor de C no solo, além de outros aspectos como sistema de manejo, clima e principalmente a presença de raízes como as de gramíneas perenes.

Ao considerar-se o processo hierárquico de formação de agregados (Tisdall & Oades, 1982), o aporte de C ao solo, especialmente via raízes, é fundamental para a existência dos macroagregados, como está demonstrado na Tabela 18, onde o sistema com pastagem permanente apresentou DMP

significativamente maior, que no sistema com pastagem em rotação com soja e este maior em relação ao sistema L-PD. A ação mecânica decorrente do crescimento e funcionamento das raízes, microrganismos e da fauna do solo, que são estimuladas com a presença de pastagens, proporciona o agrupamento dos microagregados, resultando na formação de macroagregados (Tisdall & Oades, 1982; Haynes & Beare, 1996). Estas informações vêm ao encontro da proposição de que o acúmulo de C no solo, através da formação de agregados, se dá como uma forma de auto-organização do sistema (Mielniczuk et al, 2003).

O tamanho dos agregados estáveis em água, avaliados pelo DMP da camada 0 a 20 cm dos sistemas de manejo, para os dados dos três experimentos em conjunto, não apresentou boa correlação com o conteúdo total de C ou com a fração particulada. No entanto, ao excluir da análise os dados do experimento de Campo Grande, cujos valores foram discrepantes dos demais (ver item 8.2), verificaram-se boa correlação entre o tamanho dos agregados e a quantidade de C-MOP. As relações entre estas variáveis foram semelhantes para os dados dos experimentos de Dourados e de Maracaju, cujas equações lineares indicam incrementos de cerca de  $2,1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C-MOP a cada aumento de 1 mm no DMP dos agregados (Figura 37). Desta forma, ratifica-se a informação de que a oclusão da MOP esteja protegendo-a do ataque microbiano e também a participação desta fração da MOS na formação dos macroagregados (Golchin et al., 1994; Six et al., 1998; Six et al., 2000). A presença da MOP em agregados, nestes solos e sistemas de manejo, somente ocorreria em agregados com tamanho superior a 1 mm em Dourados e 1,5 mm em Maracaju.

A relação positiva entre o DMP dos agregados estáveis e a quantidade de C-MOM, pode ser atribuída ao certo grau de proteção física proporcionada a esta fração da MOS no interior dos agregados, uma vez que além da interação organo-mineral, a atividade biológica é restrita pela menor aeração nestes locais e atividade dos microrganismos (Hassink & Whitmore, 1997). A Figura 38 apresenta um esquema ilustrando o processo de formação de macroagregados, a localização de frações da MOS e o respectivo grau de proteção ao ataque dos organismos decompositores. Neste caso, para a mesma condição de proteção física, a recalcitrância do material orgânico e o

tipo predominante das ligações entre o material orgânico e fração mineral são os responsáveis pela persistência dos complexos organo-minerais.

Com os elementos da Figura 37, pode-se estimar, teoricamente qual seria a capacidade média dos Latossolos estudados, de formar compostos organo-minerais apenas através de reações nas superfícies dos minerais, sem a formação de agregados. Na condição do solo totalmente disperso, para os experimentos de Dourados e Campo Grande haveria cerca de 29 Mg C-MOM ha<sup>-1</sup>, correspondendo ao valor do parâmetro "b" da equação  $y=ax+b$ . Para o experimento de Maracaju este valor seria de 42 Mg C-MOM ha<sup>-1</sup>. As variações nos valores de C-MOM os experimentos pode ser atribuída às diferenças verificadas na granulometria e na mineralogia do solo, além do manejo utilizado anteriormente ao início dos experimentos.

Na relação entre estas variáveis, tanto o DMP como o teor de carbono, podem ser consideradas como variáveis dependentes, evidenciando a autocorrelação existente entre as mesmas. Contudo, a partir dos resultados observados nestes experimentos, parece ser mais adequado considerar que o acúmulo de C no solo foi decorrente da maior agregação do solo, que desta forma resultou em maior proteção do C.

Para os experimentos estudados (Tabela 17) observou-se que as diferenças no estoque de COT são preponderantemente (> 67%) devidas às variações ocorridas na fração MOM. Embora a MOS na fração MOM seja a mais humificada e mais estável, a taxa de decomposição pode ser alterada conforme o grau de oclusão das superfícies externas do complexo organo-mineral.



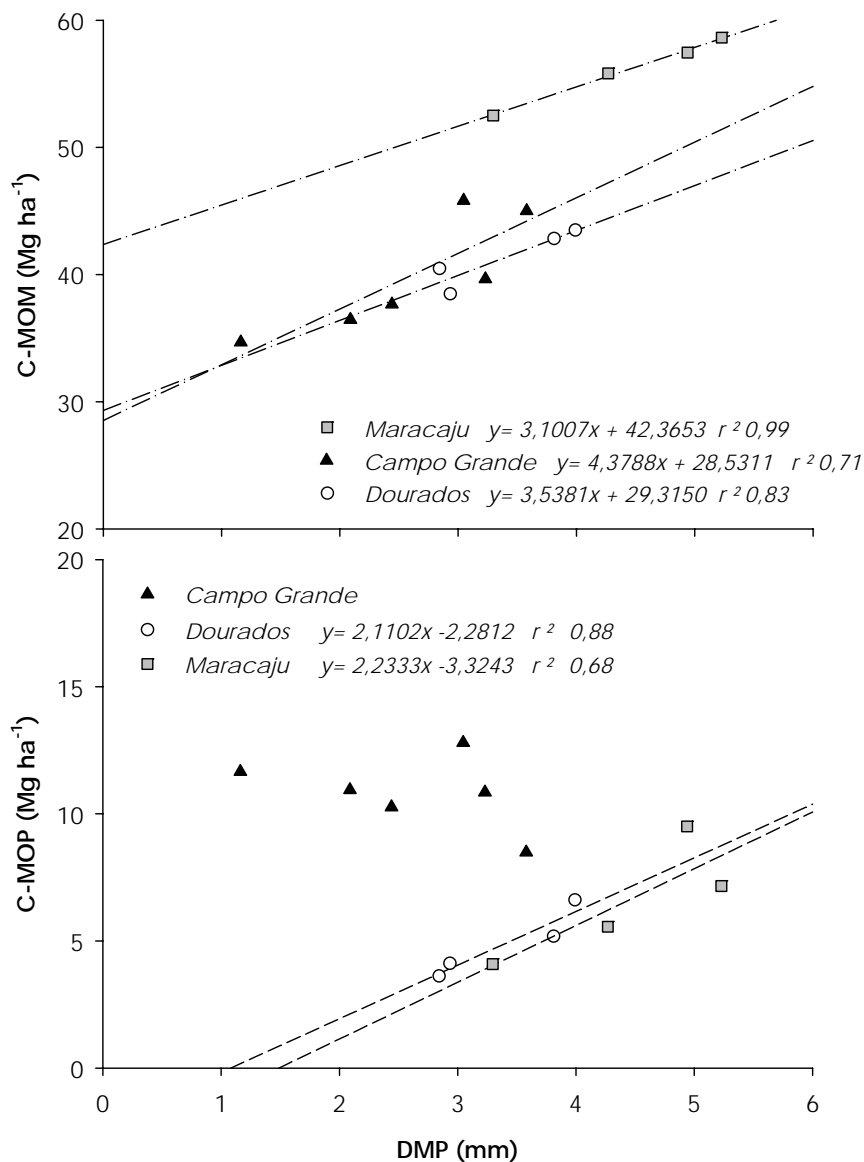


Figura 37 – Relações entre o tamanho dos agregados estáveis em água (DMP) e o carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) e o carbono da matéria orgânica associada aos minerais do solo (C-MOM), na camada 0 a 20 cm de Latossolos submetidos a sistemas de manejo em Mato Grosso do Sul.

A utilização de pastagens pode resultar em maior agregação do solo pelo desenvolvimento do sistema radicular, aporte de material vegetal ao solo e por não necessitar de operações de preparo do solo, que promovem a perda de C do solo pela ruptura dos macroagregados (Six et al., 1999; Six et al, 2004), mantendo inalterado o interior do solo por maior período de tempo, contribuindo para a formação e existência de agregados maiores, que será mais eficiente quanto maior for o tempo de presença de pastagens. Na formação dos

macroagregados pela atividade das raízes, o material orgânico que se encontrava fracamente associado à superfície mineral, passa a ser protegido do ataque da microbiota do solo por estar agora em uma posição de mais difícil acesso de O<sub>2</sub> e portanto com reduzida atividade biológica, sendo desta forma preservado e acumulado no solo (Figura 38). Balesdent & Balabane (1996) verificaram que o carbono oriundo das raízes apresentou decomposição mais lenta que o oriundo da parte aérea de plantas de milho. Atribuíram este fato à composição diferenciada das raízes, com mais lignina, em comparação a folhas e hastes e à proteção física dos produtos derivados das raízes ao serem introduzidos diretamente na matriz do solo.

Macroagregados formados por processos físicos, através de operações mecânicas de máquinas, equipamentos ou pelo pisoteio de animais podem não ser estáveis. O que confere maior estabilidade aos agregados são agentes cimentantes oriundos de fenômenos biológicos, como a atividade microbiana, liberação de exudatos por raízes, crescimento e funcionamento das raízes, crescimento e morte dos tecidos, entre outros. Estes agentes de estabilização foram classificados como transientes, temporários e persistentes, sendo deste último grupo, os responsáveis pela estabilidade dos microagregados (Tisdall & Oades, 1982). A estabilidade dos macroagregados, está ligada, principalmente, a ação de agentes transientes (polissacarídeos) e temporários (raízes e hifas), os quais são dependentes de constante abastecimento de C (Haynes & Beare, 1996).

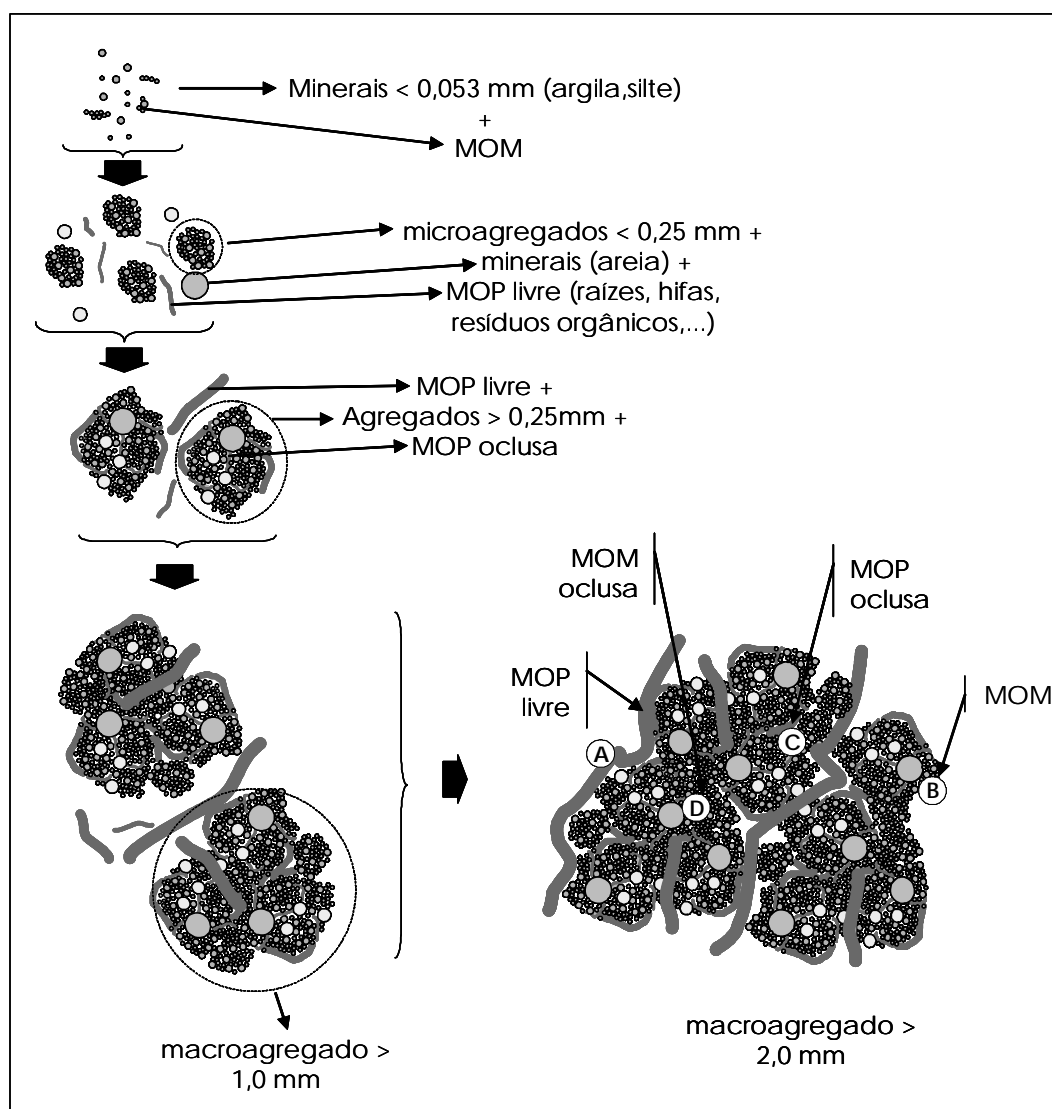


Figura 38 - Esquema ilustrando o processo de formação de macroagregados constituídos por partículas minerais e matéria orgânica em diferentes posições, classificada como MOP livre: matéria orgânica particulada livre, MOP oclusa: matéria orgânica particulada oclusa, MOM: matéria orgânica associada aos minerais. As letras indicam a maior suscetibilidade ao ataque pelos microrganismos decompositores, sendo o sítio A o mais suscetível e D o menos suscetível (A>B>C>D).

A estabilidade dos agregados foi medida através do IEA (DMPu/DMPs) para os locais e sistemas de manejo, apresentado amplitude de valores entre 0,65 para o manejo L-PD em Dourados ao valor máximo (1,0) para o PPd em Maracaju (Tabela 18). Os manejos envolvendo pastagens apresentaram valores mais elevados que o sistema L-PD, com valores próximos aos verificados para o VN. O efeito positivo da pastagem na

estabilidade de agregados também foi verificado para a região dos Cerrados por Wendling et al.(2005), ao avaliar sistemas de manejo contendo pastagem de tifton.

Ao relacionar o IEA com o teor de C no solo verificou-se uma boa correlação entre estas variáveis (Figura 39), confirmando as informações existentes quanto à estabilidade dos agregados estar associada à presença de C no solo, por ser importante constituinte dos agentes ligantes. O melhor ajuste dos dados foi do tipo curvilíneo atingindo valores de IEA próximos a 1,0 quando a concentração de COT se aproximou a 25 g C kg<sup>-1</sup> solo.

Tabela 18 – Atributos indicadores da organização da estrutura do solo, avaliados em experimentos de longa duração sob diferentes sistemas de manejo.

Sistemas de manejo	DMP (mm)				IEA			
	experimento			média	experimento			Média
	CGR	MJU	DOS		CGR	MJU	DOS	
L-PD	2,09	3,30	2,93	<b>2,77</b>	0,80	0,83	0,65	<b>0,76</b>
SP	3,23	4,27	3,81	<b>3,77</b>	0,88	0,89	0,76	<b>0,84</b>
PP d	3,58	5,23	3,99	<b>4,27</b>	0,98	1,00	0,83	<b>0,94</b>
VN	2,40	4,00	3,32	<b>3,24</b>	0,94	0,97	0,97	<b>0,96</b>
média	<b>2,83</b>	<b>4,20</b>	<b>3,51</b>		<b>0,90</b>	<b>0,92</b>	<b>0,80</b>	
Prob >F <sub>(Local)</sub>	0,0000				0,0070			
Prob >F <sub>(Manejo)</sub>	0,0000				0,0004			
Prob >F <sub>(LxM)</sub>	0,2698				0,4819			
DMS 5%	0,32				0,08			
CV%	10,43				10,80			

DMP: Diâmetro médio ponderado de agregados estáveis em água, IEA: Índice de estabilidade de agregados do solo, L-PD: lavouras em plantio direto, SP: rotação soja-pastagem, PPd: pastagem permanente de *B. decumbens*, VN: vegetação natural, CGR: Campo Grande, MJU: Maracaju, DOS: Dourados.

Como os processos de estabilização dos microagregados são relativamente permanentes, as alterações causadas pela adição de C ao solo, devem ocorrer predominantemente em macroagregados (Tisdall & Oades, 1982). Desta forma, os sistemas de manejo afetarão a estabilidade dos agregados com tamanho > 250 µm, que nestes experimentos constituem cerca de 80% da massa de solo. O fato de não haver correlação entre o C-MOP e o IEA, indica que esta MOS particulada deve sofrer decomposição e interagir com a fração mineral para compor os agentes ligantes temporários e transientes.

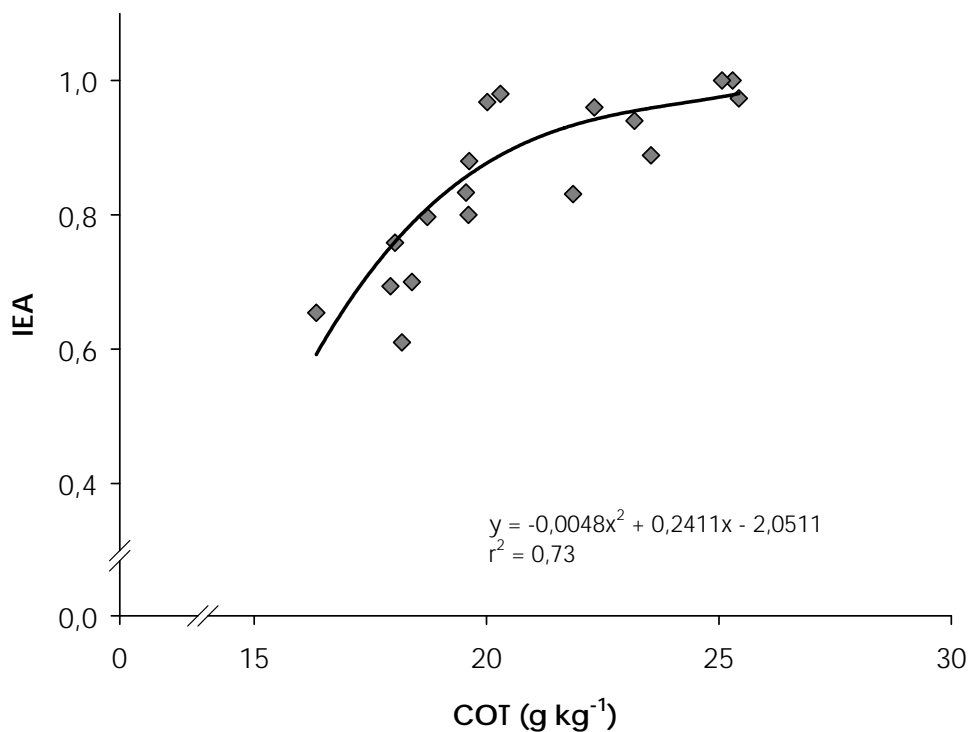


Figura 39 – Relação entre Carbono do solo e o índice de estabilidade dos agregados do solo obtidos para a camada 0 a 20 cm de latossolos sob sistemas de manejo em experimentos de longa duração em Mato Grosso do Sul.

#### 8.4 Capacidade do subsistema solo estocar C

Conforme apresentado no modelo conceitual (Figura 1), a entrada de C no sistema ocorre via fotossíntese com posterior transformação do material vegetal em matéria orgânica particulada. Na seqüência, a MOP através da ação da microbiota e seus produtos, acaba por interagir com a fração mineral do solo formando complexos organo-minerais e incorporando o C em agrupamentos mais estáveis e protegidos da decomposição (C-MOM). A fração do C que está associada aos minerais do solo é, portanto, dependente da continuidade do fluxo de C-MOP ao solo e está regulada pelas características da fração mineral do solo, como sua textura e tipo de argila. A composição textural e mineralógica do solo são responsáveis por determinar a capacidade máxima do solo acumular C na fração C-MOM, devido à existência de um número limite de sítios de adsorção na superfície dos minerais e

possibilidade de formação de estruturas maiores, que protegem fisicamente o C-MOM. A relação entre os teores COT e de C na fração argila é positiva e apresenta uma tendência a estabilizar ao atingir um determinado valor limite. No presente estudo, a fração argila está representada pelo material de tamanho menor que  $53 \mu\text{m}$ , o que inclui o silte além da argila (C-MOM) e cuja relação com o COT apresentou correlação positiva (Figura 40). Esta tendência a atingimento de um patamar, somente ocorreu para a camada 0 a 2,5 cm, na qual encontram-se os maiores teores de C no solo. Para as camadas inferiores a tendência é de crescimento linear, indicando que a quantidade de C no solo ainda é insuficiente para saturar os sítios de adsorção dos minerais do solo. Sendo que o acúmulo de C-MOM nestas camadas apresentaram uma redução à medida que aumentou a profundidade, que pode ser avaliado pelo parâmetro de ajuste angular, apresentando coerência com a informação de que a entrada de C no subsistema Solo se dá prioritariamente nas camadas superficiais.

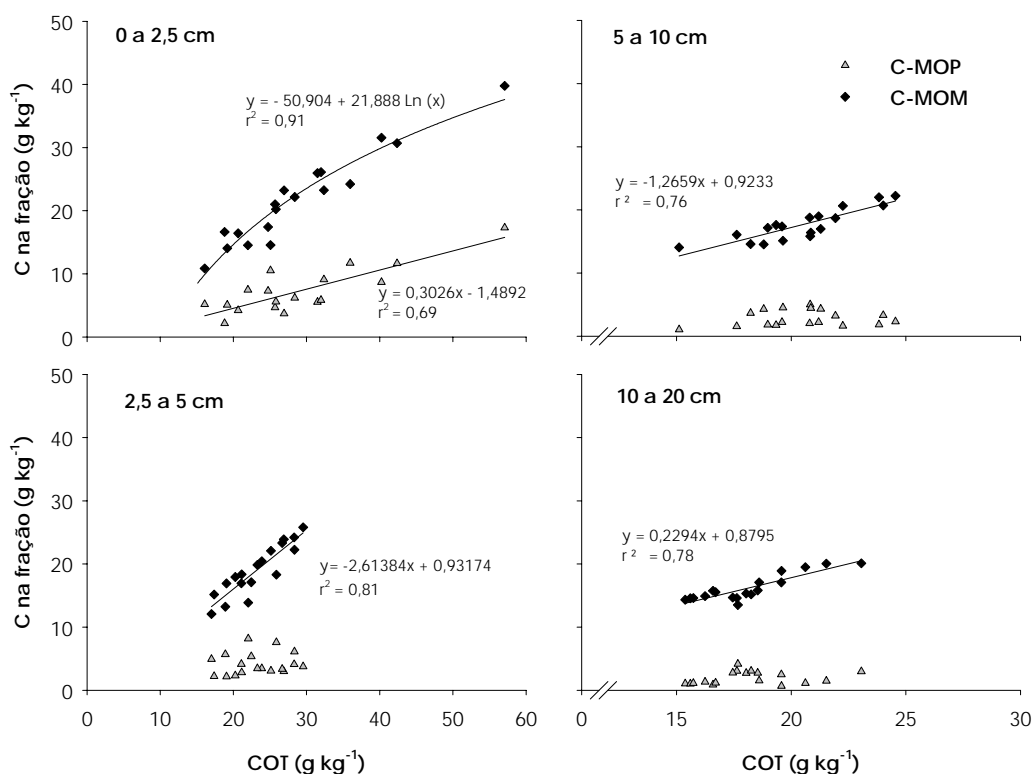


Figura 40 – Relações entre os teores de C nas frações particulada (C-MOP) e associada aos minerais (C-MOM) da matéria orgânica do solo e o carbono orgânico total (COT), em diferentes camadas do solo (n = 18). Amostras provenientes de três experimentos de longa duração em Mato Grosso do Sul.

A fração C-MOP, apresentou ajuste linear com o COT apenas para a camada 0 a 2,5 cm, que é onde ocorre deposição em maior quantidade de material vegetal, para as demais camadas não foi verificada qualquer tipo de correlação, indicando que o acúmulo de C nesta fração, não está relacionado às características do solo, mas somente ao sistema de manejo utilizado.

Na Tabela 19 está registrado, para os três experimentos e manejos, a quantidade de C-MOM retido por massa de argila. Verifica-se que houve diferenças quanto aos maiores valores, correspondente à saturação teórica para cada solo. Este valor médio foi de 25,5 g C kg<sup>-1</sup> de argila para Dourados, 39,1 g C kg<sup>-1</sup> de argila para Maracaju e de 49,4 g C kg<sup>-1</sup> de argila para Campo Grande. Estes valores máximos observados nestes experimentos, estão semelhantes aos obtidos por Roscoe et al. (2001) para solo do Cerrado (Latosolo), cujo valor foi estimado em 32,5 g C kg<sup>-1</sup> de argila e ao obtido por Diekow et al. (2004) para a região sul do Brasil (Argissolo) estimado em 48,8 g C kg<sup>-1</sup> de argila. Tais variações podem ser justificadas pelas diferenças na mineralogia dos solos e pelas metodologias utilizadas.

Dentro do mesmo experimento, verificou-se que os sistemas de manejo, ao aportarem diferentes quantidades de C-MOP, ocupam de forma diferenciada a capacidade de estocagem de C no solo através das interações organo-minerais. Assim, sistemas com pastagem apresentaram valores próximos ao valor máximo verificado no VN, isto pode indicar que os aumentos no estoque de COT somente ocorrerão através de acúmulo de C na fração C-MOP.

Estas informações corroboram a afirmativa que as condições climáticas ocorridas em Campo Grande são as responsáveis pelo elevado estoque de C-MOP, pois considerando que a maior quantidade de C retida na argila do solo deste experimento foi de 55,8 g C kg argila<sup>-1</sup> na VN e que no manejo L-PC apresentava apenas 37,9 g C kg argila<sup>-1</sup>, haveria ainda considerável capacidade de reter C através de interações organo-minerais.

Tabela 19 – Quantidade de C-MOM em relação ao teor médio de argila na camada 0 a 20 cm, em experimentos de longa duração sob diferentes sistemas de manejo.

Sistema de manejo	g C kg argila <sup>-1</sup>			média
	experimento			
	<u>CGR</u>	<u>MJU</u>	<u>DOS</u>	
L-PD	41,1	37,9	24,7	<b>34,6</b>
SP	47,0	40,9	26,8	<b>38,2</b>
PP d	55,8	42,5	25,3	<b>41,2</b>
VN	53,7	35,1	25,3	<b>38,1</b>
média	<b>49,4</b>	<b>39,1</b>	<b>25,5</b>	<b>38,0</b>
Prob >F <sub>(Local)</sub>			0,0001	
Prob >F <sub>(Manejo)</sub>			0,0099	
Prob >F <sub>(LxM)</sub>			0,0003	
DMS 5%			1,90	
CV%			6,15	

L-PD: lavouras em plantio direto, SP: rotação soja-pastagem, PPd: pastagem permanente de *B. decumbens*, VN: vegetação natural, CGR: Campo Grande, MJU: Maracaju, DOS: Dourados.

#### 8.4.1 Mineralogia do solo e acúmulo de C

Com o objetivo de obter informações para elucidação dos processos de interação do C com a fração mineral, os solos dos três experimentos foram avaliados quanto à composição mineralógica, que está apresentada de forma resumida na Tabela 20. Verifica-se que há semelhança para o solo dos três experimentos quanto ao total de óxidos de ferro extraídos via ditionito-citrato-bicarbonato, mas o solo de Campo Grande difere dos demais quanto ao teor óxidos de ferro menos cristalizados, extração por oxalato de amônio. Os óxidos de ferro menos cristalinos teriam, relativamente, maior participação na formação de complexos organo-minerais. Neste sentido, o solo de Campo Grande também apresentou maiores teores relativos de goethita e gibbsita, minerais que possuem maior área superficial que a hematita e a caulinita, respectivamente. Tais características estão condizentes com a maior energia requerida, para o solo de Campo Grande, para a total dispersão através de ultra-som, em comparação com os demais locais, o que possivelmente corresponde a maior estabilidade dos microagregados. As diferenças verificadas na mineralogia dos solos podem também explicar a maior quantidade de C na argila do solo de Campo Grande (Tabela 19), em relação



aos outros solos. No caso destes experimentos ocorreu um efeito conjunto da mineralogia e da textura dos solos, tal como observado por Parfitt et al. (1997), que verificaram comportamento diferenciado quanto a MOS, em dois solos com textura similar, mas com diferentes mineralogias da fração argila. Desta forma, o solo de Campo Grande apesar de apresentar mineralogia mais favorável a formação de complexos organo-minerais, possui estoque de C-MOM no solo semelhante ao de Dourados, uma vez que possui apenas  $360 \text{ g kg}^{-1}$  de argila enquanto Dourados possui mais de  $600 \text{ g kg}^{-1}$ .

Tabela 20 – Energia necessária para a máxima dispersão do solo por ultra-som, teores de C e de óxidos de Fe, relações entre óxidos e minerais de amostras compostas, da camada 0 a 20 cm, de experimentos em Mato Grosso do Sul.

Experimento	Energia para dispersão	COT	C %	Fed %	Feo %	Feo Fed	Hm Hm + Gt	Gb Gb + Ct
	$\text{J ml}^{-1}$	$\text{g kg}^{-1}$	----- na argila -----					
Dourados	450	17,5	9,5	13,7	0,35	0,026	0,97	0,04
Maracaju	530	21,7	12,2	13,7	0,35	0,026	0,92	0,22
Campo Grande	800	19,1	10,2	13,88	0,43	0,031	0,71	0,47

Fed =  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  extraído por ditionito-citrato-bicarbonato, Feo =  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  extraído por oxalato de amônio, Hm = Hematita, Gt = Goethita, Gb = Gibbsita, Ct = Caulinita

### 8.5 Balanço de C no solo

Como resultado dos fluxos de C nos sistemas, pode ocorrer saldo positivo ou negativo, durante determinado período de tempo. O balanço será positivo quando as saídas de C do sistema forem menores que as entradas, desta forma há retenção de C no solo. Os sistemas de manejo tiveram comportamento variado nos três experimentos, cujas taxas anuais médias, calculadas para a camada 0 a 20 cm, estão registradas na Tabela 21. Considerando-se apenas os sistemas com lavouras, verificou-se que as taxas variaram de negativas, a cerca de  $0,45 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Ao considerar os sistemas contendo pastagens as taxas são em sua maioria positivas chegando a atingir o valor de  $1,4 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a pastagem permanente de *B. brizantha* em Maracaju. Comparando com valores de outros estudos, as taxas obtidas nestes experimentos são inferiores àquelas encontradas para sistemas de lavouras em PD e PC, que atingiram a valores de  $0,60 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em ambiente tropical e mais de  $0,80 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em ambiente subtropical

(Bayer & Diekow, 2005). Para os sistemas de manejo que incluem pastagens as taxas observadas nos três experimentos são coerentes com taxas verificadas para a região dos Cerrados por Corazza et al (1999) que encontraram taxa de  $0,92 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para pastagem de *B decumbens*, Para a região sudeste dos EUA a taxa média para 12 experimentos com pastagens foi de  $1,03 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  o que naquele caso correspondeu a 2,6 vezes a taxa média obtida para cultivos em PD (Franzluebbers, 2005). O efeito das pastagens está associado a sua grande capacidade de fotossíntese, sendo a produção primária líquida estimada para condições dos Cerrados entre 13 e  $34 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca, valores geralmente superiores aos encontrados para condição natural (Boddey et al, 2001).

Pode se inferir que a situação do solo no momento anterior a implantação de determinado sistema de manejo tem influência marcante na taxa de retenção de C que tal sistema irá apresentar, como citado por Conant et al. (2001), que ao analisarem 115 experimentos em todas as regiões do globo, apontaram taxa de  $0,35 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a conversão de vegetação nativa para pastagem e de  $1,01 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  com a conversão de área cultivada para pastagem. Assim, no experimento de Dourados, em que o estoque de C no solo encontrava-se baixo em relação ao valor original, devido à utilização com lavouras durante cerca de 20 anos, resultou em taxas positivas para os sistemas contendo pastagens, com destaque para o sistema com rotação S2P2, que pelo manejo utilizado, potencializou o aporte de material vegetal ao solo. No experimento de Maracaju, a condição anterior era estável e com baixo aporte de material vegetal, todos os sistemas implantados resultaram em saldo positivo pelo maior aporte de resíduos vegetais. Entretanto, para o experimento de Campo Grande, cuja condição anterior era de pastagem, o estoque de C no solo era relativamente elevado, a introdução de sistemas de manejo com lavouras, que não foram capazes de suprir com resíduos vegetais da mesma forma que a pastagem existente, obteve-se como resultado taxas negativas para estes sistemas. No entanto as perdas de C não foram da magnitude citada por Reid et al. (2004) que apontam perdas de 95% na parte aérea e cerca de 50% no solo, devido à conversão de áreas com pastagens para lavouras.

Tabela 21 - Estoques de carbono orgânico (COT) na camada 0 a 20 cm do solo de experimntos de longa duração e taxas anuais médias de retenção de C no solo para diferentes sistemas de manejo.

Experimento	Sistemas de manejo	Estoque de COT (Mg ha <sup>-1</sup> )		Taxa de retenção de C (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	
		Início do experimento	2004	Absoluta	Relativa a L-PC (Dourados e Campo Grande) ou L-PD (Maracaju)
Dourados	L-PC	41,92 <sup>(a)</sup>	44,10	-0,0019 <sup>(d)</sup>	0
	L-PD	41,92	42,60	-0,1687	-0,1667
	S2P2	41,92	48,02	0,4400	0,4356
	PP	41,92	50,11	0,9089	0,6678
	VN	-	44,49	-	-
Maracaju	L-PD	51,68 <sup>(b)</sup>	56,60	0,4473 <sup>(e)</sup>	0
	S2P2d	51,68	61,39	0,8836	0,4354
	S2P2b	51,68	50,42	-0,1164	-0,5618
	PPd	51,68	65,80	1,2836	0,8364
	PPb	51,68	66,97	1,3927	0,9427
	VN	-	68,66	-	-
Campo Grande	L-PC	51,30 <sup>(c)</sup>	46,30	-0,4545 <sup>(e)</sup>	0
	L-PD	51,30	47,40	-0,3545	0,1000
	S4P4	51,30	47,90	-0,3091	0,1455
	S1P3	51,30	50,50	-0,0727	0,3818
	PP	51,30	53,50	0,2000	0,6545
	PP+L	51,30	58,60	0,6636	1,1182
	VN	-	54,00	-	-

L-PC: lavouras em preparo convencional, L-PD: lavouras em plantio direto, S2P2 d: rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S4P4: rotação soja por 4 anos/pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, S2P2 b: rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, S1P3: rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, PP d: pastagem permanente (*B. decumbens*), VN: vegetação natural. <sup>(a)</sup>Valor médio para este experimento obtidos de amostras originais de 1996, <sup>(b)</sup> Valor obtido a partir de relatórios do experimento (Fundação MS/Embrapa), <sup>(c)</sup> Valor estimado a partir de Macedo et al (2001), <sup>(d)</sup> corresponde ao parâmetro angular da equação de ajuste linear para os dados do local (1996,1998,2001 e 2004), <sup>(e)</sup> obtido a partir da expressão  $y=(\text{estoque } 2004 - \text{estoque início})/11$  anos.

Questiona-se qual o impacto no balanço de C no solo, quando ocorrer à alteração de uma forma de manejo para outra, neste caso é necessário efetuar a comparação dos estoques de ambos os sistemas em questão e assim estimar o efeito da conversão. A conversão de sistemas de produção apenas com lavouras, para sistema com rotação de lavouras e pastagens em PD (S2P2) pode proporcionar significativa contribuição no seqüestro de carbono, pois além das quantidades armazenadas no solo, deve-

se considerar o volume não consumido de formas diretas e indiretas, provenientes do melhor uso de insumos industrializados (adubos, fungicidas, etc) e menor consumo de combustível. Também deve ser considerada a ausência de perdas por erosão, maior produtividade dos cultivos (maior eficiência), melhor qualidade de forragem para os animais e conseqüente maior produtividade animal, com menor emissão de metano (Reid et al, 2004).

No Brasil, com vastas áreas de lavouras e pastagens, a simples adoção de determinadas práticas agrícolas pode significar grande quantidade de carbono retirada da atmosfera. Utilizando-se os valores apresentados na Tabela 21 pode-se estimar o potencial de retenção de C. Na hipótese de adoção do sistema de rotação soja-pastagem, em apenas metade da área cultivada com soja na região Centro-Oeste (~10 milhões de hectares), poder-se-ia atingir cifras de 2,09 Tg de C ano<sup>-1</sup> considerando apenas a camada 0 a 20 cm e as taxas médias observados nos sistemas S2P2 d e S1P3 (5.000.000 ha x 0,4176 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

O aumento do estoque de C no solo não depende apenas da simples substituição da pastagem natural por espécies forrageiras na região dos Cerrados (Silva et al, 2004), o acúmulo de C no solo está relacionado ao uso de práticas corretas de manejo dos animais (Reeder & Schuman, 2002) e de suprimento de nutrientes (Conant et al., 2001). A utilização de adequada pressão de pastejo pode inclusive proporcionar, além de maior produtividade animal, menor emissão de CO<sub>2</sub> pelo sistema solo-planta, como observado por Wilsey et al, (2002) ao comparar área de capim-jaraguá no Panamá, com e sem pastejo.

Pode-se estimar a quantidade adicional de C incorporado ao solo através da melhoria das pastagens, que apresentam taxas de seqüestro em torno de 1,12 Mg de C ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> quando bem manejadas (PP+L) e taxa de 0,65 Mg de C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> quando em degradação como o sistema PP de Campo Grande (Tabela 21). Se considerarmos a adoção de medidas para melhoria das pastagens (ajuste de carga e adubação) em apenas 1/3 das áreas de pastagem da região Centro-Oeste, atingiríamos a 7,0 Tg de C ano<sup>-1</sup> (15.000.000 ha x 0,4 Mg de C ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>). O somatório destas hipóteses resultaria em cerca de 9,1 Tg de C ano<sup>-1</sup>, valor expressivo considerando-se que este representa praticamente 2/3 das emissões totais anuais médias do

País relacionadas com a agricultura (Cerri et al, 2005). Contudo, em termos globais tais valores correspondem a apenas 0,28% do incremento anual de C na atmosfera.

Práticas como o PD, rotação de culturas, uso de leguminosas, adubação e manejo de pastagens, entre outras, proporcionam efetiva contribuição para um balanço positivo de carbono. O seqüestro de carbono pelos sistemas agrícolas deve ser considerado como um ganho adicional, decorrente da utilização adequada de tecnologias cuja principal finalidade é a de produzir de forma sustentável.

### **8.6 Indicador de qualidade do sistema**

A qualidade de um sistema agrícola deve estar obrigatoriamente relacionada à MOS, uma vez que esta se relaciona com a maior parte dos atributos do solo e é determinante para o efetivo cumprimento de suas funções. As diferentes formas de manejo do solo implicam em alterações em vários de seus atributos, entre os quais na concentração de C no solo. Além do Índice de Manejo do Carbono (IMC) cuja utilização foi apresentada nos capítulos anteriores, outras propostas de indicadores, tendo como elemento central o C no solo, são analisadas a seguir utilizando-se os dados dos sistemas de manejo nos três experimentos.

A utilização do índice de manejo de carbono (IMC) é adequada, uma vez que sintetiza a situação que o solo se encontra em um determinado momento, em relação a uma situação utilizada como referência, a vegetação natural na maioria dos casos. O subíndice de estoque (IEC) fornece a indicação dos fluxos de C ocorridos até o momento da análise, refletindo o efeito do tempo. O subíndice labilidade (ILab) oferece informações quanto ao manejo e situação do momento da análise, pois ao utilizar informações provenientes da fração lábil da MOS, reflete a tendência do sistema no momento e para o futuro, indicando a possibilidade de aumento ou redução do estoque de MOS. Desta forma, o IMC ao conjugar estes subíndices informa sobre a qualidade do sistema, pois estará retratando a situação anterior (IEC) e a tendência atual (ILab). Este último subíndice, foi extremamente sensível para detectar alterações nos fluxos de carbono, como foi possível observar no

experimento de Campo Grande, onde a ocorrência de acentuado déficit hídrico no período anterior a coleta das amostras foi claramente acusado pelo ILab. Evidentemente, para o emprego deste indicador é necessário que se disponha de informações relativas a labilidade da MOS, além dos estoques de COT no solo para o sistema a ser avaliado e de uma condição que seja utilizada como referência.

Na avaliação geral dos sistemas de manejo comum aos três experimentos, verificou-se uma grande amplitude de valores para o IMC (Tabela 22), variando de 35 para o L-PD em Maracaju, a 136 para o PPd em Dourados. Para os valores médios, houve correspondência com os demais resultados, apresentando a seqüência dos manejos L-PD<SP<PPd<VN. Destaca-se o comportamento anômalo para Campo Grande onde o sistema L-PD apresentou valor superior aos demais.

O índice de estratificação (IE), proposto por Franzluebbbers (2002), pode ser obtido pela divisão do teor de COT da camada superficial pelo teor obtido na camada inferior, para o caso dos experimentos foram utilizados valores da camada 0 a 2,5 cm e da camada 10 a 20 cm. Valores superiores à unidade indicam acúmulo de COT na superfície, sendo maior quanto mais distante da unidade e indicando melhor qualidade do solo. A existência de valores inferiores a 1 indicaria que o sistema está perdendo qualidade.

Para os experimentos de MS, os resultados (Tabela 22) apresentaram valores semelhantes aos encontrados por Tormena et al.(2004) para um Latossolo do Paraná, que observaram IE de 1,73 e 1,28 respectivamente, para plantio direto e para preparo com escarificador. Em relação ao IMC, a amplitude dos valores de IE apresentada foi superior, variando de 0,98 para o PPd de Campo Grande a 3,07 para o VN de Maracaju. Para os manejos, os valores tiveram proporcionalmente maior variação que a verificada para o IMC.

Com exceção para o PPd de Campo Grande, que apresentou valor do IE inferior a 1,0 os demais sistemas nos três locais, apresentaram valores superiores a 1,3 com a seqüência L-PD<SP<PPd<VN. A utilização deste indicador possui como vantagem a facilidade de sua obtenção, dependendo apenas de valores para COT em duas camadas do solo, não sendo necessária a área de referência. Evidentemente sua utilização deve ser validada, com a

definição de limites de valores adequados para as condições tropicais, através de avaliações comparativas em maior número de experimentos e sistemas de manejos.

Outra medida utilizada para avaliar a qualidade dos sistemas de manejo foi àquela proposta por Vezzani (2001), cuja metodologia original foi alterada com a substituição da % de massa de agregados >2mm pelo DMP dos agregados, foram calculados os Níveis de Ordem (NOrd) para os sistemas de manejo dos três experimentos, cujos resultados estão apresentados na Tabela 22. Dentre os indicadores de manejo, este apresentou proporcionalmente, menor amplitude de valores, entre 68 para L-PD em Maracaju e 148 para PPd em Campo Grande. Não se observou a presença de valores discrepantes para L-PD e PPd de Campo Grande como ocorreu anteriormente, devido à inclusão de valores de agregação do solo além daquelas relativas ao C do solo. Desta forma há maior estabilidade dos valores que não são alterados pelas ocorrências de variações de ordem climática, cujos efeitos são imediatos na fração particulada da MOS. Os valores para os manejos foram consistentes, apresentando a mesma seqüência (L-PD<SP<VN<PPd) nos três locais.

Dentre os indicadores testados, o NOrd é o de obtenção mais trabalhosa, porém foi o que apresentou melhor coerência dos resultados, com valores equilibrados e capazes de sintetizar as variáveis estudadas, dentro da concepção do modelo conceitual apresentado anteriormente para sistemas agropecuários de produção.

Tabela 22 – Atributos qualitativos de sistemas de manejo do solo utilizados em experimentos de longa duração.

Sistema de manejo	IE				IMC				NOrd			
	experimento			média	experimento			média	experimento			média
	CGR	MJU	DOS		CGR	MJU	DOS		CGR	MJU	DOS	
L-PD	1,39	1,38	1,33	<b>1,37</b>	102	35	82	<b>73</b>	76	68	85	<b>76</b>
SP	1,40	1,53	1,64	<b>1,52</b>	99	49	104	<b>84</b>	126	95	124	<b>115</b>
PP d	0,98	1,87	2,00	<b>1,62</b>	72	64	136	<b>91</b>	148	125	135	<b>136</b>
VN	2,32	3,07	1,70	<b>2,36</b>	100	100	100	<b>100</b>	100	100	100	<b>100</b>
média	<b>1,52</b>	<b>1,96</b>	<b>1,67</b>		<b>93</b>	<b>62</b>	<b>106</b>		<b>112</b>	<b>97</b>	<b>111</b>	

IE = Índice de estratificação, IMC = Índice de manejo do carbono, NOrd = Nível de ordem, L-PD: lavouras em plantio direto, SP: rotação soja-pastagem, PPd: pastagem permanente de *B. decumbens*, VN: vegetação natural, CGR: Campo Grande, MJU: Maracaju, DOS: Dourados, Campo Grande (CGR), Maracaju (MJU) e Dourados (DOS).

## 9. CONCLUSÕES GERAIS

As hipóteses testadas neste trabalho, devem ser integralmente aceitas, uma vez que os resultados obtidos comprovam a eficiência de sistemas de manejo, com a presença de pastagens alternadas com lavouras no acúmulo de C no solo, compondo o Sistema Plantio Direto, na região Centro-Oeste do Brasil. Também foi verificado que o acúmulo de C no solo está associado à agregação do solo.

Das diversas informações obtidas, podem ser citadas como relevantes para os sistemas de manejo, aquelas relativas ao intervalo na rotação lavoura – pastagem, definido em dois anos, pois períodos maiores resultaram na manifestação de algum sintoma de degradação da pastagem, coincidindo com menor entrada de energia ao sistema, medida pelo menor conteúdo de COT no solo. Desta forma, em termos médios, foi possível manter ou melhorar o solo, comparativamente ao sistema com vegetação natural utilizado como referência.

A inclusão de leguminosas às pastagens, mostrou-se ser muito importante para que haja disponibilidade de resíduos da pastagem e desta forma abastecer o sistema com material vegetal.

A organização da estrutura do solo, em níveis mais elevados, mostrou-se intimamente ligada ao maior aporte de C ao solo, que neste ambiente, ocorreu de forma mais expressiva com a presença de pastagens sob adequado manejo dos animais e suprimento de nitrogênio. A estrutura do solo está na dependência da formação e estabilidade de seus agregados, cuja relação com a presença de raízes e C no solo foi significativamente demonstrada.



Neste aspecto, destaca-se ainda o impressionante efeito das pastagens na formação de macroagregados, capazes de alterar significativamente a organização da estrutura do solo e certamente agir para a manifestação de propriedades emergentes, que acabam por conferir qualidade ao sistema de produção.

Algumas opções disponíveis de indicadores da qualidade dos sistemas de manejo, foram avaliadas, com resultados satisfatórios, os quais devem ser empregados com alguns cuidados. A escolha do indicador a ser utilizado está mais relacionada aos atributos disponíveis que aos seus preceitos teóricos.

Muito ainda se necessita conhecer, sobre as melhores formas de conciliar a produção agrícola, com a preservação dos recursos naturais. Podem ser apontados aspectos relacionados à dinâmica do C no solo, quando da implantação de pastagens em rotação com lavouras, onde as taxas de crescimento são muito elevadas. Também os efeitos decorrentes do manejo dos animais na pastagem, incluindo o ato do pastejo e deposição de dejetos.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. A. M. et al. **Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, município de Dourados,MS.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 68 p. Documentos,22)

BALESDENT, J.; C.; BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 28, p. 1261- 1263, 1996.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 215–230, 2000.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000b.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; DIEKOW, J. Metodologia para determinação do seqüestro de carbono em solos sob plantio direto no Brasil, In.: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2005. p. 58-62.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In. SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais.** Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 09-26.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 599-607, 2000.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 46, p.1459-1460, 1995.

BODDEY, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

BODDEY, R. M. et al. Potencial para acumulação e seqüestro de carbono em pastagens de *Brachiaria*. In.: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R. **Mudanças climáticas globais e agricultura brasileira**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 213-229.

BOLINDER, M. A. et al. Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea mays* L.). **Plant and soil**, Dordrecht, v. 215, p. 85-91, 1999.

BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura – Pecuária: plantio de soja sobre pastagem na integração agropecuária**. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1997. 24 p. (Informativo Técnico, 01/97)

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter change across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. **Geoderma**, Amsterdam v. 56, p. 449-457, 1993.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p. 99-105, 1990.

CERRI, C. C. et al. Ciclo do carbono e efeito estufa. In.: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2005. p. 15-19.

CONAB. **Avaliação da safra agrícola 2004/05, quinto levantamento, junho/2005**. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 14 set. 2005.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E. T. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. **Ecological applications**, Ithaca, v.11, p. 343-355, 2001.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação á vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

DAWSON, L. A.; GRAYSTON, S. J.; PATERSON, E. Effects of Grazing on the Roots and Rhizosphere of Grasses. In.: LEMAIRE, G. et al. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, Wallingford: CAB International, 2000. p. 61-84.

DÍAZ-ROSELLO, R. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. In: MORÓN, A.; BAETHGEN, W. (Eds.) **Revista INIA de investigaciones agronomicas**. Montevideo: INIA, 1992. nº 1, Tomo 1, p. 103-110.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2003. 164 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DIEKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilisation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 268, p. 319-328, 2005.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.) **Defining Soil Quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FABRÍCIO, A. C.; SALTON, J. C. **Alterações no teor de matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 4 p. (Comunicado Técnico, 7)

FABRÍCIO, A. C. **Relatório técnico do projeto “Impacto ambiental de sistemas intensivos e integrados de produção de grãos e carne bovina na região oeste do Brasil”**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2003. n.p.

FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 397-403, 2005.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Expansão da área em Plantio Direto no Brasil: safra 2003/04**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.htm>>. Acesso em: 22 set. 2005.

FRANZLUEBBERS, A. J. et al. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v. 32, p. 469-478, 2000.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, p. 95-106, 2002.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic carbon sequestration and agricultural greenhouse gas emissions in the southeastern USA. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 83, p. 120-147, 2005.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A.; Particulate and non-particulate fractions of soil organic carbon under pastures in the Southern Piedmont USA, **Environmental Pollution**, Essex, v. 116, p. S53-S62, 2002.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 425-434, 2002.

FUJISAKA, S. et al. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: Estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 69, p. 17-26, 1998.

GOLCHIN, A. et al. Study of free and occluded particulate organic matter in soil by solid state  $^{13}\text{C}$  CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 32, p. 285-309, 1994.

GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics – From myth to complex reality. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Eds.) **Myths and science of soils of the tropics**. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1992. p. 17-33. (Special Publication, 29)

GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. MONREAL, C. M. Turnover of soil organic matter and storage of corn residue carbon estimated from natural  $^{13}\text{C}$  abundance. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 161-167, 1995.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P. A model of the physical protection of organic matter in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 131-139, 1997.

HAYNES, R. J. ;BEARE, M. H. Aggregation and organic matter storage in Meso-thermal, Humid soils. In.: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Eds.) **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Press, 1996. p. 213-262.

HÉNIN, S.; DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique du sol. **Annales Agronomiques**, Paris, v.15, p.17-29, 1945.

HERNANI, L. C. et al. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul.**, Dourados: Embrapa-CPAO , 1995. 93p.

HERNANI, L.C. et al. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo sob diferentes sistemas de preparo de um latossolo roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 667-676, 1997.

HERNANI, L. C.; GUIMARÃES, J. B. R. Efeitos de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas em atributos físicos de um Latossolo Roxo. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14. 1999. Temuco. **Resúmenes...** Temuco: Universidad de La Frontera: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 1999. 1 CD ROM.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.I.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.145-154, 1999.

HERNANI, L.C. et al. **Dinâmica espaço-temporal do fósforo e da matéria orgânica do solo em agrossistemas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. (Documentos) (em publicação).

IBGE. **Censo agropecuário**, Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>>. Acesso em: 22 set. 2005.

JASTROW, J. D.; MILLER, R. M. Soil aggregate stabilization and carbon sequestration: feedbacks through organomineral associations. In: LAL, R. et al. (Eds.) **Soil Processes and the Carbon Cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 207-223.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In.: BLACK, C. A. (Ed). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental pollution**, Oxford, v.116, p. 353-362, 2002.

LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. **Espécies vegetais para cobertura de solo no Cerrado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. p. 1-4, (Comunicado técnico 97)

LEITE, L. F. C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 821-832, 2003.

LILIENFEIN, J. et al. Soil fertility under native Cerrado and pasture in the Brazilian savanna. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p. 1195-1205, 2003.

LOVATO, T. et al. Carbono e nitrogênio adicionados e sua relação com o rendimento do milho e estoques destes elementos no solo em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 175-187, 2004.

MACEDO, M. C. M. A integração lavoura e pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. In.: MERCANTE, F. M. (Ed.) **Workshop nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. p. 90-104 (Documentos, 26)

MACEDO, M. C. M. et al. Preliminary results of agro pastoral systems in the cerrados of Mato Grosso do Sul – Brazil. In.: KANNO, T.; MACEDO, M. C. M. (Eds.) **International joint workshop on agro pastoral system in South America**. Tsukuba: JIRCAS, 2001. p. 35-42. (Working Report, 19)

MACEDO, M. C. M. et al. Results of soybean yield, animal livestock gain and soil fertility changes in agro-pastoral systems. In.: SUENAGA, K. et al. **Development of sustainable agro-pastoral systems in the subtropical zone of Brazil**. Tsukuba:JIRCAS, 2004. p. 15-18. (Working Report, 36)

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 42., Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 56-84.

MACHADO, L. A. Z.; FABRICIO, A. C.; SALTON, J. C. **Desempenho de novilhos em pastagem de braquiária decumbens permanente e após soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 5 p. (Comunicado Técnico, 8)

MELLO, N. A. et al. Estoque de carbono orgânico em um Argissolo sob pastagem natural com diferentes ofertas de forragem. In.: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Resumos expandidos...** Santa Maria: UFSM/SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de Sistemas Agrícolas. In. SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 01-09.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3 p. 209-248.

OLIVEIRA, G. C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 327-336, 2004.

OLIVEIRA, O. C. et al. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 289-300, 2004.

PALADINI, F. L. dos S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 135-140, 1991.

PARTIFF, R. L. et al. Effects of clay mineral and land use on organic matter pools. **Geoderma**, Amsterdam, v. 75, p 1-12, 1997.

PILLON, C. N. **Alteração no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de culturas em plantio direto**. 2000. 232 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a

Red Latosol from Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 77, p. 79-84, 2004.

REEDER, J. D.; SCHUMAN, G. E. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed grass and short-grass rangelands. **Environmental Pollution**, Essex, v. 116, p. 457-463, 2002.

REID, R. S. et al. Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics? **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht, v. 6, p. 91-109, 2004.

REZENDE, C. P. et al. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agro ecosystems**. Dordrecht, v. 54, p. 99-112, 1999.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-168.

ROSCOE, R ; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol, **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.

ROSCOE, R. et al. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C isotopic ratio in a Cerrado's oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v.104, p.185-202, 2001.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86p.

SÁ, J. C. de M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.1486-1499, 2001.

SALTON, J. C. et al. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagem de braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa: SBCS/UFV, 1995. v.4, p.1816-1818.

SALTON, J. C. et al. Avaliação de atributos físicos e químicos do solo e rendimento de grãos na rotação lavoura-pastagem no Sistema Plantio Direto. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Temuco. **Resúmenes...** Temuco: Universidad de La Frontera: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 1999. 1 CD ROM.

SALTON, J. C. et al. Impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de grãos e de carne bovina na região oeste do Brasil. In.: ROSELLO, R. D. (Coord.) **Siembra directa en el cono sur**. Montevideo: Procisur, 2001. p 43-53.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; HERNANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 92-99, 2001.



SANCHEZ, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soil in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Eds.) **Myths and science of soils of the tropics**. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1992. p. 35-46. (Special Publication, 29)

SATURNINO, H.M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997.116p.

SHUNKE, R. M. Alternativas de manejo de pastagem para melhor aproveitamento do nitrogênio do solo. In.: MERCANTE, F. M. (Ed.) **Workshop nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. p.125-140. (Documentos, 26)

SILVA, I. F. ; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p. 113-117, 1997a.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997b.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, J. E. et al. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the "Cerrado" region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, p. 39-58, 2004.

SIX, J. et al. Agregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 62, p. 1367-1377, 1998.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.63, p. 1350-1358, 1999.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 32, p. 2099-2103, 2000.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p. 7-31, 2004.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal of Soil Science**, Hagerstown, v. 33, p.141-163, 1982.

TORMENA, C. A. et al. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1023-1031, 2004.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 487-494, 2005.

WILSEY, B. J. et al. Tropical pasture carbon cycling: relationships between C source/sink strength, above-ground biomass and grazing. **Ecology Letters**, Oxford, v. 5, p. 367-376, 2002.

ZOTARELLI, L. et al. Impact of tillage and crop rotation on aggregate-associated carbon in two oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, p. 482-491, 2005.

## 11. APÊNDICES

Apêndice 1 – Valores de Carbono orgânico total (COT), carbono na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), carbono na fração da matéria orgânica associada aos minerais do solo (C-MOM) e densidade (DS) de amostras de solo do experimento de Douradas coletadas em 1996, 1998 e 2001, sob diferentes sistemas de manejo.

Camada	Sistema	1996				1998				2001			
		COT	C-MOP	C-MOM	DS	COT	C-MOP	C-MOM	DS	COT	C-MOP	C-MOM	DS
		----- g kg <sup>-1</sup> -----		g cm <sup>-3</sup>		----- g kg <sup>-1</sup> -----		g cm <sup>-3</sup>		----- g kg <sup>-1</sup> -----		g cm <sup>-3</sup>	
0 a 5	L-PC	18,3	3,25	15,02	1,09	17,6	1,83	15,81	1,09	16,9	1,93	14,96	1,08
	L-PD	18,2	3,66	14,58	1,22	18,1	3,14	14,97	1,24	17,8	3,03	14,78	1,24
	S2P2	15,1	1,93	13,13	1,22	18,0	2,08	15,90	1,30	22,3	4,97	17,37	1,24
	PP	17,3	1,26	16,06	1,29	21,5	4,33	17,15	1,29	24,5	5,00	19,50	1,28
5 a 15	L-PC	15,4	1,44	13,96	1,41	17,0	1,25	15,71	1,41	16,8	1,58	15,21	1,08
	L-PD	15,2	1,44	13,72	1,43	15,8	1,47	14,29	1,43	14,5	1,23	13,28	1,24
	S2P2	14,2	1,26	12,95	1,38	15,5	1,23	14,24	1,38	15,8	1,25	14,52	1,19
	PP	16,8	1,27	15,51	1,32	15,7	1,30	14,36	1,32	17,0	1,50	15,50	1,21
15 a 30	L-PC	14,5	1,20	13,34	1,37	16,0	0,86	15,09	1,35	14,8	1,19	13,60	1,35
	L-PD	14,3	1,23	13,04	1,41	13,2	0,57	12,59	1,28	12,6	0,60	11,98	1,28
	S2P2	13,8	0,98	12,77	1,41	13,9	0,84	13,07	1,39	12,9	0,68	12,23	1,39
	PP	16,5	1,18	15,31	1,37	15,9	1,88	14,02	1,35	16,0	1,60	14,40	1,35

L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*.

Apêndice 2 – Valores relativos a determinações de carbono orgânico total (COT), Densidade do solo (DS), carbono na fração > 0,053 mm, C na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), C na fração associada aos minerais do solo (C-MOM), labilidade da matéria orgânica (Lab), índice de labilidade (Ilab), índice de estoque do C (IEC) e índice de manejo do C (IMC) do experimento de Dourados. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN= Vegetação natural.

Tratamento	Profundidade (cm)	Repeticao	COT (g/kg)	DS (g/cm <sup>3</sup> )	COT (Mg/ha)	fração > 53 um (g)	C na fração >53 mm (%)	C-MOP (g/kg)	C-MOP (Mg/ha)	C-MOM (g/kg)	C-MOM (Mg/ha)	Lab	Ilab	IEC	IMC
L-PC	0 a 2,5	I	19,35	1,17	5,68	4,18	1,09	2,28	0,67	17,07	5,01	0,13	0,57	0,86	49
L-PC	0 a 2,5	II	20,09	1,17	5,90	4,39	0,96	2,11	0,62	17,97	5,28	0,12	0,37	0,70	26
L-PC	0 a 2,5	III	17,00	1,17	4,99	4,55	0,92	2,10	0,62	14,90	4,37	0,14	0,51	0,68	35
L-PC	0 a 5	I	20,38	1,17	11,97										
L-PC	0 a 5	II	20,76	1,17	12,19										
L-PC	0 a 5	III	19,03	1,17	11,17										
L-PC	10 a 20	I	18,60	1,35	25,10	4,14	0,52	1,08	1,46	17,52	23,65	0,06	0,75	1,40	106
L-PC	10 a 20	II	17,10	1,35	23,08	4,08	0,40	0,82	1,10	16,28	21,97	0,05	0,68	1,06	72
L-PC	10 a 20	III	14,08	1,35	19,01	4,33	0,31	0,66	0,90	13,42	18,11	0,05	0,73	0,89	65
L-PC	2,5 a 5	I	19,69	1,17	5,78	4,21	1,12	2,35	0,69	17,34	5,09	0,14	0,72	1,00	72
L-PC	2,5 a 5	II	19,75	1,17	5,80	4,13	0,93	1,92	0,56	17,83	5,23	0,11	0,64	0,81	52
L-PC	2,5 a 5	III	17,77	1,17	5,21	4,71	0,92	2,17	0,64	15,59	4,58	0,14	0,84	0,97	81
L-PC	5 a 10	I	21,37	1,08	11,54	4,24	1,16	2,46	1,33	18,91	10,21	0,13	1,10	1,17	129
L-PC	5 a 10	II	19,83	1,08	10,71	4,22	1,06	2,24	1,21	17,59	9,50	0,13	1,26	0,96	121
L-PC	5 a 10	III	17,60	1,08	9,50	4,71	0,80	1,88	1,02	15,71	8,48	0,12	1,15	0,87	101
L-PD	0 a 2,5	I	21,78	1,30	7,06	4,44	1,70	3,78	1,22	18,00	5,84	0,21	0,90	1,07	96
L-PD	0 a 2,5	II	19,35	1,30	6,27	4,55	1,72	3,90	1,26	15,45	5,01	0,25	0,80	0,75	59
L-PD	0 a 2,5	III	20,86	1,30	6,76	4,58	2,19	5,03	1,63	15,83	5,13	0,32	1,15	0,93	106
L-PD	0 a 5	I	19,95	1,30	12,94										
L-PD	0 a 5	II	17,29	1,30	11,21										
L-PD	0 a 5	III	17,45	1,30	11,31										
L-PD	10 a 20	I	16,92	1,34	22,67	3,87	0,45	0,86	1,16	16,06	21,52	0,05	0,66	1,27	83
L-PD	10 a 20	II	14,05	1,34	18,83	3,82	0,45	0,86	1,15	13,19	17,68	0,06	0,88	0,87	76
L-PD	10 a 20	III	15,84	1,34	21,23	4,05	0,69	1,39	1,87	14,45	19,36	0,10	1,42	0,99	140
L-PD	2,5 a 5	I	18,42	1,30	5,97	3,96	0,90	1,79	0,58	16,63	5,39	0,11	0,57	1,04	59
L-PD	2,5 a 5	II	16,02	1,30	5,19	4,38	1,14	2,50	0,81	13,52	4,38	0,19	1,10	0,73	80
L-PD	2,5 a 5	III	17,63	1,30	5,72	4,22	1,10	2,32	0,75	15,31	4,96	0,15	0,92	1,06	97
L-PD	5 a 10	I	16,26	1,24	10,08	3,96	0,54	1,08	0,67	15,18	9,41	0,07	0,60	1,02	61
L-PD	5 a 10	II	14,25	1,24	8,84	3,77	0,42	0,78	0,49	13,47	8,35	0,06	0,58	0,79	46
L-PD	5 a 10	III	14,83	1,24	9,19	4,09	0,64	1,30	0,81	13,53	8,39	0,10	0,93	0,85	78
S2P2	0 a 2,5	I	25,31	1,36	8,61	4,18	2,69	5,62	1,91	19,69	6,70	0,29	1,22	1,31	160
S2P2	0 a 2,5	II	28,04	1,36	9,54	4,23	3,61	7,64	2,60	20,40	6,94	0,37	1,18	1,13	134
S2P2	0 a 2,5	III	24,09	1,36	8,19	3,94	1,84	3,62	1,23	20,47	6,96	0,18	0,64	1,12	72
S2P2	0 a 5	I	24,48	1,36	16,65										
S2P2	0 a 5	II	26,01	1,36	17,69										
S2P2	0 a 5	III	22,94	1,36	15,60										

Continua...

## Continuação do Apêndice 2

S2P2	10 a 20	I	14,95	1,39	20,78	3,44	0,46	0,80	1,11	14,15	19,67	0,06	0,69	1,16	80
S2P2	10 a 20	II	15,95	1,39	22,17	3,53	0,76	1,35	1,87	14,60	20,30	0,09	1,24	1,02	127
S2P2	10 a 20	III	16,29	1,39	22,64	3,80	0,66	1,24	1,73	15,05	20,91	0,08	1,22	1,05	129
S2P2	2,5 a 5	I	18,32	1,36	6,23	3,57	1,08	1,93	0,65	16,39	5,58	0,12	0,62	1,08	68
S2P2	2,5 a 5	II	22,26	1,36	7,57	3,70	1,75	3,24	1,10	19,02	6,47	0,17	1,01	1,06	108
S2P2	2,5 a 5	III	20,20	1,36	6,87	3,77	0,96	1,80	0,61	18,40	6,26	0,10	0,59	1,27	75
S2P2	5 a 10	I	17,11	1,19	10,18	3,48	0,82	1,43	0,85	15,68	9,33	0,09	0,77	1,03	80
S2P2	5 a 10	II	17,32	1,19	10,31	3,56	0,92	1,64	0,98	15,68	9,33	0,10	1,04	0,93	96
S2P2	5 a 10	III	18,44	1,19	10,97	3,64	0,89	1,62	0,96	16,82	10,01	0,10	0,92	1,01	93
PPd	0 a 2,5	I	27,00	1,25	8,45	2,50	4,19	5,24	1,64	21,76	6,81	0,24	1,03	1,29	132
PPd	0 a 2,5	II	39,10	1,25	12,24	3,37	7,70	12,98	4,06	26,12	8,18	0,50	1,57	1,46	229
PPd	0 a 2,5	III	31,00	1,25	9,70	3,33	5,90	9,83	3,08	21,17	6,63	0,46	1,68	1,33	223
PPd	0 a 5	I	25,87	1,25	16,20										
PPd	0 a 5	II	34,60	1,25	21,66										
PPd	0 a 5	III	30,91	1,25	19,35										
PPd	10 a 20	I	15,37	1,35	20,70	2,00	1,05	1,05	1,41	14,32	19,29	0,07	0,90	1,16	104
PPd	10 a 20	II	18,44	1,35	24,83	2,32	1,34	1,56	2,09	16,88	22,74	0,09	1,24	1,14	142
PPd	10 a 20	III	14,93	1,35	20,11	2,54	1,10	1,40	1,89	13,53	18,22	0,10	1,52	0,94	143
PPd	2,5 a 5	I	18,55	1,25	5,81	2,06	1,76	1,81	0,57	16,74	5,24	0,11	0,58	1,01	58
PPd	2,5 a 5	II	25,92	1,25	8,11	2,55	3,15	4,02	1,26	21,90	6,86	0,18	1,09	1,14	124
PPd	2,5 a 5	III	18,94	1,25	5,93	2,73	1,96	2,67	0,84	16,27	5,09	0,16	0,99	1,10	109
PPd	5 a 10	I	19,06	1,21	11,53	2,04	1,60	1,63	0,99	17,43	10,54	0,09	0,79	1,17	93
PPd	5 a 10	II	20,47	1,21	12,38	2,41	1,88	2,27	1,37	18,20	11,01	0,12	1,23	1,11	137
PPd	5 a 10	III	17,41	1,21	10,53	2,54	1,17	1,49	0,90	15,92	9,63	0,09	0,90	0,97	87
VN	0 a 2,5	I	25,11	1,05	6,6	5,74	1,66	4,76	1,25	20,35	5,33	0,23	1,00	1,00	100
VN	0 a 2,5	II	32,10	1,05	8,4	5,65	2,73	7,72	2,02	24,38	6,38	0,32	1,00	1,00	100
VN	0 a 2,5	III	27,92	1,05	7,3	5,18	2,34	6,05	1,58	21,87	5,73	0,28	1,00	1,00	100
VN	0 a 5	I	30,05	1,05	15,7										
VN	0 a 5	II	36,31	1,05	19,0										
VN	0 a 5	III	28,92	1,05	15,1										
VN	10 a 20	I	14,67	1,22	17,9	4,98	0,45	1,11	1,35	13,56	16,55	0,08	1,00	1,00	100
VN	10 a 20	II	17,83	1,22	21,8	4,65	0,53	1,23	1,50	16,60	20,25	0,07	1,00	1,00	100
VN	10 a 20	III	17,60	1,22	21,5	4,53	0,49	1,12	1,36	16,48	20,11	0,07	1,00	1,00	100
VN	2,5 a 5	I	22,02	1,05	5,8	5,33	1,31	3,48	0,91	18,54	4,85	0,19	1,00	1,00	100
VN	2,5 a 5	II	27,19	1,05	7,1	5,05	1,55	3,91	1,02	23,28	6,09	0,17	1,00	1,00	100
VN	2,5 a 5	III	20,62	1,05	5,4	4,93	1,19	2,93	0,77	17,69	4,63	0,17	1,00	1,00	100
VN	5 a 10	I	19,32	1,02	9,9	5,23	0,78	2,04	1,04	17,28	8,81	0,12	1,00	1,00	100
VN	5 a 10	II	21,83	1,02	11,1	4,77	0,84	2,00	1,02	19,83	10,11	0,10	1,00	1,00	100
VN	5 a 10	III	21,33	1,02	10,9	4,84	0,83	2,01	1,02	19,32	9,85	0,10	1,00	1,00	100

Apêndice 3 - Valores relativos a determinações de carbono orgânico total (COT), Densidade do solo (DS), carbono na fração > 0,053 mm, C na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), C na fração associada aos minerais do solo (C-MOM), labilidade da matéria orgânica (Lab), índice de labilidade (lLab), índice de estoque do C (IEC) e índice de manejo do C (IMC) do experimento de Maracaju. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural.

Tratamento	Profundidade (cm)	Repeticão	COT (g/kg)	DS (g/cm <sup>3</sup> )	COT (Mg/ha)	fração > 53 µm (g)	C na fração >53 µm (%)	C-MOP (g/kg)	C-MOP (Mg/ha)	C-MOM (g/kg)	C-MOM (Mg/ha)	Lab	lLab	IEC	IMC
L-PD	0 a 2,5	I	26,69	1,29	8,61	6,72	1,03	3,47	1,12	23,22	7,49	0,15	0,34	0,45	15
L-PD	0 a 2,5	II	25,44	1,29	8,20	6,40	0,96	3,07	0,99	22,37	7,21	0,14	0,32	0,43	13
L-PD	0 a 2,5	III	28,68	1,29	9,25	6,50	1,40	4,57	1,47	24,11	7,78	0,19	0,44	0,48	21
L-PD	0 a 5	I	23,71	1,29	15,29										
L-PD	0 a 5	II	21,37	1,29	13,78										
L-PD	0 a 5	III	22,15	1,29	14,29										
L-PD	10 a 20	I	20,54	1,30	26,70	5,48	0,29	0,81	1,05	19,73	25,65	0,04	0,46	1,06	49
L-PD	10 a 20	II	19,18	1,30	24,93	5,47	0,20	0,56	0,73	18,62	24,21	0,03	0,34	0,99	34
L-PD	10 a 20	III	19,01	1,30	24,71	5,43	0,24	0,64	0,83	18,37	23,88	0,03	0,39	0,98	39
L-PD	2,5 a 5	I	25,30	1,29	8,16	6,14	0,87	2,68	0,86	22,62	7,30	0,12	0,82	0,82	67
L-PD	2,5 a 5	II	28,28	1,29	9,12	6,09	1,27	3,87	1,25	24,41	7,87	0,16	1,09	0,91	100
L-PD	2,5 a 5	III	21,85	1,29	7,05	5,93	0,90	2,66	0,86	19,19	6,19	0,14	0,96	0,71	68
L-PD	5 a 10	I	23,58	1,29	15,21	5,40	0,71	1,92	1,24	21,66	13,97	0,09	0,76	1,06	81
L-PD	5 a 10	II	23,72	1,29	15,30	5,31	0,74	1,96	1,26	21,76	14,03	0,09	0,77	1,07	83
L-PD	5 a 10	III	19,45	1,29	12,55	5,48	0,35	0,96	0,62	18,49	11,93	0,05	0,45	0,88	39
PPd	0 a 2,5	I	36,72	1,26	11,57	6,841	1,83	6,24	1,97	30,48	9,60	0,20	0,47	0,60	28
PPd	0 a 2,5	II	48,40	1,26	15,25	7,179	3,49	12,51	3,94	35,89	11,30	0,35	0,80	0,79	63
PPd	0 a 2,5	III	35,62	1,26	11,22	6,867	2,13	7,30	2,30	28,32	8,92	0,26	0,59	0,58	34
PPd	0 a 5	I	35,60	1,26	22,43										
PPd	0 a 5	II	35,37	1,26	22,28										
PPd	0 a 5	III	36,12	1,26	22,76										
PPd	10 a 20	I	20,42	1,31	26,75	5,573	0,44	1,23	1,61	19,19	25,14	0,06	0,72	1,07	77
PPd	10 a 20	II	23,73	1,31	31,09	5,288	0,69	1,84	2,40	21,89	28,68	0,08	0,95	1,24	117
PPd	10 a 20	III	20,45	1,31	26,79	5,561	0,49	1,36	1,78	19,09	25,01	0,07	0,80	1,07	86
PPd	2,5 a 5	I	26,63	1,26	8,39	5,768	0,89	2,56	0,81	24,07	7,58	0,11	0,73	0,84	62
PPd	2,5 a 5	II	29,08	1,26	9,16	5,917	1,25	3,68	1,16	25,40	8,00	0,15	1,00	0,92	92
PPd	2,5 a 5	III	24,94	1,26	7,86	5,883	0,91	2,69	0,85	22,25	7,01	0,12	0,83	0,79	66
PPd	5 a 10	I	23,75	1,34	15,91	5,481	0,78	2,14	1,44	21,61	14,48	0,10	0,85	1,11	95
PPd	5 a 10	II	26,75	1,34	17,92	5,504	1,01	2,78	1,87	23,97	16,06	0,12	1,00	1,25	125
PPd	5 a 10	III	23,14	1,34	15,50	5,465	0,74	2,02	1,36	21,12	14,15	0,10	0,82	1,08	89
S2P2d	0 a 2,5	I	32,14	1,29	10,37	6,787	1,79	6,07	1,96	26,07	8,41	0,23	0,53	0,54	29
S2P2d	0 a 2,5	II	32,00	1,29	10,32	6,636	1,55	5,14	1,66	26,86	8,66	0,19	0,44	0,54	24
S2P2d	0 a 2,5	III	30,36	1,29	9,79	6,295	1,73	5,44	1,75	24,92	8,04	0,22	0,50	0,51	25
S2P2d	0 a 5	I	31,04	1,29	20,02										
S2P2d	0 a 5	II	30,07	1,29	19,40										

Continua...



Apêndice 4 - Valores relativos a determinações de carbono orgânico total (COT), Densidade do solo (DS), carbono na fração > 0,053 mm, C na fração particulada da matéria orgânica do solo (C-MOP), C na fração associada aos minerais do solo (C-MOM), labilidade da matéria orgânica (Lab), índice de labilidade (ILab), índice de estoque do C (IEC) e índice de manejo do C (IMC) do experimento de Campo Grande. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural.

Tratamento	Profundidade (cm)	Repeticao	COT (g/kg)	DS (g/cm <sup>3</sup> )	COT (Mg/ha)	fração > 53 µm (g)	C na fração >53 µm (%)	C-MOP (g/kg)	C-MOP (Mg/ha)	C-MOM (g/kg)	C-MOM (Mg/ha)	Lab	ILab	IEC	IMC
L-PC	0 a 2,5	I	14,84	1,19	4,41	13,47	0,65	4,38	1,30	10,46	3,11	0,42	0,86	0,40	34
L-PC	0 a 2,5	II	15,66	1,19	4,65	13,66	0,72	4,92	1,46	10,74	3,19	0,46	1,55	0,51	79
L-PC	0 a 2,5	III	17,69	1,19	5,26	13,70	0,91	6,26	1,86	11,43	3,40	0,55	1,56	0,53	83
L-PC	0 a 5	I	17,03	1,19	10,12									0,46	0
L-PC	0 a 5	II	19,20	1,19	11,41									0,90	0
L-PC	0 a 5	III	20,66	1,19	12,28									0,95	0
L-PC	10 a 20	I	17,02	1,30	22,13	12,99	0,58	3,74	4,86	13,28	17,27	0,28	0,89	0,89	80
L-PC	10 a 20	II	17,88	1,30	23,24	13,17	0,69	4,51	5,87	13,37	17,38	0,34	2,12	1,02	216
L-PC	10 a 20	III	18,12	1,30	23,56	12,85	0,66	4,23	5,50	13,89	18,05	0,30	2,21	0,99	219
L-PC	2,5 a 5	I	14,71	1,19	4,37	13,41	0,66	4,44	1,32	10,27	3,05	0,43	0,98	0,57	56
L-PC	2,5 a 5	II	17,06	1,19	5,07	13,55	0,75	5,09	1,51	11,97	3,56	0,43	2,18	0,83	180
L-PC	2,5 a 5	III	19,26	1,19	5,72	13,31	0,79	5,27	1,57	13,99	4,16	0,38	2,05	0,91	187
L-PC	5 a 10	I	18,45	1,30	11,99	13,44	0,72	4,81	3,12	13,64	8,87	0,35	1,19	0,77	91
L-PC	5 a 10	II	23,40	1,30	15,21	13,32	0,72	4,80	3,12	18,60	12,09	0,26	1,27	1,19	152
L-PC	5 a 10	III	20,63	1,30	13,41	13,30	0,81	5,36	3,48	15,27	9,93	0,35	1,11	1,09	121
L-PD	0 a 2,5	I	22,13	0,99	5,50	13,49	1,37	9,25	2,30	12,88	3,20	0,72	1,47	0,50	73
L-PD	0 a 2,5	II	23,97	0,99	5,96	13,32	1,39	9,28	2,31	14,69	3,65	0,63	2,14	0,65	140
L-PD	0 a 2,5	III	29,16	0,99	7,25	13,92	1,87	13,03	3,24	16,13	4,01	0,81	2,30	0,74	169
L-PD	0 a 5	I	24,82	0,99	12,35									0,56	0
L-PD	0 a 5	II	22,71	0,99	11,30									0,89	0
L-PD	0 a 5	III	28,19	0,99	14,02									1,09	0
L-PD	10 a 20	I	15,57	1,30	20,24	11,98	0,37	2,20	2,86	13,37	17,38	0,16	0,52	0,82	43
L-PD	10 a 20	II	17,63	1,30	22,92	11,71	0,39	2,26	2,94	15,37	19,97	0,15	0,92	1,01	93
L-PD	10 a 20	III	20,92	1,30	27,20	11,95	0,61	3,67	4,77	17,25	22,43	0,21	1,54	1,15	176
L-PD	2,5 a 5	I	23,12	0,99	5,75	13,28	1,35	8,99	2,23	14,13	3,52	0,64	1,44	0,75	108
L-PD	2,5 a 5	II	21,09	0,99	5,24	13,08	1,07	6,98	1,73	14,11	3,51	0,49	2,53	0,86	217
L-PD	2,5 a 5	III	21,88	0,99	5,44	13,46	1,26	8,49	2,11	13,39	3,33	0,63	3,45	0,87	299
L-PD	5 a 10	I	18,88	1,30	12,27	12,58	0,63	3,93	2,55	14,95	9,72	0,26	0,88	0,79	70
L-PD	5 a 10	II	18,07	1,30	11,75	12,10	0,57	3,43	2,23	14,64	9,51	0,23	1,15	0,92	106
L-PD	5 a 10	III	19,45	1,30	12,64	12,63	0,86	5,44	3,53	14,01	9,11	0,39	1,23	1,03	126
PPd	0 a 2,5	I	19,35	1,37	6,64	12,34	0,88	5,42	1,86	13,93	4,78	0,39	0,80	0,60	48
PPd	0 a 2,5	II	18,32	1,37	6,28	13,59	0,79	5,35	1,83	12,97	4,45	0,41	1,40	0,69	96
PPd	0 a 2,5	III	19,82	1,37	6,80	12,68	0,71	4,52	1,55	15,30	5,25	0,30	0,84	0,69	58
PPd	0 a 5	I	21,86	1,37	14,99									0,68	0

Continua...



## Continuação do Apêndice 4.

PPd	0 a 5	II	22,72	1,37	15,58										1,23	0
PPd	0 a 5	III	22,62	1,37	15,52										1,20	0
PPd	10 a 20	I	19,28	1,30	25,06	11,68	0,36	2,11	2,75	17,17	22,31	0,12	0,39	1,01	40	
PPd	10 a 20	II	19,60	1,30	25,48	12,09	0,41	2,49	3,24	17,11	22,24	0,15	0,91	1,12	102	
PPd	10 a 20	III	19,82	1,30	25,77	11,56	0,49	2,83	3,68	16,99	22,08	0,17	1,21	1,09	131	
PPd	2,5 a 5	I	18,36	1,37	6,30	11,82	0,53	3,12	1,07	15,24	5,23	0,20	0,46	0,82	38	
PPd	2,5 a 5	II	21,86	1,37	7,50	12,51	0,67	4,19	1,44	17,67	6,06	0,24	1,21	1,22	149	
PPd	2,5 a 5	III	23,03	1,37	7,90	11,91	0,86	5,10	1,75	17,93	6,15	0,28	1,55	1,26	195	
PPd	5 a 10	I	21,26	1,30	13,82	11,77	0,45	2,64	1,72	18,62	12,10	0,14	0,48	0,88	42	
PPd	5 a 10	II	21,79	1,30	14,16	12,15	0,56	3,38	2,19	18,41	11,97	0,18	0,90	1,11	100	
PPd	5 a 10	III	22,74	1,30	14,78	11,52	0,64	3,66	2,38	19,08	12,40	0,19	0,61	1,20	73	
PP+L	0 a 2,5	I	35,34	1,34	11,82	11,30	1,93	10,90	3,65	24,44	8,18	0,45	0,91	1,07	98	
PP+L	0 a 2,5	II	39,90	1,34	13,35	11,01	2,05	11,26	3,77	28,64	9,58	0,39	1,33	1,46	195	
PP+L	0 a 2,5	III	32,66	1,34	10,93	11,19	2,33	13,04	4,36	19,62	6,56	0,66	1,89	1,11	210	
PP+L	0 a 5	I	27,81	1,34	18,61										0,84	0
PP+L	0 a 5	II	28,36	1,34	18,98										1,50	0
PP+L	0 a 5	III	27,16	1,34	18,17										1,41	0
PP+L	10 a 20	I	19,29	1,30	25,08	10,63	0,49	2,60	3,38	16,69	21,70	0,16	0,49	1,01	50	
PP+L	10 a 20	II	17,52	1,30	22,78	10,02	0,55	2,74	3,56	14,78	19,22	0,19	1,16	1,00	116	
PP+L	10 a 20	III	18,80	1,30	24,44	10,07	0,57	2,85	3,71	15,95	20,73	0,18	1,29	1,03	133	
PP+L	2,5 a 5	I	24,88	1,34	8,32	11,24	1,20	6,74	2,26	18,14	6,07	0,37	0,84	1,09	91	
PP+L	2,5 a 5	II	26,51	1,34	8,87	10,48	1,44	7,55	2,53	18,96	6,34	0,40	2,04	1,45	295	
PP+L	2,5 a 5	III	26,23	1,34	8,78	11,30	1,49	8,42	2,82	17,81	5,96	0,47	2,58	1,40	360	
PP+L	5 a 10	I	20,93	1,30	13,60	10,90	0,84	4,60	2,99	16,33	10,62	0,28	0,95	0,87	82	
PP+L	5 a 10	II	21,15	1,30	13,75	9,99	0,81	4,02	2,61	17,13	11,13	0,23	1,16	1,08	125	
PP+L	5 a 10	III	21,77	1,30	14,15	10,31	0,83	4,27	2,78	17,50	11,38	0,24	0,77	1,15	89	
S1P3	0 a 2,5	I	22,04	1,25	6,91	11,57	1,20	6,91	2,17	15,13	4,75	0,46	0,93	0,63	59	
S1P3	0 a 2,5	II	26,73	1,25	8,39	10,77	1,60	8,61	2,70	18,12	5,69	0,48	1,61	0,92	148	
S1P3	0 a 2,5	III	25,44	1,25	7,98	10,88	1,18	6,40	2,01	19,04	5,97	0,34	0,96	0,81	77	
S1P3	0 a 5	I	21,14	1,25	13,26										0,60	0
S1P3	0 a 5	II	25,60	1,25	16,06										1,27	0
S1P3	0 a 5	III	19,08	1,25	11,97										0,93	0
S1P3	10 a 20	I	17,31	1,30	22,50	9,84	0,57	2,81	3,65	14,50	18,85	0,19	0,61	0,91	56	
S1P3	10 a 20	II	18,57	1,30	24,14	10,02	0,62	3,08	4,00	15,49	20,14	0,20	1,25	1,06	132	
S1P3	10 a 20	III	17,02	1,30	22,13	10,16	0,63	3,21	4,17	13,81	17,95	0,23	1,68	0,93	157	
S1P3	2,5 a 5	I	21,69	1,25	6,80	10,74	1,00	5,39	1,69	16,30	5,12	0,33	0,75	0,89	66	
S1P3	2,5 a 5	II	23,60	1,25	7,40	11,15	1,13	6,32	1,98	17,28	5,42	0,37	1,87	1,21	226	
S1P3	2,5 a 5	III	22,06	1,25	6,92	10,57	0,82	4,34	1,36	17,72	5,56	0,24	1,33	1,10	147	
S1P3	5 a 10	I	18,93	1,30	12,30	10,44	0,76	3,99	2,59	14,94	9,71	0,27	0,90	0,79	71	
S1P3	5 a 10	II	21,30	1,30	13,85	10,78	0,87	4,68	3,04	16,62	10,80	0,28	1,39	1,09	151	
S1P3	5 a 10	III	18,69	1,30	12,15	10,93	0,89	4,86	3,16	13,83	8,99	0,35	1,12	0,99	110	
S4P4	0 a 2,5	I	18,91	1,31	6,19	11,53	1,10	6,33	2,07	12,58	4,12	0,50	1,03	0,56	58	
S4P4	0 a 2,5	II	25,99	1,31	8,51	12,66	1,62	10,28	3,37	15,71	5,15	0,65	2,22	0,93	207	
S4P4	0 a 2,5	III	21,07	1,31	6,90	12,09	0,95	5,75	1,89	15,32	5,02	0,38	1,07	0,70	75	
S4P4	0 a 5	I	19,83	1,31	12,99										0,59	0
S4P4	0 a 5	II	28,59	1,31	18,73										1,48	0
S4P4	0 a 5	III	22,89	1,31	14,99										1,16	0
S4P4	10 a 20	I	17,01	1,30	22,11	10,75	0,41	2,21	2,87	14,80	19,24	0,15	0,47	0,89	42	
S4P4	10 a 20	II	18,95	1,30	24,64	11,13	0,59	3,29	4,28	15,66	20,36	0,21	1,32	1,08	143	
S4P4	10 a 20	III	16,39	1,30	21,31	11,07	0,50	2,79	3,63	13,60	17,68	0,21	1,48	0,90	133	
S4P4	2,5 a 5	I	19,03	1,31	6,23	11,76	1,10	6,44	2,11	12,59	4,13	0,51	1,16	0,81	94	
S4P4	2,5 a 5	II	19,77	1,31	6,48	12,13	0,98	5,97	1,95	13,80	4,52	0,43	2,21	1,06	234	

Continua...

Continuação do Apêndice 4.

S4P4	2,5 a 5	III	17,89	1,31	5,86	11,65	0,80	4,64	1,52	13,25	4,34	0,35	1,91	0,93	178
S4P4	5 a 10	I	17,14	1,30	11,14	10,86	0,62	3,39	2,20	13,75	8,94	0,25	0,83	0,71	59
S4P4	5 a 10	II	19,11	1,30	12,42	11,12	0,78	4,34	2,82	14,77	9,60	0,29	1,45	0,97	141
S4P4	5 a 10	III	18,44	1,30	11,99	11,30	0,57	3,23	2,10	15,21	9,89	0,21	0,67	0,97	66
VN	0 a 2,5	I	46,67	0,94	11,02	12,15	2,52	15,32	3,62	31,35	7,40	0,49	1,00	1,00	100
VN	0 a 2,5	II	38,69	0,94	9,13	10,56	1,67	8,82	2,08	29,87	7,05	0,30	1,00	1,00	100
VN	0 a 2,5	III	41,74	0,94	9,86	11,18	1,94	10,86	2,56	30,88	7,29	0,35	1,00	1,00	100
VN	0 a 5	I	46,89	0,94	22,14									1,00	0
VN	0 a 5	II	26,84	0,94	12,67									1,00	0
VN	0 a 5	III	27,34	0,94	12,91									1,00	0
VN	10 a 20	I	19,02	1,30	24,73	10,12	0,90	4,56	5,93	14,46	18,79	0,32	1,00	1,00	100
VN	10 a 20	II	17,50	1,30	22,75	9,42	0,51	2,41	3,13	15,09	19,62	0,16	1,00	1,00	100
VN	10 a 20	III	18,24	1,30	23,71	9,51	0,47	2,22	2,88	16,02	20,83	0,14	1,00	1,00	100
VN	2,5 a 5	I	32,49	0,94	7,67	11,33	1,76	9,95	2,35	22,54	5,32	0,44	1,00	1,00	100
VN	2,5 a 5	II	25,95	0,94	6,13	10,99	0,77	4,24	1,00	21,71	5,13	0,20	1,00	1,00	100
VN	2,5 a 5	III	26,62	0,94	6,29	10,98	0,75	4,13	0,98	22,49	5,31	0,18	1,00	1,00	100
VN	5 a 10	I	24,03	1,30	15,62	10,57	1,04	5,50	3,58	18,53	12,04	0,30	1,00	1,00	100
VN	5 a 10	II	19,61	1,30	12,75	10,52	0,63	3,31	2,15	16,30	10,60	0,20	1,00	1,00	100
VN	5 a 10	III	18,93	1,30	12,30	10,81	0,84	4,54	2,95	14,39	9,35	0,32	1,00	1,00	100

Apêndice 5 – Valores observados para a determinação da estabilidade dos agregados em água no experimento de Dourados. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por 2 anos/pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos em plantio direto, PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN= Vegetação natural.

Trat	Rep	Prof	Peneira	replicata a			replicata b		
				Massa Areia	Massa Agregados	%	Massa Areia	Massa Agregados	%
L-PC	I	0 a 5	4,760	0,00	11,71	26,94	0,00	10,77	24,47
L-PC	I	0 a 5	2,000	0,05	6,46	14,86	0,04	7,26	16,49
L-PC	I	0 a 5	1,000	0,11	5,91	13,60	0,13	5,93	13,47
L-PC	I	0 a 5	0,500	0,37	7,11	16,36	0,35	8,74	19,85
L-PC	I	0 a 5	0,250	1,79	5,18	11,92	1,51	4,48	10,18
L-PC	I	0 a 5	0,105	1,09	3,75	8,63	0,87	3,55	8,06
L-PC	I	0 a 5	0,053	0,16	0,99	2,28	0,11	0,80	1,82
L-PC	I	0 a 5	<0,053		2,36	5,43		2,49	5,66
L-PC	I	5 a 10	4,760	0,00	12,93	30,82	0,00	13,02	31,49
L-PC	I	5 a 10	2,000	0,04	5,89	14,04	0,02	6,40	15,48
L-PC	I	5 a 10	1,000	0,10	5,11	12,18	0,20	3,85	9,31
L-PC	I	5 a 10	0,500	0,34	6,51	15,51	0,33	5,63	13,62
L-PC	I	5 a 10	0,250	1,64	4,37	10,41	1,63	4,75	11,49
L-PC	I	5 a 10	0,105	0,71	3,26	7,77	1,23	4,22	10,21
L-PC	I	5 a 10	0,053	0,18	1,09	2,60	0,13	0,63	1,52
L-PC	I	5 a 10	<0,053		2,80	6,67		2,84	6,87
L-PC	I	10 a 20	4,760	0,00	11,20	26,90	0,00	14,81	34,99
L-PC	I	10 a 20	2,000	0,05	7,08	17,01	0,03	6,83	16,14
L-PC	I	10 a 20	1,000	0,09	5,91	14,20	0,11	4,96	11,72
L-PC	I	10 a 20	0,500	0,37	6,11	14,68	0,37	5,60	13,23
L-PC	I	10 a 20	0,250	1,61	5,01	12,03	1,45	4,18	9,87
L-PC	I	10 a 20	0,105	0,88	3,49	8,38	0,69	2,99	7,06
L-PC	I	10 a 20	0,053	0,09	0,78	1,87	0,13	1,03	2,43
L-PC	I	10 a 20	<0,053		2,05	4,92		1,93	4,56
L-PC	II	0 a 5	4,760	0,00	10,62	24,42	0,00	11,08	25,19
L-PC	II	0 a 5	2,000	0,09	9,22	21,20	0,15	7,85	17,84
L-PC	II	0 a 5	1,000	0,13	5,62	12,92	0,15	5,34	12,14
L-PC	II	0 a 5	0,500	0,39	6,73	15,47	0,37	7,53	17,12
L-PC	II	0 a 5	0,250	1,82	4,57	10,51	1,74	6,25	14,21
L-PC	II	0 a 5	0,105	0,92	2,91	6,69	0,53	1,46	3,32
L-PC	II	0 a 5	0,053	0,18	0,96	2,21	0,07	0,62	1,41
L-PC	II	0 a 5	<0,053		2,86	6,58		3,86	8,77
L-PC	II	5 a 10	4,760	0,00	6,60	15,97	0,00	11,01	26,35
L-PC	II	5 a 10	2,000	0,14	6,66	16,12	0,14	8,13	19,45
L-PC	II	5 a 10	1,000	0,15	5,28	12,78	0,11	5,35	12,80
L-PC	II	5 a 10	0,500	0,54	8,32	20,14	0,43	5,89	14,09
L-PC	II	5 a 10	0,250	2,24	6,44	15,59	1,72	4,56	10,91
L-PC	II	5 a 10	0,105	0,97	3,35	8,11	0,98	3,33	7,97
L-PC	II	5 a 10	0,053	0,15	1,07	2,59	0,14	0,82	1,96
L-PC	II	5 a 10	<0,053		3,60	8,71		2,70	6,46
L-PC	II	10 a 20	4,760	0,32	8,94	21,44	0,00	8,57	20,34
L-PC	II	10 a 20	2,000	0,17	8,29	19,88	0,12	8,68	20,60
L-PC	II	10 a 20	1,000	0,08	7,09	17,00	0,16	7,67	18,21
L-PC	II	10 a 20	0,500	0,47	6,92	16,59	0,44	6,71	15,93
L-PC	II	10 a 20	0,250	1,44	3,88	9,30	1,54	4,62	10,97
L-PC	II	10 a 20	0,105	0,85	3,60	8,63	0,85	2,89	6,86
L-PC	II	10 a 20	0,053	0,19	0,83	1,99	0,18	0,78	1,85
L-PC	II	10 a 20	<0,053		2,15	5,16		2,21	5,25
L-PC	III	0 a 5	4,760	0,00	8,85	20,98	0,00	7,81	18,36
L-PC	III	0 a 5	2,000	0,05	5,78	13,70	0,03	8,45	19,87

Continua...

## Continuação do Apêndice 5

L-PC	III	0 a 5	1,000	0,12	5,48	12,99	0,10	5,65	13,28
L-PC	III	0 a 5	0,500	0,50	7,56	17,92	0,45	7,25	17,05
L-PC	III	0 a 5	0,250	2,25	6,59	15,62	2,07	5,50	12,93
L-PC	III	0 a 5	0,105	1,08	3,17	7,52	1,13	3,57	8,39
L-PC	III	0 a 5	0,053	0,31	2,14	5,07	0,24	1,05	2,47
L-PC	III	0 a 5	<0,053		2,61	6,19		3,25	7,64
L-PC	III	5 a 10	4,760	0,00	14,34	34,55	0,00	12,88	31,45
L-PC	III	5 a 10	2,000	0,05	4,82	11,61	0,11	4,70	11,48
L-PC	III	5 a 10	1,000	0,10	3,74	9,01	0,06	3,54	8,64
L-PC	III	5 a 10	0,500	0,43	7,93	19,11	0,41	4,98	12,16
L-PC	III	5 a 10	0,250	1,58	2,92	7,04	2,34	5,83	14,24
L-PC	III	5 a 10	0,105	1,44	3,44	8,29	1,50	4,47	10,92
L-PC	III	5 a 10	0,053	0,23	1,35	3,25	0,25	1,07	2,61
L-PC	III	5 a 10	<0,053		2,96	7,13		3,48	8,50
L-PC	III	10 a 20	4,760	0,00	14,12	34,24	0,00	10,43	24,80
L-PC	III	10 a 20	2,000	0,00	6,06	14,69	0,08	8,85	21,05
L-PC	III	10 a 20	1,000	0,08	4,03	9,77	0,08	5,72	13,60
L-PC	III	10 a 20	0,500	0,38	4,87	11,81	0,38	5,92	14,08
L-PC	III	10 a 20	0,250	1,64	5,19	12,58	1,61	4,87	11,58
L-PC	III	10 a 20	0,105	0,98	4,23	10,26	0,80	3,27	7,78
L-PC	III	10 a 20	0,053	0,10	0,91	2,21	0,11	0,95	2,26
L-PC	III	10 a 20	<0,053		1,83	4,44		2,04	4,85
L-PD	I	0 a 5	4,760	0,00	14,02	32,30	0,00	10,05	23,30
L-PD	I	0 a 5	2,000	0,00	5,37	12,37	0,04	6,27	14,54
L-PD	I	0 a 5	1,000	0,12	4,07	9,38	0,17	4,78	11,08
L-PD	I	0 a 5	0,500	0,33	6,26	14,42	0,30	7,09	16,44
L-PD	I	0 a 5	0,250	1,25	5,30	12,21	1,46	6,31	14,63
L-PD	I	0 a 5	0,105	1,35	4,31	9,93	1,35	4,49	10,41
L-PD	I	0 a 5	0,053	0,09	1,43	3,29	0,27	1,18	2,74
L-PD	I	0 a 5	<0,053		2,65	6,10		2,96	6,86
L-PD	I	5 a 10	4,760	0,00	11,70	27,45	0,00	13,87	31,27
L-PD	I	5 a 10	2,000	0,09	7,83	18,37	0,09	8,30	18,71
L-PD	I	5 a 10	1,000	0,15	5,98	14,03	0,13	4,47	10,08
L-PD	I	5 a 10	0,500	0,27	6,61	15,51	0,27	5,74	12,94
L-PD	I	5 a 10	0,250	1,11	4,24	9,95	1,15	4,92	11,09
L-PD	I	5 a 10	0,105	1,03	2,63	6,17	0,40	3,42	7,71
L-PD	I	5 a 10	0,053	0,26	0,87	2,04	0,19	0,91	2,05
L-PD	I	5 a 10	<0,053		2,76	6,48		2,72	6,13
L-PD	I	10 a 20	4,760	0,00	21,42	49,30	0,00	19,30	43,93
L-PD	I	10 a 20	2,000	0,09	5,29	12,17	0,03	7,99	18,19
L-PD	I	10 a 20	1,000	0,06	3,53	8,12	0,10	4,41	10,04
L-PD	I	10 a 20	0,500	0,23	4,00	9,21	0,25	3,60	8,19
L-PD	I	10 a 20	0,250	0,93	2,69	6,19	0,91	2,81	6,40
L-PD	I	10 a 20	0,105	0,99	2,75	6,33	0,74	2,27	5,17
L-PD	I	10 a 20	0,053	0,23	0,90	2,07	0,15	0,83	1,89
L-PD	I	10 a 20	<0,053		2,87	6,61		2,72	6,19
L-PD	II	0 a 5	4,760	0,00	5,97	14,12	0,00	7,03	16,68
L-PD	II	0 a 5	2,000	0,03	7,67	18,14	0,00	7,30	17,32
L-PD	II	0 a 5	1,000	0,14	4,91	11,61	0,05	4,65	11,03
L-PD	II	0 a 5	0,500	0,42	8,97	21,21	0,31	8,96	21,26
L-PD	II	0 a 5	0,250	1,62	6,61	15,63	1,64	6,93	16,45
L-PD	II	0 a 5	0,105	1,18	4,41	10,43	1,15	3,78	8,97
L-PD	II	0 a 5	0,053	0,25	1,64	3,88	0,21	1,23	2,92
L-PD	II	0 a 5	<0,053		2,11	4,99		2,26	5,36
L-PD	II	5 a 10	4,760	0,00	8,06	19,09	0,00	13,20	30,96
L-PD	II	5 a 10	2,000	-0,01	10,01	23,71	0,11	9,14	21,44
L-PD	II	5 a 10	1,000	0,06	6,60	15,63	0,06	4,83	11,33
L-PD	II	5 a 10	0,500	0,28	6,26	14,83	0,28	5,18	12,15

Continua...

## Continuação do Apêndice 5

L-PD	II	5 a 10	0,250	1,18	4,33	10,26	1,07	3,90	9,15
L-PD	II	5 a 10	0,105	1,35	3,68	8,72	0,95	3,05	7,15
L-PD	II	5 a 10	0,053	0,24	1,02	2,42	0,20	1,06	2,49
L-PD	II	5 a 10	<0,053		2,26	5,35		2,27	5,32
L-PD	II	10 a 20	4,760	0,00	9,65	22,81	0,00	12,44	29,34
L-PD	II	10 a 20	2,000	0,08	8,00	18,91	0,05	7,10	16,75
L-PD	II	10 a 20	1,000	0,07	5,92	14,00	0,12	4,92	11,60
L-PD	II	10 a 20	0,500	0,32	6,91	16,34	0,31	6,49	15,31
L-PD	II	10 a 20	0,250	1,22	4,32	10,21	1,30	4,67	11,01
L-PD	II	10 a 20	0,105	1,09	3,95	9,34	1,07	3,22	7,59
L-PD	II	10 a 20	0,053	0,22	1,15	2,72	0,21	1,15	2,71
L-PD	II	10 a 20	<0,053		2,40	5,67		2,41	5,68
L-PD	III	0 a 5	4,760	0,00	13,76	31,80	0,00	8,92	20,86
L-PD	III	0 a 5	2,000	0,01	6,64	15,35	0,04	7,72	18,05
L-PD	III	0 a 5	1,000	0,17	5,06	11,69	0,16	6,34	14,83
L-PD	III	0 a 5	0,500	0,37	6,58	15,21	0,49	7,62	17,82
L-PD	III	0 a 5	0,250	1,34	3,96	9,15	1,90	5,56	13,00
L-PD	III	0 a 5	0,105	1,46	3,18	7,35	1,28	2,82	6,59
L-PD	III	0 a 5	0,053	0,27	1,08	2,50	0,30	1,10	2,57
L-PD	III	0 a 5	<0,053		3,01	6,96		2,68	6,27
L-PD	III	5 a 10	4,760	0,00	5,77	13,55	0,00	10,38	24,34
L-PD	III	5 a 10	2,000	0,00	8,14	19,11	0,05	7,88	18,48
L-PD	III	5 a 10	1,000	0,13	7,47	17,54	0,32	6,25	14,66
L-PD	III	5 a 10	0,500	0,41	8,86	20,80	0,36	7,37	17,28
L-PD	III	5 a 10	0,250	1,64	5,50	12,91	1,41	4,62	10,83
L-PD	III	5 a 10	0,105	1,17	3,45	8,10	1,13	2,75	6,45
L-PD	III	5 a 10	0,053	0,21	1,01	2,37	0,24	0,84	1,97
L-PD	III	5 a 10	<0,053		2,39	5,61		2,55	5,98
L-PD	III	10 a 20	4,760	0,00	12,18	28,38	0,00	6,40	15,12
L-PD	III	10 a 20	2,000	0,06	9,11	21,23	0,06	7,47	17,65
L-PD	III	10 a 20	1,000	0,19	6,16	14,35	0,14	8,07	19,07
L-PD	III	10 a 20	0,500	0,41	5,46	12,72	0,49	8,57	20,25
L-PD	III	10 a 20	0,250	1,24	3,56	8,29	1,82	5,41	12,78
L-PD	III	10 a 20	0,105	1,09	3,21	7,48	1,28	3,08	7,28
L-PD	III	10 a 20	0,053	0,18	0,81	1,89	0,25	0,82	1,94
L-PD	III	10 a 20	<0,053		2,43	5,66		2,50	5,91
S2P2	I	0 a 5	4,760	0,00	23,16	52,37	0,00	20,06	45,57
S2P2	I	0 a 5	2,000	0,02	7,99	18,07	0,02	8,49	19,29
S2P2	I	0 a 5	1,000	0,13	3,91	8,84	0,12	5,82	13,22
S2P2	I	0 a 5	0,500	0,12	2,81	6,35	0,17	3,25	7,38
S2P2	I	0 a 5	0,250	0,60	1,93	4,36	0,57	1,97	4,48
S2P2	I	0 a 5	0,105	0,57	1,57	3,55	0,57	1,49	3,38
S2P2	I	0 a 5	0,053	0,16	0,55	1,24	0,18	0,56	1,27
S2P2	I	0 a 5	<0,053		2,30	5,20		2,38	5,41
S2P2	I	5 a 10	4,760	0,00	12,91	30,26	0,00	14,23	33,25
S2P2	I	5 a 10	2,000	0,16	8,67	20,32	0,06	8,00	18,69
S2P2	I	5 a 10	1,000	0,15	5,78	13,55	0,15	6,15	14,37
S2P2	I	5 a 10	0,500	0,23	5,74	13,46	0,21	5,10	11,92
S2P2	I	5 a 10	0,250	0,75	2,75	6,45	0,94	3,11	7,27
S2P2	I	5 a 10	0,105	0,86	2,98	6,99	0,82	2,19	5,12
S2P2	I	5 a 10	0,053	0,23	0,83	1,95	0,17	0,89	2,08
S2P2	I	5 a 10	<0,053		3,00	7,03		3,13	7,31
S2P2	I	10 a 20	4,760	0,00	13,11	31,59	0,00	16,77	39,75
S2P2	I	10 a 20	2,000	0,07	8,75	21,08	0,03	7,07	16,76
S2P2	I	10 a 20	1,000	0,12	4,82	11,61	0,14	4,84	11,47
S2P2	I	10 a 20	0,500	0,28	5,44	13,11	0,22	4,01	9,50
S2P2	I	10 a 20	0,250	0,90	3,24	7,81	0,76	2,92	6,92
S2P2	I	10 a 20	0,105	0,81	2,34	5,64	0,74	2,63	6,23
S2P2	I	10 a 20	0,053	0,23	0,89	2,14	0,25	1,19	2,82

Continua...

## Continuação do Apêndice 5

S2P2	I	10 a 20	<0,053		2,91	7,01		2,76	6,54
S2P2	II	0 a 5	4,760	0,00	21,85	49,55	0,00	24,43	55,06
S2P2	II	0 a 5	2,000	0,00	7,53	17,07	0,07	7,36	16,59
S2P2	II	0 a 5	1,000	0,10	4,60	10,43	0,06	4,26	9,60
S2P2	II	0 a 5	0,500	0,23	3,76	8,53	0,18	2,73	6,15
S2P2	II	0 a 5	0,250	0,66	2,54	5,76	0,59	2,19	4,94
S2P2	II	0 a 5	0,105	0,54	1,43	3,24	0,48	1,00	2,25
S2P2	II	0 a 5	0,053	0,12	0,44	1,00	0,13	0,38	0,86
S2P2	II	0 a 5	<0,053		1,95	4,42		2,02	4,55
S2P2	II	5 a 10	4,760	0,00	22,63	52,58	0,00	20,26	47,45
S2P2	II	5 a 10	2,000	0,03	8,42	19,56	0,03	6,83	16,00
S2P2	II	5 a 10	1,000	0,13	3,53	8,20	0,16	4,25	9,95
S2P2	II	5 a 10	0,500	0,21	2,05	4,76	0,20	3,24	7,59
S2P2	II	5 a 10	0,250	0,55	1,45	3,37	0,78	2,64	6,18
S2P2	II	5 a 10	0,105	0,56	1,38	3,21	0,75	2,05	4,80
S2P2	II	5 a 10	0,053	0,17	0,80	1,86	0,21	0,82	1,92
S2P2	II	5 a 10	<0,053		2,78	6,46		2,61	6,11
S2P2	II	10 a 20	4,760	0,00	14,04	32,43	0,00	16,82	38,72
S2P2	II	10 a 20	2,000	0,04	9,00	20,79	0,00	8,17	18,81
S2P2	II	10 a 20	1,000	0,13	5,34	12,34	0,18	4,83	11,12
S2P2	II	10 a 20	0,500	0,30	4,88	11,27	0,29	3,88	8,93
S2P2	II	10 a 20	0,250	0,86	3,01	6,95	0,91	3,35	7,71
S2P2	II	10 a 20	0,105	1,01	3,37	7,78	0,81	2,73	6,28
S2P2	II	10 a 20	0,053	0,23	0,95	2,19	0,23	0,95	2,19
S2P2	II	10 a 20	<0,053		2,70	6,24		2,71	6,24
S2P2	III	0 a 5	4,760	0,00	21,39	48,30	0,00	19,83	44,83
S2P2	III	0 a 5	2,000	0,05	8,87	20,03	0,09	7,64	17,27
S2P2	III	0 a 5	1,000	0,06	4,16	9,39	0,04	3,59	8,12
S2P2	III	0 a 5	0,500	0,22	3,67	8,29	0,27	4,85	10,97
S2P2	III	0 a 5	0,250	0,65	2,30	5,19	0,85	3,72	8,41
S2P2	III	0 a 5	0,105	0,50	1,49	3,36	0,72	2,09	4,73
S2P2	III	0 a 5	0,053	0,15	0,63	1,42	0,16	0,65	1,47
S2P2	III	0 a 5	<0,053		1,78	4,02		1,86	4,21
S2P2	III	5 a 10	4,760	0,00	16,34	37,82	0,00	20,36	46,86
S2P2	III	5 a 10	2,000	0,02	9,12	21,11	0,05	7,22	16,62
S2P2	III	5 a 10	1,000	0,13	5,16	11,94	0,10	4,54	10,45
S2P2	III	5 a 10	0,500	0,29	4,23	9,79	0,24	3,35	7,71
S2P2	III	5 a 10	0,250	0,74	2,51	5,81	0,81	2,74	6,31
S2P2	III	5 a 10	0,105	0,93	2,44	5,65	0,67	2,02	4,65
S2P2	III	5 a 10	0,053	0,23	0,87	2,01	0,18	0,75	1,73
S2P2	III	5 a 10	<0,053		2,53	5,86		2,47	5,68
S2P2	III	10 a 20	4,760	0,00	12,73	29,50	0,00	17,43	40,99
S2P2	III	10 a 20	2,000	0,10	10,38	24,06	0,04	7,72	18,16
S2P2	III	10 a 20	1,000	0,17	6,01	13,93	0,14	5,08	11,95
S2P2	III	10 a 20	0,500	0,29	4,42	10,24	-0,65	4,25	10,00
S2P2	III	10 a 20	0,250	0,95	4,26	9,87	0,89	3,18	7,48
S2P2	III	10 a 20	0,105	0,77	2,38	5,52	0,69	2,04	4,80
S2P2	III	10 a 20	0,053	0,18	0,73	1,69	0,21	0,69	1,62
S2P2	III	10 a 20	<0,053		2,24	5,19		2,13	5,01
PPd	I	0 a 5	4,760	0,00	20,06	44,31	0,00	19,00	42,07
PPd	I	0 a 5	2,000	0,02	10,73	23,70	0,18	10,19	22,56
PPd	I	0 a 5	1,000	0,19	5,39	11,91	0,27	5,97	13,22
PPd	I	0 a 5	0,500	0,22	3,88	8,57	0,33	4,35	9,63
PPd	I	0 a 5	0,250	0,22	1,72	3,80	0,36	2,30	5,09
PPd	I	0 a 5	0,105	0,29	1,35	2,98	0,33	1,23	2,72
PPd	I	0 a 5	0,053	0,11	0,45	0,99	0,17	0,45	1,00
PPd	I	0 a 5	<0,053		1,69	3,73		1,67	3,70
PPd	I	5 a 10	4,760	0,00	18,14	40,79	0,00	18,09	40,61
PPd	I	5 a 10	2,000	0,13	7,13	16,03	0,14	8,03	18,02

Continua...

## Continuação do Apêndice 5

PPd	I	5 a 10	1,000	0,22	4,35	9,78	0,15	5,33	11,96
PPd	I	5 a 10	0,500	0,18	5,56	12,50	0,19	4,57	10,26
PPd	I	5 a 10	0,250	0,25	3,59	8,07	0,27	3,34	7,50
PPd	I	5 a 10	0,105	0,35	3,02	6,79	0,35	2,67	5,99
PPd	I	5 a 10	0,053	0,08	0,75	1,69	0,08	0,69	1,55
PPd	I	5 a 10	<0,053		1,93	4,34		1,83	4,11
PPd	I	10 a 20	4,760	0,00	20,80	47,68	0,00	21,80	49,66
PPd	I	10 a 20	2,000	0,07	6,13	14,05	0,10	8,84	20,14
PPd	I	10 a 20	1,000	0,12	3,17	7,27	0,17	3,54	8,06
PPd	I	10 a 20	0,500	0,15	3,83	8,78	0,14	2,76	6,29
PPd	I	10 a 20	0,250	0,32	3,48	7,98	0,21	1,88	4,28
PPd	I	10 a 20	0,105	0,37	3,18	7,29	0,32	2,16	4,92
PPd	I	10 a 20	0,053	0,11	0,78	1,79	0,11	0,77	1,75
PPd	I	10 a 20	<0,053		2,25	5,16		2,15	4,90
PPd	II	0 a 5	4,760	0,00	14,27	32,05	0,00	16,79	37,54
PPd	II	0 a 5	2,000	0,12	11,19	25,13	0,07	9,00	20,13
PPd	II	0 a 5	1,000	0,21	5,43	12,20	0,13	5,17	11,56
PPd	II	0 a 5	0,500	0,23	6,17	13,86	0,22	5,50	12,30
PPd	II	0 a 5	0,250	0,45	4,09	9,19	0,40	4,59	10,26
PPd	II	0 a 5	0,105	0,36	1,54	3,46	0,45	1,81	4,05
PPd	II	0 a 5	0,053	0,06	0,31	0,70	0,09	0,42	0,94
PPd	II	0 a 5	<0,053		1,52	3,41		1,44	3,22
PPd	II	5 a 10	4,760	0,00	26,48	58,02	0,00	22,40	49,14
PPd	II	5 a 10	2,000	0,18	6,63	14,53	0,13	7,60	16,67
PPd	II	5 a 10	1,000	0,13	3,72	8,15	0,22	3,66	8,03
PPd	II	5 a 10	0,500	0,19	3,05	6,68	0,23	4,32	9,48
PPd	II	5 a 10	0,250	0,32	1,99	4,36	0,32	2,60	5,70
PPd	II	5 a 10	0,105	0,28	1,45	3,18	0,44	2,34	5,13
PPd	II	5 a 10	0,053	0,09	0,54	1,18	0,07	0,61	1,34
PPd	II	5 a 10	<0,053		1,78	3,90		2,05	4,50
PPd	II	10 a 20	4,760	0,00	21,63	48,41	0,00	20,84	46,56
PPd	II	10 a 20	2,000	0,05	6,45	14,44	0,03	5,99	13,38
PPd	II	10 a 20	1,000	0,18	3,56	7,97	0,13	4,23	9,45
PPd	II	10 a 20	0,500	0,18	4,14	9,27	0,19	4,26	9,52
PPd	II	10 a 20	0,250	0,43	3,19	7,14	0,38	3,54	7,91
PPd	II	10 a 20	0,105	0,41	2,91	6,51	0,44	2,94	6,57
PPd	II	10 a 20	0,053	0,07	0,76	1,70	0,07	0,79	1,76
PPd	II	10 a 20	<0,053		2,04	4,57		2,17	4,85
PPd	III	0 a 5	4,760	0,00	21,66	48,95	0,00	17,39	39,73
PPd	III	0 a 5	2,000	0,00	5,71	12,90	0,22	11,12	25,41
PPd	III	0 a 5	1,000	0,18	3,78	8,54	0,22	4,75	10,85
PPd	III	0 a 5	0,500	0,26	5,02	11,34	0,22	3,80	8,68
PPd	III	0 a 5	0,250	0,51	3,84	8,68	0,35	2,44	5,57
PPd	III	0 a 5	0,105	0,39	1,98	4,47	0,44	1,96	4,48
PPd	III	0 a 5	0,053	0,09	0,59	1,33	0,09	0,53	1,21
PPd	III	0 a 5	<0,053		1,67	3,77		1,78	4,07
PPd	III	5 a 10	4,760	0,00	18,77	42,48	0,00	17,68	39,90
PPd	III	5 a 10	2,000	0,14	5,80	13,13	0,08	5,94	13,41
PPd	III	5 a 10	1,000	0,24	4,02	9,10	0,22	3,82	8,62
PPd	III	5 a 10	0,500	0,26	4,98	11,27	0,25	4,40	9,93
PPd	III	5 a 10	0,250	0,47	4,07	9,21	0,62	4,62	10,43
PPd	III	5 a 10	0,105	0,46	3,41	7,72	0,43	4,29	9,68
PPd	III	5 a 10	0,053	0,10	1,17	2,65	0,08	1,24	2,80
PPd	III	5 a 10	<0,053		1,97	4,46		2,32	5,24
PPd	III	10 a 20	4,760	0,00	19,09	42,99	0,00	17,94	39,74
PPd	III	10 a 20	2,000	0,33	5,62	12,65	0,05	7,18	15,91
PPd	III	10 a 20	1,000	0,19	3,57	8,04	0,24	4,75	10,52
PPd	III	10 a 20	0,500	0,25	4,11	9,25	0,27	5,02	11,12

Continua...

## Continuação do Apêndice 5

PPd	III	10 a 20	0,250	0,44	4,59	10,34	0,41	3,32	7,35
PPd	III	10 a 20	0,105	0,39	3,91	8,80	0,43	3,59	7,95
PPd	III	10 a 20	0,053	0,05	1,14	2,57	0,10	0,84	1,86
PPd	III	10 a 20	<0,053		2,38	5,36		2,50	5,54
VN	I	0 a 5	4,760	0,00	7,33	16,76	0,00	8,04	18,56
VN	I	0 a 5	2,000	0,01	7,14	16,33	0,07	8,67	20,01
VN	I	0 a 5	1,000	0,39	5,81	13,29	0,50	6,54	15,10
VN	I	0 a 5	0,500	1,55	9,57	21,88	1,43	8,41	19,41
VN	I	0 a 5	0,250	1,50	7,48	17,10	1,84	6,48	14,96
VN	I	0 a 5	0,105	1,03	4,30	9,83	0,89	3,49	8,06
VN	I	0 a 5	0,053	0,05	0,84	1,92	0,18	0,58	1,34
VN	I	0 a 5	<0,053		1,26	2,88		1,11	2,56
VN	I	5 a 10	4,760	0,00	10,15	23,64	0,00	11,65	27,16
VN	I	5 a 10	2,000	0,08	8,73	20,34	0,17	9,16	21,35
VN	I	5 a 10	1,000	0,37	5,62	13,09	0,46	6,73	15,69
VN	I	5 a 10	0,500	1,15	7,02	16,35	1,20	6,20	14,45
VN	I	5 a 10	0,250	1,18	5,74	13,37	1,24	4,40	10,26
VN	I	5 a 10	0,105	1,07	3,89	9,06	0,94	3,34	7,79
VN	I	5 a 10	0,053	0,10	0,78	1,82	0,09	0,50	1,17
VN	I	5 a 10	<0,053		1,00	2,33		0,92	2,14
VN	I	10 a 20	4,760	0,00	9,55	23,03	0,00	8,09	19,48
VN	I	10 a 20	2,000	0,25	8,14	19,63	0,23	8,12	19,55
VN	I	10 a 20	1,000	0,54	5,95	14,35	0,47	6,96	16,76
VN	I	10 a 20	0,500	1,27	6,06	14,62	1,28	6,26	15,07
VN	I	10 a 20	0,250	1,12	5,04	12,16	1,13	5,53	13,32
VN	I	10 a 20	0,105	1,03	4,38	10,56	0,92	4,31	10,38
VN	I	10 a 20	0,053	0,03	0,93	2,24	0,11	0,81	1,95
VN	I	10 a 20	<0,053		1,41	3,40		1,45	3,49
VN	II	0 a 5	4,760	0,00	11,43	27,06	0,00	10,22	24,30
VN	II	0 a 5	2,000	0,08	6,99	16,55	0,20	7,45	17,72
VN	II	0 a 5	1,000	0,31	6,53	15,46	0,38	5,58	13,27
VN	II	0 a 5	0,500	1,30	8,32	19,70	1,28	7,73	18,38
VN	II	0 a 5	0,250	1,46	5,13	12,14	1,41	5,35	12,72
VN	II	0 a 5	0,105	0,64	2,46	5,82	1,07	4,19	9,96
VN	II	0 a 5	0,053	0,06	0,46	1,09	0,14	0,49	1,17
VN	II	0 a 5	<0,053		0,92	2,18		1,04	2,47
VN	II	5 a 10	4,760	0,00	22,22	52,89	0,00	19,49	46,60
VN	II	5 a 10	2,000	0,14	7,13	16,97	0,14	8,39	20,06
VN	II	5 a 10	1,000	0,25	3,63	8,64	0,32	3,69	8,82
VN	II	5 a 10	0,500	0,75	3,44	8,19	0,66	3,52	8,42
VN	II	5 a 10	0,250	0,76	2,49	5,93	0,74	2,98	7,13
VN	II	5 a 10	0,105	0,43	1,60	3,81	0,61	2,07	4,95
VN	II	5 a 10	0,053	0,05	0,41	0,98	0,07	0,52	1,24
VN	II	5 a 10	<0,053		1,09	2,59		1,16	2,77
VN	II	10 a 20	4,760	0,00	18,91	45,51	0,00	18,55	44,36
VN	II	10 a 20	2,000	0,14	7,45	17,93	0,05	7,98	19,08
VN	II	10 a 20	1,000	0,23	4,55	10,95	0,27	3,83	9,16
VN	II	10 a 20	0,500	0,76	3,50	8,42	0,72	3,29	7,87
VN	II	10 a 20	0,250	0,78	2,78	6,69	0,72	2,81	6,72
VN	II	10 a 20	0,105	0,49	2,47	5,94	0,74	3,07	7,34
VN	II	10 a 20	0,053	0,11	0,63	1,52	0,07	0,75	1,79
VN	II	10 a 20	<0,053		1,26	3,03		1,54	3,68
VN	III	0 a 5	4,760	0,00	12,46	29,46	0,00	13,70	31,79
VN	III	0 a 5	2,000	0,16	6,85	16,20	0,11	8,63	20,03
VN	III	0 a 5	1,000	0,28	5,06	11,97	0,27	5,04	11,70
VN	III	0 a 5	0,500	1,07	7,36	17,40	-0,12	6,36	14,76
VN	III	0 a 5	0,250	1,43	6,06	14,33	0,96	4,93	11,44
VN	III	0 a 5	0,105	0,71	3,03	7,16	0,62	2,78	6,45
VN	III	0 a 5	0,053	0,14	0,46	1,09	0,14	0,44	1,02

Continua...



## Continuação do Apêndice 5

VN	III	0 a 5	<0,053		1,01	2,39		1,21	2,81
VN	III	5 a 10	4,760	0,00	16,67	39,13	0,00	14,47	34,55
VN	III	5 a 10	2,000	0,13	8,05	18,90	0,11	7,90	18,86
VN	III	5 a 10	1,000	0,28	4,54	10,66	0,35	4,17	9,96
VN	III	5 a 10	0,500	1,14	4,65	10,92	1,08	5,24	12,51
VN	III	5 a 10	0,250	1,12	4,07	9,55	1,07	4,37	10,43
VN	III	5 a 10	0,105	0,67	2,59	6,08	1,08	3,82	9,12
VN	III	5 a 10	0,053	0,11	0,69	1,62	0,18	0,73	1,74
VN	III	5 a 10	<0,053		1,34	3,15		1,18	2,82
VN	III	10 a 20	4,760	-0,01	15,66	36,28	0,00	18,20	41,11
VN	III	10 a 20	2,000	0,03	8,65	20,04	0,09	6,68	15,09
VN	III	10 a 20	1,000	0,27	5,32	12,32	0,21	4,45	10,05
VN	III	10 a 20	0,500	0,83	4,66	10,79	0,92	4,68	10,57
VN	III	10 a 20	0,250	0,89	3,98	9,22	0,95	4,24	9,58
VN	III	10 a 20	0,105	0,59	3,08	7,13	0,66	2,91	6,57
VN	III	10 a 20	0,053	0,05	0,58	1,34	0,04	0,61	1,38
VN	III	10 a 20	<0,053		1,24	2,87		2,50	5,65

Apêndice 6 – Valores observados para a determinação da estabilidade dos agregados em água no experimento de Maracaju. L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2d = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos, S2P2b = rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. brizantha*) por 2 anos, PPd = pastagem permanente (*B. decumbens*), PPb = pastagem permanente (*B. brizantha*) e VN = vegetação natural.

Trat	Rep	Prof	Peneira	replicata a			replicata b		
				Massa Areia	Massa Agregados	%	Massa Areia	Massa Agregados	%
L-PD	I	0 a 5	4,760	0,00	5,01	12,43	0,00	4,29	10,03
L-PD	I	0 a 5	2,000	-0,01	5,65	14,02	0,04	7,12	16,65
L-PD	I	0 a 5	1,000	0,09	6,41	15,90	0,17	9,13	21,35
L-PD	I	0 a 5	0,500	1,59	10,23	25,38	1,10	11,12	26,00
L-PD	I	0 a 5	0,250	3,47	6,34	15,73	3,03	5,73	13,40
L-PD	I	0 a 5	0,105	2,19	3,65	9,05	1,05	2,27	5,31
L-PD	I	0 a 5	0,053	0,15	0,99	2,46	0,06	0,88	2,06
L-PD	I	0 a 5	<0,053		2,03	5,04		2,23	5,21
L-PD	I	5 a 10	4,760	0,00	10,22	24,09	0,00	10,21	23,71
L-PD	I	5 a 10	2,000	0,02	11,83	27,88	0,06	11,81	27,42
L-PD	I	5 a 10	1,000	0,09	8,54	20,13	0,12	8,87	20,59
L-PD	I	5 a 10	0,500	1,63	5,20	12,26	1,09	5,64	13,09
L-PD	I	5 a 10	0,250	1,80	2,71	6,39	1,82	2,66	6,18
L-PD	I	5 a 10	0,105	0,73	1,67	3,94	0,81	1,66	3,85
L-PD	I	5 a 10	0,053	0,07	0,52	1,23	-0,01	0,60	1,39
L-PD	I	5 a 10	<0,053		1,74	4,10		1,62	3,76
L-PD	I	10 a 20	4,760	0,00	19,01	45,06	-0,37	17,49	40,45
L-PD	I	10 a 20	2,000	0,01	8,73	20,69	0,05	9,59	22,18
L-PD	I	10 a 20	1,000	0,10	4,51	10,69	0,11	5,32	12,30
L-PD	I	10 a 20	0,500	0,95	3,29	7,80	0,86	3,93	9,09
L-PD	I	10 a 20	0,250	1,44	2,15	5,10	1,51	2,81	6,50
L-PD	I	10 a 20	0,105	1,05	2,18	5,17	0,79	1,63	3,77
L-PD	I	10 a 20	0,053	0,08	0,61	1,45	0,03	0,71	1,64
L-PD	I	10 a 20	<0,053		1,71	4,05		1,76	4,07
L-PD	II	0 a 5	4,760	0,00	8,19	19,63	0,00	8,91	21,62
L-PD	II	0 a 5	2,000	0,11	9,76	23,39	0,01	8,63	20,94
L-PD	II	0 a 5	1,000	0,12	8,64	20,71	0,06	7,39	17,93
L-PD	II	0 a 5	0,500	1,35	6,91	16,56	1,42	7,75	18,80
L-PD	II	0 a 5	0,250	2,53	3,83	9,18	2,74	3,84	9,32
L-PD	II	0 a 5	0,105	1,11	1,90	4,55	1,19	2,17	5,26
L-PD	II	0 a 5	0,053	0,08	0,56	1,34	0,09	0,59	1,43
L-PD	II	0 a 5	<0,053		1,93	4,63		1,94	4,71
L-PD	II	5 a 10	4,760	0,00	13,61	31,70	0,00	11,68	27,26
L-PD	II	5 a 10	2,000	0,02	10,86	25,29	0,03	11,09	25,89
L-PD	II	5 a 10	1,000	0,03	7,05	16,42	0,13	7,51	17,53
L-PD	II	5 a 10	0,500	0,99	4,10	9,55	1,03	5,51	12,86
L-PD	II	5 a 10	0,250	1,68	2,50	5,82	1,79	2,78	6,49
L-PD	II	5 a 10	0,105	0,99	2,13	4,96	0,76	1,80	4,20
L-PD	II	5 a 10	0,053	0,08	0,62	1,44	0,08	0,58	1,35
L-PD	II	5 a 10	<0,053		2,07	4,82		1,89	4,41
L-PD	II	10 a 20	4,760	0,00	16,71	39,30	0,00	14,33	33,72
L-PD	II	10 a 20	2,000	0,03	11,85	27,87	0,13	9,18	21,60
L-PD	II	10 a 20	1,000	0,13	4,05	9,52	0,16	6,42	15,11
L-PD	II	10 a 20	0,500	0,90	3,41	8,02	1,07	6,13	14,42
L-PD	II	10 a 20	0,250	1,46	2,23	5,24	1,57	2,98	7,01
L-PD	II	10 a 20	0,105	0,88	2,24	5,27	0,53	1,51	3,55
L-PD	II	10 a 20	0,053	0,03	0,52	1,22	0,01	0,51	1,20
L-PD	II	10 a 20	<0,053		1,51	3,55		1,44	3,39

Continua....

## Continuação do Apêndice 6

L-PD	III	0 a 5	4,760	0,00	6,06	14,93	0,00	5,21	12,91
L-PD	III	0 a 5	2,000	0,07	8,30	20,45	0,01	6,83	16,93
L-PD	III	0 a 5	1,000	0,16	6,42	15,82	0,15	5,69	14,10
L-PD	III	0 a 5	0,500	1,63	8,43	20,77	1,56	9,27	22,97
L-PD	III	0 a 5	0,250	3,13	5,35	13,18	3,54	6,70	16,60
L-PD	III	0 a 5	0,105	1,82	3,25	8,01	1,59	3,62	8,97
L-PD	III	0 a 5	0,053	0,06	0,77	1,90	0,04	1,01	2,50
L-PD	III	0 a 5	<0,053		2,01	4,95		2,02	5,01
L-PD	III	5 a 10	4,760	0,00	17,28	41,03	0,00	15,37	36,53
L-PD	III	5 a 10	2,000	0,04	7,95	18,87	0,10	7,44	17,68
L-PD	III	5 a 10	1,000	0,13	4,16	9,88	0,09	5,38	12,79
L-PD	III	5 a 10	0,500	0,95	4,73	11,23	1,16	5,37	12,76
L-PD	III	5 a 10	0,250	1,79	3,66	8,69	1,83	3,36	7,98
L-PD	III	5 a 10	0,105	0,92	2,01	4,77	0,96	2,66	6,32
L-PD	III	5 a 10	0,053	0,12	0,66	1,57	0,11	0,72	1,71
L-PD	III	5 a 10	<0,053		1,67	3,96		1,78	4,23
L-PD	III	10 a 20	4,760	0,12	16,87	39,46	0,00	15,91	36,87
L-PD	III	10 a 20	2,000	-0,01	7,71	18,04	0,06	6,56	15,20
L-PD	III	10 a 20	1,000	0,10	5,20	12,16	0,09	5,83	13,51
L-PD	III	10 a 20	0,500	1,03	5,65	13,22	1,25	5,99	13,88
L-PD	III	10 a 20	0,250	1,68	3,00	7,02	1,83	3,60	8,34
L-PD	III	10 a 20	0,105	0,96	2,21	5,17	0,35	3,18	7,37
L-PD	III	10 a 20	0,053	0,08	0,62	1,45	0,10	0,59	1,37
L-PD	III	10 a 20	<0,053		1,49	3,49		1,49	3,45
S2P2d	I	0 a 5	4,760	0,00	20,42	47,41	0,00	21,10	48,07
S2P2d	I	0 a 5	2,000	0,13	7,25	16,83	0,06	7,34	16,72
S2P2d	I	0 a 5	1,000	0,09	4,27	9,91	0,08	5,00	11,39
S2P2d	I	0 a 5	0,500	1,00	4,49	10,42	0,89	3,93	8,95
S2P2d	I	0 a 5	0,250	1,72	3,00	6,97	1,70	2,98	6,79
S2P2d	I	0 a 5	0,105	1,03	1,72	3,99	0,79	1,50	3,42
S2P2d	I	0 a 5	0,053	0,12	0,51	1,18	0,04	0,55	1,25
S2P2d	I	0 a 5	<0,053		1,41	3,27		1,49	3,39
S2P2d	I	5 a 10	4,760	0,00	18,74	43,52	0,00	20,14	46,95
S2P2d	I	5 a 10	2,000	0,05	8,95	20,78	0,10	8,78	20,47
S2P2d	I	5 a 10	1,000	0,13	5,12	11,89	0,11	4,78	11,14
S2P2d	I	5 a 10	0,500	0,94	4,13	9,59	0,86	3,05	7,11
S2P2d	I	5 a 10	0,250	1,38	2,36	5,48	1,56	2,36	5,50
S2P2d	I	5 a 10	0,105	0,74	1,53	3,55	0,77	1,70	3,96
S2P2d	I	5 a 10	0,053	0,06	0,50	1,16	0,10	0,55	1,28
S2P2d	I	5 a 10	<0,053		1,73	4,02		1,54	3,59
S2P2d	I	10 a 20	4,760	0,00	21,64	50,05	0,00	20,45	47,94
S2P2d	I	10 a 20	2,000	0,07	6,62	15,31	0,13	6,28	14,72
S2P2d	I	10 a 20	1,000	0,14	4,28	9,90	0,11	3,93	9,21
S2P2d	I	10 a 20	0,500	0,94	3,47	8,02	0,99	3,90	9,14
S2P2d	I	10 a 20	0,250	1,52	2,72	6,29	1,94	3,28	7,69
S2P2d	I	10 a 20	0,105	1,04	2,38	5,50	0,98	2,58	6,05
S2P2d	I	10 a 20	0,053	0,05	0,54	1,25	0,14	0,65	1,52
S2P2d	I	10 a 20	<0,053		1,59	3,68		1,59	3,73
S2P2d	II	0 a 5	4,760	0,00	18,78	42,35	0,00	18,06	42,14
S2P2d	II	0 a 5	2,000	0,04	10,80	24,36	0,09	7,05	16,45
S2P2d	II	0 a 5	1,000	0,10	5,18	11,68	0,19	5,87	13,70
S2P2d	II	0 a 5	0,500	0,71	4,90	11,05	0,99	5,37	12,53
S2P2d	II	0 a 5	0,250	1,16	1,75	3,95	1,83	3,67	8,56
S2P2d	II	0 a 5	0,105	0,00	0,36	0,81	0,87	1,26	2,94
S2P2d	II	0 a 5	0,053	0,48	1,30	2,93	0,06	0,36	0,84
S2P2d	II	0 a 5	<0,053		1,27	2,86		1,22	2,85
S2P2d	II	5 a 10	4,760	0,00	22,44	50,78	0,00	24,52	55,46
S2P2d	II	5 a 10	2,000	0,05	8,58	19,42	0,08	8,02	18,14
S2P2d	II	5 a 10	1,000	0,16	4,06	9,19	0,08	4,15	9,39

Continua...

## Continuação do Apêndice 6

S2P2d	II	5 a 10	0,500	0,87	3,72	8,42	0,74	2,91	6,58
S2P2d	II	5 a 10	0,250	1,17	1,95	4,41	1,22	1,77	4,00
S2P2d	II	5 a 10	0,105	0,60	1,53	3,46	0,46	1,10	2,49
S2P2d	II	5 a 10	0,053	0,03	0,37	0,84	0,08	0,34	0,77
S2P2d	II	5 a 10	<0,053		1,54	3,48		1,40	3,17
S2P2d	II	10 a 20	4,760	0,00	23,48	52,60	0,00	23,30	53,06
S2P2d	II	10 a 20	2,000	0,00	8,04	18,01	0,00	6,70	15,26
S2P2d	II	10 a 20	1,000	0,04	4,11	9,21	0,10	3,83	8,72
S2P2d	II	10 a 20	0,500	0,80	3,88	8,69	0,84	3,65	8,31
S2P2d	II	10 a 20	0,250	1,04	2,02	4,53	1,39	2,84	6,47
S2P2d	II	10 a 20	0,105	0,69	1,49	3,34	0,85	1,88	4,28
S2P2d	II	10 a 20	0,053	0,06	0,42	0,94	0,06	0,50	1,14
S2P2d	II	10 a 20	<0,053		1,20	2,69		1,21	2,76
S2P2d	III	0 a 5	4,760	0,00	14,58	34,78	0,00	12,83	31,02
S2P2d	III	0 a 5	2,000	0,03	8,77	20,92	0,02	9,07	21,93
S2P2d	III	0 a 5	1,000	0,04	5,81	13,86	0,07	6,48	15,67
S2P2d	III	0 a 5	0,500	1,04	6,69	15,96	1,25	6,60	15,96
S2P2d	III	0 a 5	0,250	1,94	3,41	8,13	1,75	3,45	8,34
S2P2d	III	0 a 5	0,105	0,75	1,29	3,08	1,14	1,37	3,31
S2P2d	III	0 a 5	0,053	0,02	0,31	0,74	0,10	0,31	0,75
S2P2d	III	0 a 5	<0,053		1,06	2,53		1,25	3,02
S2P2d	III	5 a 10	4,760	0,00	24,19	54,95	0,00	20,68	47,82
S2P2d	III	5 a 10	2,000	0,00	7,51	17,06	0,07	7,87	18,20
S2P2d	III	5 a 10	1,000	0,05	4,23	9,61	0,11	4,79	11,08
S2P2d	III	5 a 10	0,500	0,76	3,39	7,70	1,03	4,24	9,80
S2P2d	III	5 a 10	0,250	1,18	1,98	4,50	1,48	2,73	6,31
S2P2d	III	5 a 10	0,105	0,63	1,16	2,64	0,75	1,42	3,28
S2P2d	III	5 a 10	0,053	0,08	0,37	0,84	0,12	0,35	0,81
S2P2d	III	5 a 10	<0,053		1,19	2,70		1,17	2,71
S2P2d	III	10 a 20	4,760	0,00	19,76	45,16	0,11	21,80	49,97
S2P2d	III	10 a 20	2,000	0,08	8,47	19,36	0,15	7,85	17,99
S2P2d	III	10 a 20	1,000	0,10	4,88	11,15	0,10	4,58	10,50
S2P2d	III	10 a 20	0,500	0,94	4,37	9,99	0,94	3,74	8,57
S2P2d	III	10 a 20	0,250	1,62	2,99	6,83	1,27	2,49	5,71
S2P2d	III	10 a 20	0,105	0,76	1,50	3,43	0,94	1,62	3,71
S2P2d	III	10 a 20	0,053	0,04	0,50	1,14	0,06	0,40	0,92
S2P2d	III	10 a 20	<0,053		1,29	2,95		1,15	2,64
S2P2b	I	0 a 5	4,760	0,00	13,04	32,21	0,13	14,11	34,25
S2P2b	I	0 a 5	2,000	0,09	6,53	16,13	0,02	6,65	16,14
S2P2b	I	0 a 5	1,000	0,16	4,79	11,83	0,12	4,73	11,48
S2P2b	I	0 a 5	0,500	1,28	6,87	16,97	1,36	6,89	16,72
S2P2b	I	0 a 5	0,250	2,94	4,74	11,71	2,39	4,65	11,29
S2P2b	I	0 a 5	0,105	1,37	2,51	6,20	1,41	2,39	5,80
S2P2b	I	0 a 5	0,053	0,12	0,67	1,66	0,06	0,50	1,21
S2P2b	I	0 a 5	<0,053		1,33	3,29		1,28	3,11
S2P2b	I	5 a 10	4,760	-18,00	33,21	54,48	0,00	17,25	39,76
S2P2b	I	5 a 10	2,000	0,05	7,59	12,45	0,23	9,44	21,76
S2P2b	I	5 a 10	1,000	0,15	6,49	10,65	0,16	5,62	12,95
S2P2b	I	5 a 10	0,500	1,04	5,36	8,79	1,05	4,55	10,49
S2P2b	I	5 a 10	0,250	1,88	4,06	6,66	1,30	2,79	6,43
S2P2b	I	5 a 10	0,105	0,80	2,37	3,89	0,87	1,89	4,36
S2P2b	I	5 a 10	0,053	0,11	0,61	1,00	0,07	0,49	1,13
S2P2b	I	5 a 10	<0,053		1,27	2,08		1,36	3,13
S2P2b	I	10 a 20	4,760	0,00	20,01	46,15	0,00	19,17	44,24
S2P2b	I	10 a 20	2,000	0,10	7,36	16,97	0,18	7,24	16,71
S2P2b	I	10 a 20	1,000	0,15	4,62	10,65	0,14	4,68	10,80
S2P2b	I	10 a 20	0,500	0,86	4,36	10,06	0,98	4,71	10,87
S2P2b	I	10 a 20	0,250	1,45	3,03	6,99	1,39	3,48	8,03
S2P2b	I	10 a 20	0,105	0,76	2,19	5,05	0,67	2,05	4,73

Continua...

## Continuação do Apêndice 6

S2P2b	I	10 a 20	0,053	0,06	0,53	1,22	0,05	0,57	1,32
S2P2b	I	10 a 20	<0,053		1,26	2,91		1,43	3,30
S2P2b	II	0 a 5	4,760	0,00	16,43	38,63	0,00	16,18	37,79
S2P2b	II	0 a 5	2,000	0,15	7,51	17,66	0,07	7,36	17,19
S2P2b	II	0 a 5	1,000	0,19	5,89	13,85	0,19	6,21	14,51
S2P2b	II	0 a 5	0,500	1,24	6,01	14,13	1,24	5,63	13,15
S2P2b	II	0 a 5	0,250	1,73	3,53	8,30	1,62	3,50	8,18
S2P2b	II	0 a 5	0,105	0,73	1,42	3,34	0,90	1,96	4,58
S2P2b	II	0 a 5	0,053	0,07	0,39	0,92	0,07	0,47	1,10
S2P2b	II	0 a 5	<0,053		1,35	3,17		1,50	3,50
S2P2b	II	5 a 10	4,760	0,00	17,45	41,09	0,00	21,37	49,83
S2P2b	II	5 a 10	2,000	0,16	6,59	15,52	0,16	5,85	13,64
S2P2b	II	5 a 10	1,000	0,22	5,25	12,36	0,16	4,52	10,54
S2P2b	II	5 a 10	0,500	1,14	5,09	11,98	1,03	4,28	9,98
S2P2b	II	5 a 10	0,250	1,34	3,75	8,83	1,36	3,05	7,11
S2P2b	II	5 a 10	0,105	0,78	2,48	5,84	0,70	1,88	4,38
S2P2b	II	5 a 10	0,053	0,12	0,54	1,27	0,09	0,54	1,26
S2P2b	II	5 a 10	<0,053		1,32	3,11		1,40	3,26
S2P2b	II	10 a 20	4,760	0,31	14,23	33,38	0,00	10,81	25,79
S2P2b	II	10 a 20	2,000	0,19	6,27	14,71	0,51	8,27	19,73
S2P2b	II	10 a 20	1,000	0,22	5,88	13,79	0,27	6,76	16,13
S2P2b	II	10 a 20	0,500	0,99	6,12	14,36	1,12	6,33	15,10
S2P2b	II	10 a 20	0,250	1,34	4,51	10,58	1,63	4,28	10,21
S2P2b	II	10 a 20	0,105	0,72	3,00	7,04	0,99	3,08	7,35
S2P2b	II	10 a 20	0,053	0,13	0,83	1,95	0,10	0,65	1,55
S2P2b	II	10 a 20	<0,053		1,79	4,20		1,74	4,15
S2P2b	III	0 a 5	4,760	0,00	17,44	41,59	0,00	19,45	46,24
S2P2b	III	0 a 5	2,000	0,11	6,87	16,38	0,03	4,56	10,84
S2P2b	III	0 a 5	1,000	0,10	4,37	10,42	0,11	3,52	8,37
S2P2b	III	0 a 5	0,500	1,18	5,42	12,93	0,97	6,11	14,53
S2P2b	III	0 a 5	0,250	1,77	4,48	10,68	2,33	5,16	12,27
S2P2b	III	0 a 5	0,105	1,09	1,90	4,53	0,99	1,80	4,28
S2P2b	III	0 a 5	0,053	-0,03	0,24	0,57	0,09	0,31	0,74
S2P2b	III	0 a 5	<0,053		1,21	2,89		1,15	2,73
S2P2b	III	5 a 10	4,760	0,16	18,64	43,71	0,00	19,41	45,50
S2P2b	III	5 a 10	2,000	0,10	8,32	19,51	0,00	8,24	19,32
S2P2b	III	5 a 10	1,000	0,06	5,03	11,80	0,12	5,04	11,81
S2P2b	III	5 a 10	0,500	0,78	3,81	8,94	0,77	3,72	8,72
S2P2b	III	5 a 10	0,250	1,34	3,21	7,53	1,42	2,43	5,70
S2P2b	III	5 a 10	0,105	0,87	1,77	4,15	0,92	2,05	4,81
S2P2b	III	5 a 10	0,053	0,14	0,45	1,06	0,08	0,49	1,15
S2P2b	III	5 a 10	<0,053		1,41	3,31		1,28	3,00
S2P2b	III	10 a 20	4,760	0,00	19,59	46,15	0,00	18,21	43,23
S2P2b	III	10 a 20	2,000	0,06	5,49	12,93	0,12	5,61	13,32
S2P2b	III	10 a 20	1,000	0,14	3,58	8,43	0,14	4,82	11,44
S2P2b	III	10 a 20	0,500	0,97	4,40	10,37	0,83	4,62	10,97
S2P2b	III	10 a 20	0,250	1,59	4,57	10,77	1,88	3,84	9,12
S2P2b	III	10 a 20	0,105	0,94	2,72	6,41	0,91	2,75	6,53
S2P2b	III	10 a 20	0,053	0,07	0,56	1,32	0,12	0,71	1,69
S2P2b	III	10 a 20	<0,053		1,54	3,63		1,56	3,70
PPd	I	0 a 5	4,760	0,00	29,56	65,02	0,00	23,28	52,81
PPd	I	0 a 5	2,000	0,04	7,85	17,27	0,01	8,35	18,94
PPd	I	0 a 5	1,000	0,06	3,02	6,64	0,06	4,41	10,00
PPd	I	0 a 5	0,500	0,42	2,13	4,69	0,66	3,44	7,80
PPd	I	0 a 5	0,250	0,67	1,25	2,75	1,27	2,17	4,92
PPd	I	0 a 5	0,105	0,72	0,60	1,32	0,85	1,24	2,81
PPd	I	0 a 5	0,053	0,01	0,08	0,18	0,02	0,28	0,64
PPd	I	0 a 5	<0,053		0,97	2,13		0,91	2,06
PPd	I	5 a 10	4,760	0,00	26,59	59,05	0,00	28,77	63,09

Continua....

## Continuação do Apêndice 6

PPd	I	5 a 10	2,000	0,03	11,17	24,81	-0,01	10,27	22,52
PPd	I	5 a 10	1,000	0,06	3,38	7,51	0,04	2,80	6,14
PPd	I	5 a 10	0,500	0,43	1,53	3,40	0,39	1,16	2,54
PPd	I	5 a 10	0,250	0,60	0,60	1,33	0,56	0,60	1,32
PPd	I	5 a 10	0,105	0,38	0,57	1,27	0,23	0,52	1,14
PPd	I	5 a 10	0,053	0,00	0,25	0,56	-0,01	0,25	0,55
PPd	I	5 a 10	<0,053		0,94	2,09		1,23	2,70
PPd	I	10 a 20	4,760	0,00	33,10	73,85	0,18	31,14	70,09
PPd	I	10 a 20	2,000	0,00	5,70	12,72	0,02	4,94	11,12
PPd	I	10 a 20	1,000	0,08	2,03	4,53	0,08	2,27	5,11
PPd	I	10 a 20	0,500	0,30	1,24	2,77	0,52	1,90	4,28
PPd	I	10 a 20	0,250	0,66	0,71	1,58	0,38	1,87	4,21
PPd	I	10 a 20	0,105	0,25	0,75	1,67	0,00	0,31	0,70
PPd	I	10 a 20	0,053	0,03	0,25	0,56	0,41	0,96	2,16
PPd	I	10 a 20	<0,053		1,04	2,32		1,04	2,34
PPd	II	0 a 5	4,760	0,24	28,68	64,20	0,00	30,85	67,95
PPd	II	0 a 5	2,000	-0,03	5,28	11,82	0,02	5,55	12,22
PPd	II	0 a 5	1,000	0,03	3,15	7,05	0,03	3,13	6,89
PPd	II	0 a 5	0,500	0,54	3,23	7,23	0,60	2,53	5,57
PPd	II	0 a 5	0,250	1,05	1,89	4,23	0,74	1,49	3,28
PPd	II	0 a 5	0,105	0,53	1,31	2,93	0,35	0,87	1,92
PPd	II	0 a 5	0,053	0,05	0,27	0,60	0,00	0,17	0,37
PPd	II	0 a 5	<0,053		0,86	1,93		0,81	1,78
PPd	II	5 a 10	4,760	0,00	33,75	72,78	0,00	36,76	79,04
PPd	II	5 a 10	2,000	0,07	6,60	14,23	0,02	4,12	8,86
PPd	II	5 a 10	1,000	0,05	1,74	3,75	0,02	1,56	3,35
PPd	II	5 a 10	0,500	0,36	1,10	2,37	-0,63	1,15	2,47
PPd	II	5 a 10	0,250	0,75	0,91	1,96	0,63	0,79	1,70
PPd	II	5 a 10	0,105	0,31	0,75	1,62	0,30	0,63	1,35
PPd	II	5 a 10	0,053	0,08	0,25	0,54	0,06	0,22	0,47
PPd	II	5 a 10	<0,053		1,27	2,74		1,28	2,75
PPd	II	10 a 20	4,760	0,00	31,36	68,74	0,00	33,23	73,39
PPd	II	10 a 20	2,000	0,01	7,51	16,46	0,09	4,81	10,62
PPd	II	10 a 20	1,000	0,06	2,03	4,45	0,08	1,90	4,20
PPd	II	10 a 20	0,500	0,47	1,41	3,09	0,47	1,43	3,16
PPd	II	10 a 20	0,250	0,75	0,83	1,82	0,93	1,22	2,69
PPd	II	10 a 20	0,105	0,51	0,86	1,89	0,55	1,05	2,32
PPd	II	10 a 20	0,053	0,00	0,35	0,77	0,13	0,30	0,66
PPd	II	10 a 20	<0,053		1,27	2,78		1,34	2,96
PPd	III	0 a 5	4,760	0,00	18,22	40,46	0,00	23,52	53,97
PPd	III	0 a 5	2,000	0,00	9,26	20,56	0,00	6,91	15,86
PPd	III	0 a 5	1,000	0,06	5,51	12,24	0,06	4,04	9,27
PPd	III	0 a 5	0,500	0,69	5,80	12,88	0,80	4,71	10,81
PPd	III	0 a 5	0,250	0,05	4,22	9,37	1,48	2,37	5,44
PPd	III	0 a 5	0,105	0,69	1,05	2,33	0,73	1,04	2,39
PPd	III	0 a 5	0,053	0,06	0,16	0,36	0,04	0,19	0,44
PPd	III	0 a 5	<0,053		0,81	1,80		0,80	1,84
PPd	III	5 a 10	4,760	0,00	29,04	65,78	0,00	29,25	66,61
PPd	III	5 a 10	2,000	0,07	6,10	13,82	0,04	5,61	12,78
PPd	III	5 a 10	1,000	0,07	2,76	6,25	0,07	2,66	6,06
PPd	III	5 a 10	0,500	0,55	2,20	4,98	0,68	2,37	5,40
PPd	III	5 a 10	0,250	1,15	1,26	2,85	1,23	1,67	3,80
PPd	III	5 a 10	0,105	0,74	1,24	2,81	0,61	0,99	2,25
PPd	III	5 a 10	0,053	0,06	0,34	0,77	0,09	0,24	0,55
PPd	III	5 a 10	<0,053		1,21	2,74		1,12	2,55
PPd	III	10 a 20	4,760	0,00	25,24	58,41	0,00	24,50	56,96
PPd	III	10 a 20	2,000	0,03	5,70	13,19	0,10	5,19	12,07
PPd	III	10 a 20	1,000	0,08	3,20	7,41	0,07	3,21	7,46
PPd	III	10 a 20	0,500	0,72	2,93	6,78	0,85	3,29	7,65

Continuação do Apêndice 6

## Continuação do Apêndice 6

PPd	III	10 a 20	0,250	1,32	2,76	6,39	1,59	3,17	7,37
PPd	III	10 a 20	0,105	0,63	1,85	4,28	0,79	2,10	4,88
PPd	III	10 a 20	0,053	0,10	0,54	1,25	0,07	0,55	1,28
PPd	III	10 a 20	<0,053		0,99	2,29		1,00	2,33
PPb	I	0 a 5	4,760	0,00	26,47	58,94	0,00	25,97	58,49
PPb	I	0 a 5	2,000	0,00	9,02	20,08	0,00	8,11	18,27
PPb	I	0 a 5	1,000	0,09	3,95	8,80	0,00	3,93	8,85
PPb	I	0 a 5	0,500	0,41	2,43	5,41	0,49	2,96	6,67
PPb	I	0 a 5	0,250	0,57	1,38	3,07	0,82	1,75	3,94
PPb	I	0 a 5	0,105	0,48	0,86	1,91	0,47	0,90	2,03
PPb	I	0 a 5	0,053	0,04	0,11	0,24	0,01	0,18	0,41
PPb	I	0 a 5	<0,053		0,69	1,54		0,60	1,35
PPb	I	5 a 10	4,760	0,00	20,97	48,24	0,14	24,38	55,22
PPb	I	5 a 10	2,000	0,11	5,93	13,64	0,13	6,43	14,56
PPb	I	5 a 10	1,000	0,06	4,78	11,00	0,08	3,92	8,88
PPb	I	5 a 10	0,500	0,71	5,32	12,24	0,65	5,07	11,48
PPb	I	5 a 10	0,250	1,26	3,73	8,58	0,91	2,18	4,94
PPb	I	5 a 10	0,105	0,70	1,61	3,70	0,55	1,15	2,60
PPb	I	5 a 10	0,053	0,03	0,25	0,58	0,02	0,20	0,45
PPb	I	5 a 10	<0,053		0,88	2,02		0,82	1,86
PPb	I	10 a 20	4,760	0,00	24,42	55,31	0,00	29,25	65,19
PPb	I	10 a 20	2,000	0,05	5,91	13,39	0,06	5,22	11,63
PPb	I	10 a 20	1,000	0,04	3,80	8,61	0,04	2,56	5,71
PPb	I	10 a 20	0,500	0,76	3,93	8,90	0,59	2,79	6,22
PPb	I	10 a 20	0,250	1,15	2,69	6,09	1,04	2,22	4,95
PPb	I	10 a 20	0,105	0,79	2,03	4,60	0,56	1,37	3,05
PPb	I	10 a 20	0,053	0,03	0,34	0,77	0,06	0,37	0,82
PPb	I	10 a 20	<0,053		1,03	2,33		1,09	2,43
PPb	II	0 a 5	4,760	0,00	23,24	53,39	0,13	30,10	67,41
PPb	II	0 a 5	2,000	0,03	7,48	17,18	0,08	4,88	10,93
PPb	II	0 a 5	1,000	0,13	4,75	10,91	0,08	3,00	6,72
PPb	II	0 a 5	0,500	0,76	3,80	8,73	0,49	2,89	6,47
PPb	II	0 a 5	0,250	0,99	2,12	4,87	0,77	1,26	2,82
PPb	II	0 a 5	0,105	0,52	1,09	2,50	0,40	1,52	3,40
PPb	II	0 a 5	0,053	0,04	0,18	0,41	0,03	0,17	0,38
PPb	II	0 a 5	<0,053		0,87	2,00		0,83	1,86
PPb	II	5 a 10	4,760	0,00	29,90	67,89	0,00	31,82	71,51
PPb	II	5 a 10	2,000	0,11	4,40	9,99	0,00	4,31	9,69
PPb	II	5 a 10	1,000	0,08	2,51	5,70	0,03	2,18	4,90
PPb	II	5 a 10	0,500	0,53	2,23	5,06	0,52	1,73	3,89
PPb	II	5 a 10	0,250	0,78	1,75	3,97	0,79	1,50	3,37
PPb	II	5 a 10	0,105	0,60	1,66	3,77	0,45	1,36	3,06
PPb	II	5 a 10	0,053	0,06	0,43	0,98	0,04	0,45	1,01
PPb	II	5 a 10	<0,053		1,16	2,63		1,15	2,58
PPb	II	10 a 20	4,760	0,00	27,78	62,78	0,00	25,34	57,89
PPb	II	10 a 20	2,000	0,04	4,42	9,99	0,11	5,78	13,21
PPb	II	10 a 20	1,000	0,06	2,25	5,08	0,13	3,26	7,45
PPb	II	10 a 20	0,500	0,81	2,54	5,74	0,85	3,22	7,36
PPb	II	10 a 20	0,250	1,10	3,07	6,94	1,24	2,76	6,31
PPb	II	10 a 20	0,105	0,61	2,54	5,74	0,68	1,90	4,34
PPb	II	10 a 20	0,053	0,03	0,51	1,15	0,06	0,34	0,78
PPb	II	10 a 20	<0,053		1,14	2,58		1,17	2,67
PPb	III	0 a 5	4,760	0,00	22,52	51,84	0,00	20,93	49,21
PPb	III	0 a 5	2,000	0,01	6,36	14,64	0,06	6,20	14,58
PPb	III	0 a 5	1,000	0,15	4,36	10,04	0,09	3,65	8,58
PPb	III	0 a 5	0,500	0,84	4,66	10,73	0,98	4,70	11,05
PPb	III	0 a 5	0,250	1,14	2,54	5,85	1,84	3,41	8,02
PPb	III	0 a 5	0,105	0,75	1,27	2,92	0,93	1,66	3,90
PPb	III	0 a 5	0,053	0,02	0,33	0,76	0,03	0,42	0,99

Continua...

## Continuação do Apêndice 6

PPb	III	0 a 5	<0,053		1,40	3,22		1,56	3,67
PPb	III	5 a 10	4,760	0,00	17,60	41,79	0,00	22,20	52,22
PPb	III	5 a 10	2,000	0,02	5,62	13,34	0,00	5,68	13,36
PPb	III	5 a 10	1,000	0,12	4,28	10,16	0,09	3,75	8,82
PPb	III	5 a 10	0,500	1,17	4,75	11,28	0,84	3,40	8,00
PPb	III	5 a 10	0,250	1,64	4,41	10,47	1,54	2,81	6,61
PPb	III	5 a 10	0,105	1,22	3,21	7,62	1,22	2,51	5,90
PPb	III	5 a 10	0,053	0,03	0,63	1,50	0,08	0,47	1,11
PPb	III	5 a 10	<0,053		1,62	3,85		1,69	3,98
PPb	III	10 a 20	4,760	0,00	32,52	72,52	0,00	33,16	73,46
PPb	III	10 a 20	2,000	0,10	4,31	9,61	0,04	5,49	12,16
PPb	III	10 a 20	1,000	0,06	1,87	4,17	0,07	1,98	4,39
PPb	III	10 a 20	0,500	0,65	2,02	4,50	0,42	1,41	3,12
PPb	III	10 a 20	0,250	0,88	1,69	3,77	0,81	0,95	2,10
PPb	III	10 a 20	0,105	0,48	0,98	2,19	0,40	0,76	1,68
PPb	III	10 a 20	0,053	0,04	0,33	0,74	0,06	0,26	0,58
PPb	III	10 a 20	<0,053		1,12	2,50		1,13	2,50
VN	I	0 a 5	4,760	0,00	21,73	48,08	0,00	22,84	50,23
VN	I	0 a 5	2,000	0,00	12,76	28,23	0,00	11,43	25,14
VN	I	0 a 5	1,000	0,02	4,63	10,24	0,05	4,56	10,03
VN	I	0 a 5	0,500	0,04	2,94	6,50	0,09	2,85	6,27
VN	I	0 a 5	0,250	0,06	1,39	3,08	0,12	1,70	3,74
VN	I	0 a 5	0,105	0,10	0,76	1,68	0,08	1,11	2,44
VN	I	0 a 5	0,053	0,09	0,17	0,38	0,04	0,14	0,31
VN	I	0 a 5	<0,053		0,82	1,81		0,84	1,85
VN	I	5 a 10	4,760	0,00	17,17	37,97	0,00	26,96	60,64
VN	I	5 a 10	2,000	0,00	6,31	13,95	0,07	5,84	13,14
VN	I	5 a 10	1,000	0,10	6,03	13,33	0,04	2,53	5,69
VN	I	5 a 10	0,500	0,07	5,94	13,14	0,06	2,14	4,81
VN	I	5 a 10	0,250	0,14	5,07	11,21	0,11	2,68	6,03
VN	I	5 a 10	0,105	0,43	2,95	6,52	0,34	2,52	5,67
VN	I	5 a 10	0,053	0,11	0,63	1,39	0,09	0,55	1,24
VN	I	5 a 10	<0,053		1,12	2,48		1,24	2,79
VN	I	10 a 20	4,760	0,00	17,50	38,14	0,00	17,56	38,18
VN	I	10 a 20	2,000	0,14	7,01	15,28	0,12	7,44	16,18
VN	I	10 a 20	1,000	0,06	5,67	12,36	0,11	5,26	11,44
VN	I	10 a 20	0,500	0,12	5,74	12,51	0,12	5,84	12,70
VN	I	10 a 20	0,250	0,20	4,69	10,22	0,31	4,00	8,70
VN	I	10 a 20	0,105	0,57	3,34	7,28	0,74	3,89	8,46
VN	I	10 a 20	0,053	0,14	0,68	1,48	0,21	0,76	1,65
VN	I	10 a 20	<0,053		1,25	2,72		1,24	2,70



Apêndice 7 – Valores observados para a determinação da estabilidade dos agregados em água no experimento de Campo Grande. L-PC = lavouras em plantio convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano – pastagem (*B. brizantha*) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos – pastagem (*P. maximum*) por 4 anos, PP = pastagem permanente (*B. decumbens*), PP+L = pastagem permanente (*B. decumbens*) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural.

Trat	Rep	Prof	Peneira	replicata a			replicata b		
				Massa Areia	Massa Agregados	%	Massa Areia	Massa Agregados	%
VN	I	0-5	4,76	0,10	9,75	25,67	0,27	11,05	29,87
VN	I	0-5	2	0,05	6,66	17,54	0,14	7,61	20,57
VN	I	0-5	1	0,08	4,95	13,03	0,08	4,81	13,00
VN	I	0-5	0,5	0,25	6,87	18,09	0,24	6,07	16,41
VN	I	0-5	0,25	2,60	6,89	18,14	3,27	4,18	11,30
VN	I	0-5	0,105	5,00	1,98	5,21	5,15	2,36	6,38
VN	I	0-5	0,053	0,14	0,35	0,92	0,14	0,30	0,81
VN	I	0-5	<0,053		0,53	1,40		0,61	1,65
VN	I	5-10	4,76	0,20	5,21	14,13			
VN	I	5-10	2	0,08	7,87	21,35			
VN	I	5-10	1	0,22	5,21	14,13			
VN	I	5-10	0,5	0,25	8,82	23,93			
VN	I	5-10	0,25	2,69	6,12	16,60			
VN	I	5-10	0,105	5,46	2,70	7,33			
VN	I	5-10	0,053	0,00	0,24	0,65			
VN	I	5-10	<0,053		0,69	1,87			
VN	I	10-20	4,76	0,00	7,64	19,97	0,00	6,17	16,34
VN	I	10-20	2	0,00	5,56	14,54	0,02	7,47	19,78
VN	I	10-20	1	0,02	7,37	19,27	0,12	6,17	16,34
VN	I	10-20	0,5	0,28	8,22	21,49	0,31	8,09	21,42
VN	I	10-20	0,25	3,19	6,09	15,92	2,57	5,68	15,04
VN	I	10-20	0,105	4,10	2,46	6,43	5,12	3,21	8,50
VN	I	10-20	0,053	0,21	0,33	0,86	0,16	0,29	0,77
VN	I	10-20	<0,053		0,58	1,52		0,69	1,83
VN	II	0-5	4,76	0,00	6,65	17,65	0,00	8,27	22,30
VN	II	0-5	2	0,05	6,07	16,11	0,46	8,49	22,89
VN	II	0-5	1	0,31	7,24	19,22	0,27	6,05	16,31
VN	II	0-5	0,5	0,48	8,21	21,79	0,19	7,62	20,54
VN	II	0-5	0,25	2,31	6,60	17,52	2,78	4,18	11,27
VN	II	0-5	0,105	5,15	2,13	5,65	4,88	1,71	4,61
VN	II	0-5	0,053	0,10	0,23	0,61	0,15	0,15	0,40
VN	II	0-5	<0,053		0,54	1,43		0,62	1,67
VN	II	5-10	4,76	0,00	7,69	19,85	0,00	7,51	19,46
VN	II	5-10	2	0,33	8,01	20,67	0,06	8,88	23,01
VN	II	5-10	1	0,08	5,50	14,19	0,28	6,76	17,51
VN	II	5-10	0,5	0,26	7,11	18,35	0,18	6,47	16,76
VN	II	5-10	0,25	2,05	6,79	17,52	2,78	5,21	13,50
VN	II	5-10	0,105	5,03	2,70	6,97	4,90	2,76	7,15
VN	II	5-10	0,053	0,17	0,32	0,83	0,16	0,29	0,75
VN	II	5-10	<0,053		0,63	1,63		0,72	1,87
VN	II	10-20	4,76	0,00	6,44	17,29	0,00	4,16	11,32
VN	II	10-20	2	0,38	8,05	21,62	0,25	6,77	18,42
VN	II	10-20	1	0,08	6,26	16,81	0,13	7,13	19,40
VN	II	10-20	0,5	0,27	6,76	18,15	-0,79	8,07	21,96
VN	II	10-20	0,25	2,97	5,84	15,68	2,32	5,54	15,07
VN	II	10-20	0,105	5,00	2,89	7,76	6,27	3,89	10,59
VN	II	10-20	0,053	0,27	0,37	0,99	0,20	0,42	1,14
VN	II	10-20	<0,053		0,63	1,69		0,77	2,10
VN	III	0-5	4,76	0,05	7,04	19,05	0,15	5,85	16,21

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

VN	III	0-5	2	0,30	6,15	16,64	0,47	4,95	13,72
VN	III	0-5	1	0,20	4,38	11,85	0,21	4,20	11,64
VN	III	0-5	0,5	0,39	7,84	21,21	0,49	7,44	20,62
VN	III	0-5	0,25	3,69	7,42	20,08	3,61	9,24	25,60
VN	III	0-5	0,105	5,56	2,87	7,77	6,43	3,20	8,87
VN	III	0-5	0,053	0,27	0,42	1,14	0,26	0,41	1,14
VN	III	0-5	<0,053		0,84	2,27		0,80	2,22
VN	III	5-10	4,76	0,01	8,50	22,65	0,00	6,76	17,67
VN	III	5-10	2	0,23	6,41	17,08	0,13	7,51	19,63
VN	III	5-10	1	0,04	5,25	13,99	0,02	5,93	15,50
VN	III	5-10	0,5	0,32	6,36	16,95	0,25	8,11	21,20
VN	III	5-10	0,25	1,95	6,19	16,50	2,83	6,33	16,54
VN	III	5-10	0,105	5,87	3,75	9,99	4,28	2,69	7,03
VN	III	5-10	0,053	0,20	0,41	1,09	0,13	0,36	0,94
VN	III	5-10	<0,053		0,65	1,73		0,57	1,49
VN	III	10-20	4,76	-0,01	6,79	17,46	-0,02	5,12	12,73
VN	III	10-20	2	0,03	8,75	22,50	0,06	7,34	18,25
VN	III	10-20	1	0,02	7,40	19,03	0,03	9,01	22,40
VN	III	10-20	0,5	0,13	7,56	19,44	0,18	9,68	24,07
VN	III	10-20	0,25	1,76	5,09	13,09	2,28	6,09	15,14
VN	III	10-20	0,105	5,46	2,22	5,71	3,35	2,12	5,27
VN	III	10-20	0,053	0,16	0,41	1,05	0,18	0,35	0,87
VN	III	10-20	<0,053		0,67	1,72		0,51	1,27
PP+L	I	0-5	4,76	0,00	13,73	34,38	0,00	14,90	38,07
PP+L	I	0-5	2	0,02	7,88	19,73	0,10	6,67	17,04
PP+L	I	0-5	1	0,03	6,16	15,42	0,08	5,77	14,74
PP+L	I	0-5	0,5	0,21	4,12	10,32	0,30	4,24	10,83
PP+L	I	0-5	0,25	2,25	4,76	11,92	2,82	4,34	11,09
PP+L	I	0-5	0,105	3,70	1,92	4,81	3,71	1,87	4,78
PP+L	I	0-5	0,053	0,15	0,33	0,83	0,25	0,25	0,64
PP+L	I	0-5	<0,053		1,04	2,60		1,10	2,81
PP+L	I	5-10	4,76	0,00	9,43	24,65	0,00	10,92	27,43
PP+L	I	5-10	2	0,02	8,12	21,22	0,00	6,85	17,21
PP+L	I	5-10	1	0,02	6,27	16,39	0,04	6,12	15,37
PP+L	I	5-10	0,5	0,15	4,97	12,99	0,17	6,93	17,41
PP+L	I	5-10	0,25	2,48	5,23	13,67	3,20	5,35	13,44
PP+L	I	5-10	0,105	5,75	2,96	7,74	3,69	2,23	5,60
PP+L	I	5-10	0,053	0,22	0,30	0,78	0,17	0,36	0,90
PP+L	I	5-10	<0,053		0,98	2,56		1,05	2,64
PP+L	I	10-20	4,76	0,00	7,95	20,64	0,00	8,17	22,47
PP+L	I	10-20	2	0,03	5,65	14,67	0,00	5,89	16,20
PP+L	I	10-20	1	0,02	4,76	12,36	0,00	5,42	14,91
PP+L	I	10-20	0,5	0,23	8,38	21,76	0,19	6,30	17,33
PP+L	I	10-20	0,25	2,81	8,35	21,68	3,59	6,01	16,53
PP+L	I	10-20	0,105	4,42	2,35	6,10	6,27	3,22	8,86
PP+L	I	10-20	0,053	0,25	0,24	0,62	0,18	0,41	1,13
PP+L	I	10-20	<0,053		0,83	2,16		0,94	2,59
PP+L	II	0-5	4,76	0,00	15,31	38,43	0,00	14,30	37,81
PP+L	II	0-5	2	0,06	6,61	16,59	0,23	5,97	15,79
PP+L	II	0-5	1	0,05	5,49	13,78	0,12	4,82	12,74
PP+L	II	0-5	0,5	0,21	4,81	12,07	0,28	4,57	12,08
PP+L	II	0-5	0,25	2,25	4,65	11,67	3,25	4,29	11,34
PP+L	II	0-5	0,105	3,36	1,59	3,99	4,44	2,22	5,87
PP+L	II	0-5	0,053	0,26	0,30	0,75	0,22	0,40	1,06
PP+L	II	0-5	<0,053		1,08	2,71		1,25	3,31
PP+L	II	5-10	4,76	0,00	15,73	39,47	0,00	11,97	32,62
PP+L	II	5-10	2	0,14	6,38	16,01	0,09	5,89	16,05
PP+L	II	5-10	1	0,05	4,07	10,21	0,05	4,40	11,99
PP+L	II	5-10	0,25	1,93	5,19	13,02	2,77	5,04	13,74
PP+L	II	5-10	0,5	0,13	4,92	12,35	0,22	4,07	11,09

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

PP+L	II	5-10	0,105	3,93	2,35	5,90	6,26	3,88	10,58
PP+L	II	5-10	0,053	0,15	0,32	0,80	0,16	0,42	1,14
PP+L	II	5-10	<0,053		0,89	2,23		1,02	2,78
PP+L	II	10-20	4,76	0,00	5,84	15,77	0,00	8,37	22,13
PP+L	II	10-20	2	0,05	4,59	12,39	0,24	5,41	14,30
PP+L	II	10-20	1	0,09	4,28	11,56	0,06	3,88	10,26
PP+L	II	10-20	0,5	0,31	6,11	16,50	0,26	6,24	16,49
PP+L	II	10-20	0,25	3,10	10,75	29,02	2,94	8,37	22,13
PP+L	II	10-20	0,105	5,43	3,83	10,34	4,76	3,74	9,89
PP+L	II	10-20	0,053	0,12	0,51	1,38	0,17	0,62	1,64
PP+L	II	10-20	<0,053		1,13	3,05		1,20	3,17
PP+L	III	0-5	4,76	0,01	14,78	39,10	0,00	16,84	42,40
PP+L	III	0-5	2	0,04	6,66	17,62	0,04	6,16	15,51
PP+L	III	0-5	1	0,06	4,78	12,65	0,02	4,55	11,46
PP+L	III	0-5	0,5	0,25	4,21	11,14	0,20	4,23	10,65
PP+L	III	0-5	0,25	3,46	3,49	9,23	2,37	4,91	12,36
PP+L	III	0-5	0,105	3,65	2,28	6,03	3,11	1,65	4,15
PP+L	III	0-5	0,053	0,16	0,49	1,30	0,15	0,40	1,01
PP+L	III	0-5	<0,053		1,11	2,94		0,98	2,47
PP+L	III	5-10	4,76	0,00	13,91	36,16	0,00	16,67	41,02
PP+L	III	5-10	2	0,00	5,84	15,18	0,07	5,61	13,80
PP+L	III	5-10	1	0,08	5,34	13,88	0,06	4,31	10,61
PP+L	III	5-10	0,5	0,30	4,90	12,74	0,22	4,82	11,86
PP+L	III	5-10	0,25	2,98	4,80	12,48	2,07	5,27	12,97
PP+L	III	5-10	0,105	4,52	2,32	6,03	3,36	2,41	5,93
PP+L	III	5-10	0,053	0,12	0,37	0,96	0,15	0,45	1,11
PP+L	III	5-10	<0,053		0,99	2,57		1,10	2,71
PP+L	III	10-20	4,76	0,00	11,84	33,56	0,00	12,29	31,15
PP+L	III	10-20	2	0,07	4,62	13,10	0,03	5,83	14,78
PP+L	III	10-20	1	0,04	3,63	10,29	0,06	4,69	11,89
PP+L	III	10-20	0,5	0,30	4,88	13,83	0,22	4,79	12,14
PP+L	III	10-20	0,25	1,84	1,77	5,02	2,27	7,46	18,91
PP+L	III	10-20	0,105	7,99	6,78	19,22	3,68	2,78	7,05
PP+L	III	10-20	0,053	0,04	0,60	1,70	0,14	0,50	1,27
PP+L	III	10-20	<0,053		1,16	3,29		1,11	2,81
L-PD	I	0-5	4,76	0,00	2,74	9,04	0,00	2,92	8,61
L-PD	I	0-5	2	0,09	4,22	13,93	0,31	3,99	11,77
L-PD	I	0-5	1	0,15	2,87	9,47	0,09	2,41	7,11
L-PD	I	0-5	0,5	0,48	5,76	19,01	0,50	8,26	24,37
L-PD	I	0-5	0,25	6,49	9,28	30,63	5,31	10,95	32,30
L-PD	I	0-5	0,105	9,63	3,22	10,63	7,47	3,18	9,38
L-PD	I	0-5	0,053	0,36	0,61	2,01	0,02	0,74	2,18
L-PD	I	0-5	<0,053		1,60	5,28		1,45	4,28
L-PD	I	5-10	4,76	0,00	7,94	24,75	0,00	8,65	24,82
L-PD	I	5-10	2	0,08	3,98	12,41	0,02	4,76	13,66
L-PD	I	5-10	1	0,13	2,71	8,45	0,08	3,81	10,93
L-PD	I	5-10	0,5	0,38	4,47	13,93	0,35	3,83	10,99
L-PD	I	5-10	0,25	5,84	7,05	21,98	4,97	9,42	27,03
L-PD	I	5-10	0,105	7,85	3,97	12,38	6,16	2,31	6,63
L-PD	I	5-10	0,053	0,23	0,67	2,09	0,25	0,69	1,98
L-PD	I	5-10	<0,053		1,29	4,02		1,38	3,96
L-PD	I	10-20	4,76	0,00	7,72	24,03	0,00	4,52	12,22
L-PD	I	10-20	2	0,11	4,18	13,01	0,08	4,74	12,82
L-PD	I	10-20	1	0,04	2,90	9,03	0,08	5,25	14,20
L-PD	I	10-20	0,5	0,31	3,96	12,32	0,40	7,99	21,61
L-PD	I	10-20	0,25	5,76	7,58	23,59	4,28	9,80	26,50
L-PD	I	10-20	0,105	8,55	3,71	11,55	5,26	2,78	7,52
L-PD	I	10-20	0,053	0,23	0,68	2,12	0,20	0,54	1,46
L-PD	I	10-20	<0,053		1,40	4,36		1,36	3,68
L-PD	II	0-5	4,76	0,00	4,40	13,75	0,02	2,92	9,32

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

L-PD	II	0-5	2	0,07	3,92	12,25	0,09	3,40	10,85
L-PD	II	0-5	1	0,10	3,23	10,09	0,11	3,48	11,11
L-PD	II	0-5	0,5	0,47	8,44	26,38	-0,53	4,61	14,71
L-PD	II	0-5	0,25	5,57	6,68	20,88	6,44	10,56	33,71
L-PD	II	0-5	0,105	9,22	2,80	8,75	8,81	3,59	11,46
L-PD	II	0-5	0,053	0,25	0,90	2,81	0,40	0,81	2,59
L-PD	II	0-5	<0,053		1,63	5,09		1,96	6,26
L-PD	II	5-10	4,76	0,03	5,43	17,48	0,00	6,03	17,66
L-PD	II	5-10	2	0,03	3,97	12,78	0,12	3,84	11,25
L-PD	II	5-10	1	0,10	4,07	13,10	0,10	3,00	8,79
L-PD	II	5-10	0,5	0,42	3,96	12,75	0,45	5,71	16,73
L-PD	II	5-10	0,25	5,74	7,00	22,54	5,36	9,89	28,97
L-PD	II	5-10	0,105	9,36	4,03	12,97	6,86	3,14	9,20
L-PD	II	5-10	0,053	0,32	0,88	2,83	0,35	0,73	2,14
L-PD	II	5-10	<0,053		1,72	5,54		1,80	5,27
L-PD	II	10-20	4,76	0,00	3,39	10,86	0,00	4,29	12,65
L-PD	II	10-20	2	0,08	4,95	15,86	0,02	4,67	13,77
L-PD	II	10-20	1	0,03	4,31	13,81	-0,01	4,23	12,47
L-PD	II	10-20	0,5	0,32	3,17	10,15	0,30	6,44	18,99
L-PD	II	10-20	0,25	5,26	8,18	26,20	5,94	8,59	25,32
L-PD	II	10-20	0,105	9,90	4,68	14,99	6,93	3,27	9,64
L-PD	II	10-20	0,053	0,25	0,81	2,59	0,22	0,77	2,27
L-PD	II	10-20	<0,053		1,73	5,54		1,66	4,89
L-PD	III	0-5	4,76	0,01	6,91	22,43	-0,01	5,20	16,70
L-PD	III	0-5	2	0,08	2,92	9,48	0,04	3,37	10,83
L-PD	III	0-5	1	0,03	1,79	5,81	0,09	3,58	11,50
L-PD	III	0-5	0,5	0,37	3,94	12,79	0,41	3,84	12,34
L-PD	III	0-5	0,25	5,64	8,03	26,06	8,27	8,62	27,69
L-PD	III	0-5	0,105	9,26	4,42	14,35	6,85	3,02	9,70
L-PD	III	0-5	0,053	0,25	1,02	3,31	0,24	1,07	3,44
L-PD	III	0-5	<0,053		1,78	5,78		2,43	7,81
L-PD	III	5-10	4,76	0,00	7,70	23,92	0,03	7,52	23,07
L-PD	III	5-10	2	0,03	4,65	14,45	-0,35	5,00	15,34
L-PD	III	5-10	1	0,03	3,22	10,00	0,06	3,11	9,54
L-PD	III	5-10	0,5	0,31	3,28	10,19	0,35	4,92	15,10
L-PD	III	5-10	0,25	5,55	7,37	22,90	7,37	6,83	20,96
L-PD	III	5-10	0,105	8,54	3,70	11,49	6,74	3,14	9,63
L-PD	III	5-10	0,053	0,25	0,74	2,30	0,22	0,64	1,96
L-PD	III	5-10	<0,053		1,53	4,75		1,43	4,39
L-PD	III	10-20	4,76	0,00	8,22	23,93	0,00	5,68	16,89
L-PD	III	10-20	2	0,04	5,42	15,78	0,12	7,36	21,89
L-PD	III	10-20	1	0,06	2,49	7,25	0,06	3,87	11,51
L-PD	III	10-20	0,5	0,31	4,53	13,19	0,36	4,53	13,47
L-PD	III	10-20	0,25	5,02	8,02	23,35	7,17	7,72	22,96
L-PD	III	10-20	0,105	6,94	3,94	11,47	5,60	2,63	7,82
L-PD	III	10-20	0,053	0,18	0,66	1,92	0,15	0,57	1,69
L-PD	III	10-20	<0,053		1,07	3,11		1,27	3,78
PPd	I	0-5	4,76	0,00	9,57	26,69	0,04	8,17	23,45
PPd	I	0-5	2	0,23	8,82	24,60	0,02	8,91	25,57
PPd	I	0-5	1	0,13	4,68	13,05	0,19	4,27	12,26
PPd	I	0-5	0,5	0,38	3,61	10,07	0,47	4,90	14,06
PPd	I	0-5	0,25	4,80	5,80	16,18	5,93	4,74	13,61
PPd	I	0-5	0,105	5,44	1,78	4,97	5,48	2,16	6,20
PPd	I	0-5	0,053	0,21	0,37	1,03	0,19	0,37	1,06
PPd	I	0-5	<0,053		1,22	3,40		1,32	3,79
PPd	I	5-10	4,76	0,00	14,85	37,94	0,00	12,74	33,88
PPd	I	5-10	2	0,13	8,02	20,49	0,04	9,99	26,57
PPd	I	5-10	1	0,08	3,66	9,35	0,08	4,12	10,96
PPd	I	5-10	0,5	0,40	3,80	9,71	0,34	3,43	9,12
PPd	I	5-10	0,25	3,55	5,64	14,41	3,99	3,24	8,62

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

PPd	I	5-10	0,105	4,26	1,85	4,73	5,71	2,61	6,94
PPd	I	5-10	0,053	0,13	0,34	0,87	0,18	0,42	1,12
PPd	I	5-10	<0,053		0,98	2,50		1,05	2,79
PPd	I	10-20	4,76	0,00	8,79	23,06	0,00	12,87	33,87
PPd	I	10-20	2	0,04	8,59	22,53	0,24	8,19	21,55
PPd	I	10-20	1	0,13	4,64	12,17	0,08	2,86	7,53
PPd	I	10-20	0,5	0,33	5,62	14,74	0,36	5,69	14,97
PPd	I	10-20	0,25	4,19	6,99	18,34	4,46	4,86	12,79
PPd	I	10-20	0,105	4,54	2,27	5,95	4,24	2,25	5,92
PPd	I	10-20	0,053	0,11	0,33	0,87	0,10	0,35	0,92
PPd	I	10-20	<0,053		0,89	2,33		0,93	2,45
PPd	II	0-5	4,76	0,00	12,18	34,26	0,00	14,61	42,24
PPd	II	0-5	2	0,09	6,48	18,23	0,10	6,88	19,89
PPd	II	0-5	1	0,13	3,43	9,65	0,18	2,65	7,66
PPd	II	0-5	0,5	0,42	3,60	10,13	0,37	2,82	8,15
PPd	II	0-5	0,25	4,72	5,33	14,99	4,91	3,73	10,78
PPd	II	0-5	0,105	6,41	2,62	7,37	7,13	2,22	6,42
PPd	II	0-5	0,053	0,18	0,47	1,32	0,19	0,35	1,01
PPd	II	0-5	<0,053		1,44	4,05		1,33	3,85
PPd	II	5-10	4,76	0,00	14,80	37,28	0,00	14,50	36,50
PPd	II	5-10	2	0,15	9,65	24,31	0,09	10,25	25,80
PPd	II	5-10	1	0,07	3,48	8,77	0,04	3,56	8,96
PPd	II	5-10	0,5	0,27	3,63	9,14	0,25	4,56	11,48
PPd	II	5-10	0,25	3,29	5,62	14,16	3,75	4,09	10,29
PPd	II	5-10	0,105	4,25	1,45	3,65	4,00	1,63	4,10
PPd	II	5-10	0,053	0,19	0,27	0,68	0,16	0,26	0,65
PPd	II	5-10	<0,053		0,80	2,02		0,88	2,21
PPd	II	10-20	4,76	0,00	13,58	34,25	0,00	13,85	36,01
PPd	II	10-20	2	0,16	9,80	24,72	0,02	8,39	21,81
PPd	II	10-20	1	0,11	3,47	8,75	0,07	3,78	9,83
PPd	II	10-20	0,5	0,28	3,93	9,91	0,26	4,29	11,15
PPd	II	10-20	0,25	3,12	5,73	14,45	4,01	4,70	12,22
PPd	II	10-20	0,105	4,75	1,98	4,99	5,00	2,35	6,11
PPd	II	10-20	0,053	0,21	0,35	0,88	0,24	0,16	0,42
PPd	II	10-20	<0,053		0,81	2,04		0,94	2,44
PPd	III	0-5	4,76	0,00	10,13	30,38	0,00	11,65	32,34
PPd	III	0-5	2	0,24	6,13	18,39	0,13	6,11	16,96
PPd	III	0-5	1	0,15	4,02	12,06	0,14	4,48	12,44
PPd	III	0-5	0,5	0,44	3,77	11,31	0,37	5,64	15,66
PPd	III	0-5	0,25	5,27	5,06	15,18	5,49	4,74	13,16
PPd	III	0-5	0,105	7,24	2,50	7,50	4,71	1,82	5,05
PPd	III	0-5	0,053	0,05	0,44	1,32	0,20	0,32	0,89
PPd	III	0-5	<0,053		1,29	3,87		1,26	3,50
PPd	III	5-10	4,76	0,00	17,38	42,79	0,00	16,43	41,98
PPd	III	5-10	2	0,08	9,03	22,23	0,10	9,36	23,91
PPd	III	5-10	1	0,07	4,60	11,32	0,10	3,89	9,94
PPd	III	5-10	0,5	0,18	3,03	7,46	0,25	2,65	6,77
PPd	III	5-10	0,25	2,70	3,96	9,75	3,59	3,57	9,12
PPd	III	5-10	0,105	3,58	1,46	3,59	4,24	1,94	4,96
PPd	III	5-10	0,053	0,18	0,28	0,69	0,13	0,34	0,87
PPd	III	5-10	<0,053		0,88	2,17		0,96	2,45
PPd	III	10-20	4,76	0,00	19,29	48,60	0,00	16,96	43,23
PPd	III	10-20	2	0,08	8,12	20,46	0,15	7,95	20,27
PPd	III	10-20	1	0,08	2,23	5,62	0,07	2,96	7,55
PPd	III	10-20	0,5	0,24	2,61	6,58	0,21	3,75	9,56
PPd	III	10-20	0,25	3,56	4,18	10,53	3,87	4,43	11,29
PPd	III	10-20	0,105	3,70	1,87	4,71	4,03	2,03	5,17
PPd	III	10-20	0,053	0,13	0,46	1,16	0,17	0,29	0,74
PPd	III	10-20	<0,053		0,93	2,34		0,86	2,19
L4P4	I	0-5	4,76	0,02	12,52	34,05	0,19	14,66	40,72

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

L4P4	I	0-5	2	0,23	4,41	11,99	0,33	3,64	10,11
L4P4	I	0-5	1	0,13	2,67	7,26	0,18	2,67	7,42
L4P4	I	0-5	0,5	0,36	4,96	13,49	0,38	3,91	10,86
L4P4	I	0-5	0,25	4,31	7,33	19,93	4,49	4,22	11,72
L4P4	I	0-5	0,105	4,75	2,49	6,77	5,53	3,89	10,81
L4P4	I	0-5	0,053	0,27	0,61	1,66	0,27	0,77	2,14
L4P4	I	0-5	<0,053		1,78	4,84		2,24	6,22
L4P4	I	5-10	4,76	0,00	13,41	35,67	0,13	14,38	39,15
L4P4	I	5-10	2	0,19	3,99	10,61	0,50	3,82	10,40
L4P4	I	5-10	1	0,07	2,84	7,56	0,07	2,84	7,73
L4P4	I	5-10	0,5	0,43	4,99	13,27	-0,69	4,17	11,35
L4P4	I	5-10	0,25	3,55	6,07	16,15	4,63	6,22	16,93
L4P4	I	5-10	0,105	4,81	3,69	9,82	4,10	2,70	7,35
L4P4	I	5-10	0,053	0,40	0,99	2,63	0,38	0,77	2,10
L4P4	I	5-10	<0,053		1,61	4,28		1,83	4,98
L4P4	I	10-20	4,76	0,00	10,09	26,67	0,00	8,28	22,61
L4P4	I	10-20	2	0,30	6,40	16,92	0,28	5,94	16,22
L4P4	I	10-20	1	0,12	3,76	9,94	0,14	4,67	12,75
L4P4	I	10-20	0,5	0,36	5,80	15,33	0,38	5,84	15,95
L4P4	I	10-20	0,25	3,94	5,99	15,83	4,91	5,53	15,10
L4P4	I	10-20	0,105	4,58	3,90	10,31	5,38	4,29	11,71
L4P4	I	10-20	0,053	0,25	0,65	1,72	0,37	0,71	1,94
L4P4	I	10-20	<0,053		1,24	3,28		1,36	3,71
L4P4	II	0-5	4,76	0,07	17,20	43,81	0,09	19,66	48,62
L4P4	II	0-5	2	0,23	4,27	10,88	0,09	4,45	11,00
L4P4	II	0-5	1	0,16	3,12	7,95	0,06	3,33	8,23
L4P4	II	0-5	0,5	0,36	4,30	10,95	0,35	4,58	11,33
L4P4	II	0-5	0,25	3,21	5,29	13,47	3,22	4,56	11,28
L4P4	II	0-5	0,105	4,09	3,11	7,92	3,07	2,09	5,17
L4P4	II	0-5	0,053	0,29	0,57	1,45	0,22	0,48	1,19
L4P4	II	0-5	<0,053		1,40	3,57		1,29	3,19
L4P4	II	5-10	4,76	-0,02	13,74	34,99	0,00	14,23	36,55
L4P4	II	5-10	2	0,14	6,11	15,56	0,08	5,82	14,95
L4P4	II	5-10	1	0,05	3,73	9,50	0,03	3,64	9,35
L4P4	II	5-10	0,5	0,31	5,77	14,69	0,31	5,03	12,92
L4P4	II	5-10	0,25	3,14	4,93	12,55	3,89	5,47	14,05
L4P4	II	5-10	0,105	4,49	3,02	7,69	4,08	2,63	6,76
L4P4	II	5-10	0,053	0,17	0,63	1,60	0,18	0,71	1,82
L4P4	II	5-10	<0,053		1,34	3,41		1,40	3,60
L4P4	II	10-20	4,76	0,00	11,42	29,36	0,16	12,10	30,91
L4P4	II	10-20	2	0,12	6,55	16,84	0,11	6,40	16,35
L4P4	II	10-20	1	0,05	3,41	8,77	0,04	3,53	9,02
L4P4	II	10-20	0,5	0,33	4,48	11,52	0,29	5,86	14,97
L4P4	II	10-20	0,25	3,42	6,71	17,25	3,52	6,39	16,33
L4P4	II	10-20	0,105	4,74	4,33	11,13	3,70	3,14	8,02
L4P4	II	10-20	0,053	0,21	0,83	2,13	0,24	0,58	1,48
L4P4	II	10-20	<0,053		1,17	3,01		1,14	2,91
L4P4	III	0-5	4,76	-0,01	14,83	39,17	0,10	15,03	39,20
L4P4	III	0-5	2	0,03	4,66	12,31	0,07	4,99	13,02
L4P4	III	0-5	1	0,10	3,35	8,85	0,07	3,13	8,16
L4P4	III	0-5	0,5	0,32	3,86	10,20	0,27	3,34	8,71
L4P4	III	0-5	0,25	3,20	4,92	13,00	3,56	5,58	14,55
L4P4	III	0-5	0,105	5,46	3,86	10,20	4,55	3,64	9,49
L4P4	III	0-5	0,053	0,21	0,58	1,53	0,26	0,71	1,85
L4P4	III	0-5	<0,053		1,80	4,75		1,92	5,01
L4P4	III	5-10	4,76	0,00	12,86	32,56	0,08	13,58	33,91
L4P4	III	5-10	2	0,10	5,42	13,72	0,05	4,87	12,16
L4P4	III	5-10	1	0,07	4,24	10,73	0,04	3,35	8,36
L4P4	III	5-10	0,5	0,29	5,27	13,34	0,35	6,38	15,93
L4P4	III	5-10	0,25	2,84	5,12	12,96	2,92	6,68	16,68

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

L4P4	III	5-10	0,105	4,36	4,20	10,63	3,85	3,23	8,06
L4P4	III	5-10	0,053	0,25	0,75	1,90	0,19	0,54	1,35
L4P4	III	5-10	<0,053		1,64	4,15		1,42	3,55
L4P4	III	10-20	4,76	0,00	13,81	35,84	0,00	15,57	40,12
L4P4	III	10-20	2	0,07	4,69	12,17	0,11	4,56	11,75
L4P4	III	10-20	1	0,03	3,45	8,95	0,05	2,25	5,80
L4P4	III	10-20	0,5	0,31	5,20	13,50	0,26	3,24	8,35
L4P4	III	10-20	0,25	3,11	5,25	13,63	2,95	6,04	15,56
L4P4	III	10-20	0,105	4,47	3,84	9,97	4,73	4,75	12,24
L4P4	III	10-20	0,053	0,17	0,76	1,97	0,25	0,85	2,19
L4P4	III	10-20	<0,053		1,53	3,97		1,55	3,99
L1P3	I	0-5	4,76	-2,80	8,60	22,83	0,43	6,72	18,92
L1P3	I	0-5	2	1,04	5,07	13,46	0,81	3,75	10,56
L1P3	I	0-5	1	0,32	3,44	9,13	0,28	2,34	6,59
L1P3	I	0-5	0,5	0,42	5,61	14,89	0,41	6,31	17,76
L1P3	I	0-5	0,25	4,56	7,02	18,64	3,91	8,92	25,11
L1P3	I	0-5	0,105	6,10	4,85	12,87	6,16	4,41	12,42
L1P3	I	0-5	0,053	0,26	1,25	3,32	0,26	0,97	2,73
L1P3	I	0-5	<0,053		1,83	4,86		2,10	5,91
L1P3	I	5-10	4,76	0,41	8,08	23,86	0,18	5,49	14,96
L1P3	I	5-10	2	1,03	3,72	10,98	0,73	4,79	13,05
L1P3	I	5-10	1	0,25	3,66	10,81	0,22	4,29	11,69
L1P3	I	5-10	0,5	0,43	4,60	13,58	0,34	4,91	13,38
L1P3	I	5-10	0,25	4,30	6,62	19,55	4,01	10,32	28,12
L1P3	I	5-10	0,105	7,33	4,66	13,76	5,58	4,32	11,77
L1P3	I	5-10	0,053	0,23	0,87	2,57	0,23	0,88	2,40
L1P3	I	5-10	<0,053		1,66	4,90		1,70	4,63
L1P3	I	10-20	4,76	0,00	4,26	12,61	0,00	4,48	13,03
L1P3	I	10-20	2	0,64	5,53	16,38	0,65	4,49	13,06
L1P3	I	10-20	1	0,32	3,62	10,72	0,20	4,78	13,90
L1P3	I	10-20	0,5	0,42	6,01	17,80	0,43	4,79	13,93
L1P3	I	10-20	0,25	4,91	7,87	23,30	4,40	9,06	26,34
L1P3	I	10-20	0,105	6,75	3,88	11,49	6,09	4,32	12,56
L1P3	I	10-20	0,053	0,30	0,91	2,69	0,30	0,73	2,12
L1P3	I	10-20	<0,053		1,69	5,00		1,74	5,06
L1P3	II	0-5	4,76	0,01	9,53	28,45	0,31	10,86	30,08
L1P3	II	0-5	2	0,60	3,49	10,42	0,43	3,10	8,59
L1P3	II	0-5	1	0,28	3,97	11,85	0,20	1,86	5,15
L1P3	II	0-5	0,5	0,46	4,04	12,06	0,48	4,71	13,05
L1P3	II	0-5	0,25	4,17	4,95	14,78	4,64	7,66	21,22
L1P3	II	0-5	0,105	7,00	4,32	12,90	7,14	4,70	13,02
L1P3	II	0-5	0,053	0,34	0,96	2,87	0,34	1,01	2,80
L1P3	II	0-5	<0,053		2,24	6,69		2,20	6,09
L1P3	II	5-10	4,76	0,00	11,18	29,72	0,00	11,85	32,59
L1P3	II	5-10	2	0,81	5,39	14,33	0,55	3,61	9,93
L1P3	II	5-10	1	0,16	3,78	10,05	0,13	3,92	10,78
L1P3	II	5-10	0,5	0,41	4,03	10,71	0,30	3,88	10,67
L1P3	II	5-10	0,25	3,62	6,71	17,84	4,78	7,21	19,83
L1P3	II	5-10	0,105	4,97	3,95	10,50	5,44	3,19	8,77
L1P3	II	5-10	0,053	0,23	0,82	2,18	0,30	0,91	2,50
L1P3	II	5-10	<0,053		1,76	4,68		1,79	4,92
L1P3	II	10-20	4,76	0,00	7,15	19,15	0,00	9,07	24,86
L1P3	II	10-20	2	0,34	5,65	15,14	0,20	4,36	11,95
L1P3	II	10-20	1	0,14	4,76	12,75	0,20	3,24	8,88
L1P3	II	10-20	0,5	0,31	5,91	15,83	0,31	5,71	15,65
L1P3	II	10-20	0,25	3,60	6,72	18,00	5,06	7,90	21,65
L1P3	II	10-20	0,105	6,16	4,54	12,16	5,78	3,74	10,25
L1P3	II	10-20	0,053	0,32	0,79	2,12	0,26	0,70	1,92
L1P3	II	10-20	<0,053		1,81	4,85		1,77	4,85
L1P3	III	0-5	4,76	0,00	9,04	26,39	0,00	11,61	33,00

Continua...

## Continuação do Apêndice 7

L1P3	III	0-5	2	0,49	5,13	14,97	0,59	4,60	13,08
L1P3	III	0-5	1	0,13	3,09	9,02	0,12	2,91	8,27
L1P3	III	0-5	0,5	0,41	4,00	11,68	0,39	3,72	10,57
L1P3	III	0-5	0,25	4,91	5,99	17,48	5,00	6,15	17,48
L1P3	III	0-5	0,105	6,75	4,01	11,70	6,02	2,98	8,47
L1P3	III	0-5	0,053	0,63	0,81	2,36	0,43	0,87	2,47
L1P3	III	0-5	<0,053		2,19	6,39		2,34	6,65
L1P3	III	5-10	4,76	0,35	11,10	29,76	0,08	8,49	23,85
L1P3	III	5-10	2	0,67	5,90	15,82	0,91	5,75	16,15
L1P3	III	5-10	1	0,09	3,91	10,48	1,13	2,39	6,71
L1P3	III	5-10	0,5	0,33	5,10	13,67	0,30	5,93	16,66
L1P3	III	5-10	0,25	3,40	4,60	12,33	4,63	7,78	21,85
L1P3	III	5-10	0,105	5,57	4,11	11,02	5,21	2,61	7,33
L1P3	III	5-10	0,053	0,36	0,82	2,20	0,33	0,82	2,30
L1P3	III	5-10	<0,053		1,76	4,72		1,83	5,14
L1P3	III	10-20	4,76	0,12	9,58	26,65	0,14	7,42	20,40
L1P3	III	10-20	2	0,53	5,60	15,58	0,67	4,94	13,58
L1P3	III	10-20	1	0,10	3,69	10,26	0,15	3,59	9,87
L1P3	III	10-20	0,5	0,36	3,88	10,79	-0,63	4,93	13,56
L1P3	III	10-20	0,25	4,41	5,87	16,33	4,39	8,93	24,55
L1P3	III	10-20	0,105	5,94	4,89	13,60	5,42	4,00	11,00
L1P3	III	10-20	0,053	0,38	0,73	2,03	0,35	0,78	2,14
L1P3	III	10-20	<0,053		1,71	4,76		1,78	4,89
L-PC	I	0-5	4,76	0,00	1,18	4,09	0,03	3,23	10,25
L-PC	I	0-5	2	0,14	2,98	10,34	0,23	1,89	6,00
L-PC	I	0-5	1	0,06	3,59	12,45	0,12	2,18	6,92
L-PC	I	0-5	0,5	0,39	4,32	14,98	0,33	4,93	15,64
L-PC	I	0-5	0,25	7,44	8,97	31,11	6,66	11,10	35,22
L-PC	I	0-5	0,105	11,05	4,04	14,01	8,99	4,20	13,32
L-PC	I	0-5	0,053	0,27	0,84	2,91	0,51	1,16	3,68
L-PC	I	0-5	<0,053		2,91	10,09		2,83	8,98
L-PC	I	5-10	4,76	0,00	1,96	5,98	0,00	1,39	4,80
L-PC	I	5-10	2	0,17	3,15	9,61	0,09	2,20	7,60
L-PC	I	5-10	1	0,05	2,60	7,93	0,09	2,73	9,43
L-PC	I	5-10	0,5	0,38	4,98	15,19	0,45	3,30	11,40
L-PC	I	5-10	0,25	6,28	12,60	38,43	8,12	9,65	33,34
L-PC	I	5-10	0,105	8,33	3,65	11,13	10,24	5,66	19,56
L-PC	I	5-10	0,053	0,28	1,03	3,14	0,33	1,10	3,80
L-PC	I	5-10	<0,053		2,82	8,60		2,91	10,06
L-PC	I	10-20	4,76	0,00	2,43	7,61	0,00	2,68	8,15
L-PC	I	10-20	2	0,29	3,19	9,99	0,17	4,40	13,37
L-PC	I	10-20	1	0,11	3,30	10,33	0,14	3,36	10,21
L-PC	I	10-20	0,5	0,33	7,19	22,51	0,43	6,22	18,91
L-PC	I	10-20	0,25	5,77	9,33	29,21	7,51	10,04	30,52
L-PC	I	10-20	0,105	9,08	3,72	11,65	6,64	3,30	10,03
L-PC	I	10-20	0,053	0,23	0,73	2,29	0,23	0,85	2,58
L-PC	I	10-20	<0,053		2,05	6,42		2,05	6,23
L-PC	II	0-5	4,76	0,00	1,29	4,04		2,64	8,27
L-PC	II	0-5	2	0,09	2,29	7,17	0,00	0,57	1,95
L-PC	II	0-5	1	0,09	3,31	10,36	0,17	2,09	7,14
L-PC	II	0-5	0,5	0,35	4,50	14,09	0,10	2,90	9,90
L-PC	II	0-5	0,25	6,45	12,53	39,23	0,46	3,14	10,72
L-PC	II	0-5	0,105	9,53	4,32	13,53	8,87	11,12	37,97
L-PC	II	0-5	0,053	0,30	1,06	3,32	9,78	5,51	18,81
L-PC	II	0-5	<0,053				0,28	1,19	4,06
L-PC	II	5-10	4,76	0	0,89	2,72	0,00	0,85	2,59
L-PC	II	5-10	2	0	3,31	10,10	0,07	3,22	9,81
L-PC	II	5-10	1	0,06	4,75	14,49	0,15	3,64	11,09
L-PC	II	5-10	0,5	0,33	5,05	15,41	0,41	7,05	21,47
L-PC	II	5-10	0,25	6,27	10,76	32,83	8,04	10,82	32,96

Continua...



## Continuação do Apêndice 7

L-PC	II	5-10	0,105	9,22	4,62	14,10	7,07	3,85	11,73
L-PC	II	5-10	0,053	0,22	1,01	3,08	0,24	0,95	2,89
L-PC	II	5-10	<0,053		2,38	7,26		2,45	7,46
L-PC	II	10-20	4,76	0,11	0,7	2,13	0,00	1,34	4,38
L-PC	II	10-20	2	0,11	3,38	10,30	0,13	4,56	14,91
L-PC	II	10-20	1	0,16	3,1	9,45	0,10	4,07	13,31
L-PC	II	10-20	0,5	0,39	6,63	20,21	0,45	4,75	15,53
L-PC	II	10-20	0,25	6,38	12,55	38,26	7,63	9,08	29,68
L-PC	II	10-20	0,105	8,09	3,72	11,34	9,34	4,05	13,24
L-PC	II	10-20	0,053	0,33	0,84	2,56	0,32	0,74	2,42
L-PC	II	10-20	<0,053		1,88	5,73		2,00	6,54
L-PC	III	0-5	4,76	0	0,64	1,97	0,00	0,65	1,71
L-PC	III	0-5	2	0,09	2,08	6,39	0,03	3,20	8,44
L-PC	III	0-5	1	0,06	2,07	6,36	0,08	3,10	8,18
L-PC	III	0-5	0,5	0,34	3,1	9,53	0,39	6,06	15,99
L-PC	III	0-5	0,25	7,31	10,63	32,67	8,42	11,29	29,78
L-PC	III	0-5	0,105	8,07	9,82	30,18	1,41	9,46	24,95
L-PC	III	0-5	0,053	0,2	1,06	3,26	0,36	1,53	4,04
L-PC	III	0-5	<0,053		3,14	9,65		2,62	6,91
L-PC	III	5-10	4,76	0	1,28	3,92	0,00	0,72	2,20
L-PC	III	5-10	2	0,06	3,79	11,61	0,03	2,22	6,79
L-PC	III	5-10	1	0,1	3,55	10,87	0,08	3,23	9,88
L-PC	III	5-10	0,5	0,27	5,62	17,21	0,37	5,95	18,20
L-PC	III	5-10	0,25	6,8	9,28	28,42	5,35	11,34	34,69
L-PC	III	5-10	0,105	8,16	5,29	16,20	9,72	5,99	18,32
L-PC	III	5-10	0,053	0,22	1,26	3,86	0,17	0,83	2,54
L-PC	III	5-10	<0,053		2,58	7,90		2,41	7,37
L-PC	III	10-20	4,76	0	2,55	7,70	0,00	4,86	13,99
L-PC	III	10-20	2	0,06	3,84	11,60	0,12	3,25	9,35
L-PC	III	10-20	1	0,06	3,3	9,97	0,09	2,79	8,03
L-PC	III	10-20	0,5	0,28	3,33	10,06	0,32	6,02	17,32
L-PC	III	10-20	0,25	5,55	10,99	33,20	6,79	11,00	31,65
L-PC	III	10-20	0,105	9,18	5,82	17,58	6,26	3,93	11,31
L-PC	III	10-20	0,053	0,27	1,2	3,63	0,20	0,79	2,27
L-PC	III	10-20	<0,053		2,07	6,25		2,11	6,07

## 12. RESUMO BIOGRÁFICO

Júlio Cesar Salton, filho de Arno Arcângelo Salton e Ary Lara Salton, nasceu em 25 de junho de 1957, em Passo Fundo (RS), onde realizou seus estudos de 1º e 2º graus. Em 1976 ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo, graduando-se em 1980. Em 1981 iniciou suas atividades profissionais no Depto. Técnico da Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda – COTRIJUI no estado de Mato Grosso do Sul, atuando em assistência técnica e difusão de tecnologias por meio de convênio com a Embrapa – UEPAE de Dourados. De março de 1989 a setembro de 1991, realizou o Curso de Mestrado em Ciência do Solo, na área de Manejo e Conservação do Solo, sob orientação do Prof. João Mielniczuk, no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Retornando ao Mato Grosso do Sul, participou da criação da Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias, onde atuou até o final de 1994. Em dezembro de 1994 ingressou na Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados,MS como Pesquisador na área de Solos, onde foi Chefe Adjunto de Pesquisa no período de setembro de 1996 a julho de 2002. Atuou como professor no curso de Administração Rural da UNIGRAN em Dourados, no período de 1995 a 2002. Em agosto de 2002 iniciou o curso de Doutorado, no Programa de Pós-Graduação, na área de Manejo do Solo, sob orientação do Prof. João Mielniczuk. É casado com Lana Maria Correia Salton e tem um filho, Júlio Cesar Salton Filho, nascido em Dourados,MS em 1988. Ocupou vários cargos em Associações de Engenheiros Agrônomos em Mato Grosso do Sul, na diretoria do Grupo de Plantio na Palha de Dourados e é membro da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.