

INSTITUTO AGRONÔMICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL E SUBTROPICAL

QUANTIDADES DE PALHA E SUA INFLUÊNCIA NO
CONTROLE DA EROSÃO E NA QUALIDADE DO
LATOSSOLO VERMELHO EM SISTEMA SEMEADURA
DIRETA EM CAMPINAS, SP.

SILVIA LASSO GUEVARA

Orientadora: Sonia Carmela Falci Dechen

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em Agricultura Tropical e Subtropical Área de concentração em Gestão de Recursos Agroambientais

Campinas, SP
Junho de 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Aos meus pais

Loredana e Omar,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À pesquisadora científica Sonia Carmela Falci Dechen, pela orientação e incentivo na realização deste trabalho;
- À pesquisadora científica Sueli dos Santos Freitas, pela constante participação e contribuição na elaboração deste trabalho;
- À pesquisadora científica Isabella Clerici de Maria, pelo acompanhamento e

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Cobertura vegetal.....	6

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resenha climatológica com os dados relativos à temperatura média, precipitação pluvial e balanço hídrico, em Campinas, entre julho de 2003 e dezembro de 2006.....	23
Tabela 2 - Culturas de verão, inverno e primavera na instalação do experimento, no ano agrícola de 2003/04. Campinas, SP.....	24
Tabela 3 - Porcentagens médias de cobertura vegetal do solo, avaliadas, com o método fotográfico e programa SIARCS e com o método do quadro, em sistema de semeadura direta, de setembro de 2005 a abril de 2006. Campinas, SP.....	40
Tabela 4 - Quantidade de palha e quantidade de matéria seca com algodão, em 2005/2006, em distintas posições no talhão em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	41
Tabela 5 - Perdas mensais de água como enxurrada de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em sistema semeadura direta, de julho de 2003 a dezembro de 2006. Campinas, SP.....	46
Tabela 6 - Perdas mensais de terra de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em sistema semeadura direta, de julho de 2003 a dezembro de 2006. Campinas, SP.....	47
Tabela 7 - Perdas anuais acumuladas de água e de terra de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em diferentes anos agrícolas, de julho de 2003 a dezembro de 2006, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	48
Tabela 8 - Coeficientes de correlação das perdas de água e de terra com a porcentagem de cobertura (método do quadro e programa Siarcs) e precipitação.....	49
Tabela 9 - Densidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	53
Tabela 10 - Porosidade total de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	54
Tabela 11 - Macroporosidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	55
Tabela 12 - Microporosidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	56

Tabela 13 - Água disponível (AD) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	57
Tabela 14 - Infiltração, condutividade hidráulica saturada (Ks), coeficiente de variação (CV) e valor de infiltração básica da água (VIB) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades e épocas de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	59
Tabela 15 - Umidade gravimétrica do solo em talhões experimentais, em diferentes profundidades e épocas de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	63
Tabela 16 - Resistência à penetração segundo os tratamentos, profundidade e época de amostragem.....	65
Tabela 17 - Diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em função da posição na declividade do talhão e de épocas de amostragem, em sistema semeadura direta, Campinas, SP.....	66
Tabela 18 - Distribuição dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, por classes de tamanho, em mm, em três profundidades de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP, julho de 2005.....	71
Tabela 19 - Diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,5 m, em abril 2006, em sistema semeadura direta, Campinas, SP.	72
Tabela 20 - Distribuição dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, por classes de tamanho, em mm, em três profundidades de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP, julho de 2006.....	76
Tabela 21 - Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, posição na declividade do terreno e épocas de amostragem em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	87
Tabela 22 - Características químicas de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,20 m, em distintas épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	79
Tabela 23 - Respiração basal medida no campo de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas épocas de avaliação, em sistema semeadura direta. Campinas, SP, 2006.....	82

Tabela 24 - Carbono da biomassa microbiana em macroagregados (9,52-2,00 mm) e microagregados (< 2 mm) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, e épocas de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP.....	83
Tabela 25 - Respiração basal em um Latossolo Vermelho Distroférico típico em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	84
Tabela 26 - Respiração basal em macro (9,52-2,00 mm) e microagregados (< 2 mm) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	86
Tabela 27 - Quociente metabólico das comunidades microbianas presentes nos macro (9,52-2,00 mm) e microagregados (< 2 mm) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	87
Tabela 28 - Variação temporal de indicadores microbiológicos estudados em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização e coordenadas geográficas da cidade de Campinas.....	21
Figura 2 -	Sistemas coletores do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais instalados no Centro Experimental do Instituto Agronômico em Campinas. No detalhe, os talhões da área experimental.....	22
Figura 3 -	Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal pelos métodos do quadro, com corda interna marcada a espaços regulares, num total de 20 pontos (A) e fotográfico (B, C e D). A: quadro utilizado durante a avaliação da cobertura vegetal; B: tratamento milho contínuo em 30/setembro/2005; C: tratamento algodão-milho/milheto em 11/outubro/2005; D: Tratamento algodão/aveia preta em 10/fevereiro/2006. Campinas, SP.....	26
Figura 4 -	Detalhamento de sistema coletor de perdas por erosão. A: Tela; B: Divisor tipo Geib; C: Calha; D: Divisor tipo Geib; E: Ralo.....	27
Figura 5 -	Tanques de decantação e de armazenamento para monitoramento de perdas por erosão de terra e de água. Instituto Agronômico, Campinas, SP.....	28
Figura 6 -	A: Saturação das amostras nos anéis volumétricos; B: Câmaras de Richards para determinação da retenção de água nos vários pontos de tensão.....	29
Figura 7 -	a: Permeâmetro modelo IAC para determinação da infiltração e condutividade hidráulica; b: detalhe tubo acrílico para determinação da carga hidráulica.....	30
Figura 8 -	Determinação da estabilidade de agregados por via úmida. A: Conjunto de seis peneiras utilizadas no peneiramento; B: Agregados selecionados de tamanho entre 9,52 mm e 4,00 mm.; C: Detalhe da peneira superior com diâmetro de 7,93 mm.....	31
Figura 9 -	Tubos de PVC implantados em talhões experimentais para determinação da liberação de CO ₂ ; A: tubos instalados em três subparcelas dos talhões experimentais; B detalhe do tubo de PVC. Instituto Agronômico, Campinas, SP.....	35
Figura 10 -	Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta, avaliada por método fotográfico e com o programa SIARCS. Campinas, SP.....	38

Figura 11 - Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com milho, em sistema semeadura direta, avaliada por método fotográfico e com o programa SIARCS. Campinas, SP.....	38
Figura 12 - Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta, avaliada pelo método do quadro. Campinas, SP.....	39
Figura 13 - Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com milho, em sistema semeadura direta, avaliada pelo método do quadro. Campinas, SP.....	39
Figura 14 - Perdas totais de água e de terra no período de julho de 2003 a dezembro de 2006 em sistema semeadura direta. Campinas, SP. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.....	48
Figura 15 - Resistência à penetração em tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta em Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas, SP. Julho de 2005.....	62
Figura 16 - Resistência à penetração em tratamentos com milho, em sistema semeadura direta em Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas, SP. Julho de 2005.....	62
Figura 17 - Resistência à penetração em tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta em Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas, SP. Julho 2006.....	64
Figura 18 - Resistência à penetração em tratamentos com milho, em sistema semeadura direta em Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas, SP. Julho 2006.....	64
Figura 19 - Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,05 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2005.....	68
Figura 20 - Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,05 -0,10 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2005.....	69
Figura 21 - Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,10-0,20 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2005.....	70

Figura 22 - Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,05 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2006.....	73
Figura 23 - Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,05-0,10 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2006.....	74
Figura 24 - Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,10-0,20 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2006.....	75
Figura 25 - Respiração basal medida no campo, nos tratamentos com algodão, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	81
Figura 26- Respiração basal medida no campo, nos tratamentos com milho, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.....	81
Figura 27- Respiração basal, medida em laboratório, em sistema semeadura direta em julho de 2005. Campinas, SP. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.....	84
Figura 28- Respiração basal, medida em laboratório, em sistema semeadura direta em julho de 2006. Campinas, SP. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.....	85

GUEVARA, Silvia Lasso. **Quantidades de palha e sua influência no controle da erosão e na qualidade do Latossolo Vermelho em sistema semeadura direta em Campinas, SP.** 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Pós-Graduação – IAC.

RESUMO

Em um sistema de oito talhões coletores de perdas por erosão, em Latossolo Vermelho Distroférico típico em Campinas, SP, com delineamento inteiramente casualizado, foi estabelecido um sistema de rotação/sucessão de culturas com milho, algodão, milheto e aveia preta, em sistema semeadura direta desde 2003/04, com foco na variação de produção de massa para cobertura do solo. No projeto os objetivos foram: determinar o grau de influência no controle da erosão pela variação da quantidade de palha produzida pelas culturas e averiguar, por meio de índices de qualidade do solo, a qualidade do sistema semeadura direta. Foram monitoradas a cobertura vegetal e as perdas de terra e água por erosão e avaliados (a) indicadores físicos do solo: porosidade, densidade, retenção de água, resistência à penetração, permeabilidade, estabilidade de agregados por via úmida; (b) indicadores de fertilidade do solo: macro e micronutrientes, matéria orgânica, pH, P, CTC, saturação por bases; (c) indicadores da microbiologia do solo: carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo no laboratório e no campo e quociente metabólico. As menores perdas de terra e água pela erosão foram verificadas nos tratamentos milho com milheto em sucessão (M/Mi), rotação algodão e milho com milheto em sucessão (A-M/Mi) e milho com aveia preta em sucessão (M/AP), sendo coincidentes com os que apresentaram valores mais elevados de porcentagem de cobertura vegetal durante o ciclo das culturas. O diâmetro médio ponderado dos agregados – DMP - foi menor nos tratamentos algodão contínuo (AC) e algodão em sucessão com milheto (A/Mi) em que houve as maiores perdas de terra pela erosão. Pelos indicadores físicos do solo identificaram-se condições heterogêneas entre a parte superior e inferior nas parcelas experimentais em decorrência da declividade, enquanto que, pelos indicadores químicos, alguma homogeneidade entre os tratamentos. Com os indicadores microbiológicos não se detectaram diferenças entre macro e microagregados, mas variação significativa entre as épocas de avaliação.

Palavras-chave: qualidade do solo, estabilidade agregados, respiração do solo.

GUEVARA, Silvia Lasso. **Amount of straw and its influence on erosion control and soil quality of a typical Rhodic Hapludox under no-tillage system in Campinas, SP, Brazil.** 2007. 99 f. Dissertation (Master Degree in Agrienvironment Resources Management) – Graduated Course – IAC.

ABSTRACT

Using a soil erosion loss study system consisting of eight erosion plots on a randomized design, on a typical Rhodic Hapludox soil in Campinas, SP, Brazil a crop rotation/succession system was established with maize, cotton, pearl millet and black oat under no tillage since 2003/04, focused on the variation of soil cover mass production. The objectives of the study were to determine the influence of soil erosion control through the amount of straw provided by the crops and to investigate the soil quality in a no tillage system by means of soil quality indices. Vegetal cover and soil and water losses due to erosion have been monitored as well as the following parameters: (a) soil physical indicators: porosity, density, water retention, penetration resistance, permeability, aggregate stability by wet sieving; (b) soil fertility indicators: macro and micronutrients, organic matter, pH, P, CEC, base saturation; (c) soil microbiology indicators: microbial biomass, soil respiration (laboratory and field evaluation) and metabolic quotient. Soil and water losses was lower in the treatment maize/pearl millet succession (M/Mi), maize and cotton rotation with pearl millet (A-M/Mi) and maize succession/black oat (M/AP). The smallest value for the mean weighted diameter (MWD) occurred in the continuous cotton treatment (AC) and cotton/pearl millet succession (A/Mi), where there were also the highest erosion losses. Soil physical indicators showed heterogeneous conditions between the upper and lower position in the experimental plots due to declivity. Soil chemical indicators showed homogeneous conditions within the treatments. Soil microbiology indicators did not reveal significative differences between macro and microaggregates, but showed significative variation depending on evaluation time.

Key words: soil quality, aggregate stability, soil respiration

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se hoje, que a quantidade de palha na superfície do solo é pré-requisito indispensável para a implantação do sistema semeadura direta ou de outras práticas conservacionistas. Nos preparos conservacionistas é favorecida a manutenção de uma camada de palha próxima à superfície do solo, formada por restos vegetais da colheita da cultura comercial e ou da pl

granífero e forrageiro e braquiárias (*Braquiaria*), imediatamente após a colheita das culturas de verão ou, em agosto-setembro, com as primeiras chuvas da primavera, com o objetivo específico de produção de massa. Produtores de culturas como a do algodão têm apresentado mais resistência à adoção do sistema semeadura direta, pois, sendo esta espécie bastante suscetível às pragas e doenças, é tradicionalmente cultivada em solo bem preparado e isento de restos culturais.

A hipótese deste estudo é verificar se a palha produzida nas condições climáticas da região centro-leste do Estado de São Paulo, limitantes à sua formação e durabilidade, com as culturas em sucessão e em rotação propostas, é suficiente para se obter um controle eficiente das perdas de terra por erosão, melhoria das suas propriedades físicas, químicas e biológicas e, conseqüentemente, para o rendimento das culturas.

Os objetivos específicos são: (a) determinar a cobertura vegetal e a quantidade de palha produzida nos sistemas de produção; (b) determinar a influência da quantidade variável de palha fornecida pelas culturas nos sistemas de produção propostos, no controle da erosão; (c) averiguar a qualidade do solo no sistema semeadura direta, pela análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Há muito tempo os conceitos de qualidade do solo vêm sendo desenvolvidos, sendo os solos classificados por suas características e propriedades, especialmente para uso agrícola e, muitas vezes, com recomendações de manejo. O crescente interesse pelo conceito de qualidade do solo, considerado um indicador-chave de sustentabilidade, tem sido estimulado pela conscientização em relação à sua função vital no ecossistema e pelo aumento das superfícies degradadas no mundo.

Considerando-se o solo como um sistema em que ocorre uma interação constante e dinâmica dos processos físicos, químicos e biológicos, que são variáveis dependendo do tipo de solo, do clima, do manejo e das culturas implantadas, pode-se pressupor que a mensuração da sua qualidade seja complexa.

A medida da qualidade do solo é dar-lhe um valor com relação à sua capacidade para cumprir uma função específica. Quando esta é estabelecida, podem-se definir e caracterizar os processos e atributos descritivos dessa função, os indicadores a eles relacionados e as metodologias para medi-los (CARTER et al., 1997). Os índices de qualidade do solo devem ser desenvolvidos para cada situação específica e avaliados especialmente quanto aos valores críticos.

Para definição da qualidade da estrutura do solo, THOMASSON (1978) propôs categorias, considerando a sua capacidade de aeração e o seu conteúdo de água disponível, em condições de clima temperado. Com esse índice, testado por DE MARIA et al. (1997) em ambientes tropicais, classificaram-se como detentores de uma estrutura de boa qualidade, solos com valores de densidade e resistência à penetração mais elevados do que os considerados restritivos ao crescimento radicular, por ROSOLEN et al. (1994).

Visando especificamente à produção de citros, SOUZA et al. (2003) estabeleceram um índice de qualidade do solo, considerando-o como meio adequado para o crescimento radicular, capacidade para recebimento e armazenamento de água e capacidade de fornecimento de nutrientes. Utilizando métodos de rotina para determinação dos atributos do solo, estabeleceram os seguintes indicadores: resistência à penetração, macroporosidade, densidade, saturação por alumínio, condutividade hidráulica saturada, retenção de água, pH em CaCl₂, CTC, V% e matéria orgânica. Foram também considerados os valores críticos dos atributos para os processos

definidos inicialmente e um fator de ponderação pela importância atribuída a cada atributo, de acordo com DORAN & PARKIN (1994).

Na literatura atual tem-se grande quantidade de informação acerca dos indicadores químicos e físicos com os quais se facilita, com certo grau de confiabilidade, a definição de valores adequados para essas características. Os indicadores microbiológicos, por sua vez, constituem base de informação ainda pouco significativa para uma interpretação eficiente dos dados e definição dos valores ótimos para várias situações (TÓTOLA & CHAER, 2002). A escassez de informações e a dificuldade de sua utilização devem-se ao fato de não estarem inseridos em análises de rotina de solos e à falta de padronização de métodos, incluindo-se a amostragem, a estocagem e o pré-tratamento das amostras, os procedimentos analíticos e a apresentação dos resultados (STENBERG, 1999).

A avaliação da qualidade do solo pode ser de natureza comparativa de sistemas de produção, ou trata-se de uma avaliação dinâmica, em que os atributos são continuamente avaliados no tempo; este último é um importante tópico para a gestão ambiental. Dois pontos importantes devem ser ressaltados na avaliação da qualidade do solo: necessidade de padrões, ou de uma variação admissível entre eles, e de conhecimento dos processos. Com o monitoramento da qualidade do solo não se muda sua condição, mas serve como indicador de quais mudanças de manejo são necessárias. O maior problema para se avaliar a qualidade do solo é a falta de padrões, tanto para metodologia quanto para limites críticos.

O ciclo do carbono e o armazenamento de CO₂ no sistema semeadura direta são também importantes indicadores na avaliação da qualidade do ambiente e do solo. O solo é uma reserva importante de carbono no ecossistema, sendo que, na média, estão contidas nele 2,5 vezes mais carbono do que na vegetação e duas vezes mais do que na atmosfera (BATJES, 1998). O sistema de manejo e as práticas agrícolas têm influência considerável no solo, que pode representar um dreno ou uma fonte de CO₂ para a atmosfera (SÁ, 2001). Segundo este último autor, com o sistema semeadura direta verifica-se aumento da fração lábil da matéria orgânica, que é a mais sensível às alterações de manejo do solo. A semeadura direta pode ser considerada um sistema de agricultura sustentável, importante na recuperação dos solos agrícolas degradados e como uma alternativa na colaboração do seqüestro de carbono em solos tropicais e subtropicais. A diminuição na emissão de CO₂ pode ser devida à menor degradação da matéria orgânica presente no solo, atingindo-se um balanço positivo e estável do

carbono, ao controle da erosão, à economia de combustíveis fósseis e ao incremento da atividade biológica. De acordo com SCHLESINGER (1986), com o preparo convencional do solo tem sido determinada, historicamente, uma redução média da ordem de 30 % a 50 % no conteúdo original da matéria orgânica do solo, em decorrência das perdas anuais acumuladas que ocorrem com o revolvimento do solo.

A queima de combustíveis fósseis (petróleo e carvão) é considerada a principal causa do aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera, representando entre 40 % e 45 % das emissões. Todavia, as práticas agrícolas e as mudanças no uso da terra correspondem, respectivamente, a 22 % e 14 % das emissões dos gases do efeito estufa (CERRI et al., 2004), e, por conseguinte, a agricultura tem sido considerada uma fonte de CO₂ atmosférico. Em décadas recentes, devido ao aumento da produtividade das culturas, aliada à manutenção de grandes quantidades de resíduos na superfície do solo, pela adoção de sistemas de cultivo conservacionistas, vem sendo atribuído ao solo, cada vez mais, o papel de dreno do CO₂ atmosférico. A palha presente na superfície, ao se decompor pela ação dos microorganismos, produz ácidos orgânicos solúveis (que podem ser levados pela chuva ou adsorvidos ao solo) e húmus, aumentando o estoque de carbono no solo. Essa prática remove CO₂ da atmosfera e o transfere ao solo. É o que se denomina seqüestro de carbono pelo solo. Vale lembrar também que as plantas transformam o carbono que retiram do CO₂ da atmosfera em tecido vegetal, ou seja, "seqüestram" o carbono para produzir tecido vegetal. Quanto mais plantas houver e quanto menor a queima de gases, maior o "seqüestro" de carbono no sistema terrestre e, portanto, menos CO₂ na atmosfera.

Segundo um consórcio de dez universidades norte americanas para estudo da mitigação dos gases do efeito estufa, realizado em 2004 – CASMGS - Consortium for Agricultural Soils Mitigation of Greenhouse Gases -, as reduções das emissões proporcionadas pela agricultura podem ser estimadas em 20 %, sendo que, quando se utilizam sistemas de cultivo conservacionistas e manutenção de resíduos na superfície, essa contribuição pode ser de até 49 %.

2.1 Cobertura vegetal

De acordo com MIELNICZUK (1999), com a matéria orgânica fornecida pelos resíduos culturais na superfície do solo, pode ocorrer maior reciclagem de nutrientes, aumento do estado de agregação, da disponibilidade de água e da atividade biológica, além da diminuição da erosão.

Em condições de clima tropical e subtropical, caracterizadas por elevadas temperaturas e taxas de decomposição, a formação e manutenção de uma camada de palha são dificultadas e influenciadas pela quantidade e qualidade dos resíduos culturais utilizados. Portanto, uma equilibrada relação C:N dos resíduos culturais torna-se imprescindível para a formação de uma **cobertura do solo** persistente, assim como para uma eficiente reciclagem de nutrientes.

De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2002), dependendo do material adicionado pode ocorrer o esgotamento do N, com alta relação C:N (>30), ou liberação do elemento mineralizado, se o resíduo tiver baixa relação C:N (<20). SÁ (1998) determinou porcentagens de carbono e nitrogênio totais de 59,8 % e 1,77 % e uma relação C:N de 36:1 em plantas de aveia preta durante a fase de florescimento. AMADO et al. (2003) constataram que a redução da relação C:N da aveia preta, induzida pela adubação nitrogenada, promoveu incremento linear em grãos de milho cultivado em sucessão.

CAMPOS et al. (1999) avaliaram a porcentagem de cobertura proporcionada por plantas de aveia preta, tremoço azul (*Lupinus angustifolius*), chícharo (*Cicer arietinum*) e ervilhaca (*Vicia sativa*) e verificaram uma persistência maior da aveia preta no solo após o manejo das plantas de cobertura. A cobertura do solo em todos os tratamentos esteve estreitamente associada à agregação, e os menores valores de diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados foram constatados no tratamento sob pousio invernal.

Quanto à quantidade ideal de cobertura, para garantia de elevada infiltração e conseqüente controle da erosão, diversos autores, como MANNERING & MEYER (1963), HUDSON (1971) e LAL (1982), afirmaram que 4 a 6 t ha⁻¹ de cobertura morta por ano, seriam suficientes para obtenção de 100% de solo coberto. Todavia, a eficiência da cobertura do solo é dependente da massa, do tipo de resíduo, do clima e do manejo do solo. No trabalho de LOMBARDI NETO et al. (1988), com 4 a 6 t ha⁻¹ de palha de milho foram proporcionados 70 % de cobertura e 75 % de controle das perdas de terra em relação ao solo descoberto.

LOPES et al. (1987a) verificaram redução de 40 % a 60 % nas perdas de terra com 20 % de cobertura com resíduos culturais em relação às perdas totais ocorridas em solo descoberto. Com a manutenção do resíduo cultural, além de proteção do solo do impacto da gota de água de chuva, tem-se impedimento físico, com aprisionamento das partículas desagregadas e diminuição da velocidade da enxurrada, pelo aumento da tortuosidade do fluxo.

À medida que foi aumentada a porcentagem de cobertura vegetal, LOPES et al., (1987b) verificaram diminuição do D_{50} (tamanho do sedimento erodido, acima do qual 50% dos sedimentos são maiores e 50% são menores), com tendência ao aumento com o incremento da velocidade do escoamento superficial.

BRAIDA & CASSOL (1999), avaliando a erosão entressulcos com diferentes quantidades de palha de trigo e milho, constataram decréscimo exponencial da erosão com o aumento da cobertura vegetal. Nas parcelas com aproximadamente 100 % de cobertura os autores obtiveram redução de 92 % da erosão entressulcos, em relação ao solo descoberto.

SCHAEFER et al. (2002) utilizaram simulador de chuva em Argissolo Vermelho Amarelo e obtiveram valores de pe

2.2 Perdas por erosão

A erosão é um fenômeno fortemente relacionado com a redução de produtividade, sendo provocadas perdas de terra, de matéria orgânica ou de nutrientes. Com as perdas ocorridas com a enxurrada pode ainda ser provocado assoreamento de rios e lagoas ou eutrofização da água.

BERTONI et al. (1972) relataram a importância do manejo de restos culturais sobre as perdas por erosão, verificando que a prática de queimar a palha proporcionou aumento de 46 % nas perdas de terra e de 38 % nas perdas de água.

SCHAEFER et al. (2002) constataram, em Argissolo Vermelho-Amarelo, perdas de nutrientes na ordem Ca>Mg>K e P e acompanharam a ordem dos teores trocáveis no solo, que estiveram positivamente relacionados à redução da matéria orgânica. No fracionamento químico da matéria orgânica denotou-se a seletividade da enxurrada no carregamento das frações mais solúveis e ativas da matéria orgânica, representadas pelos ácidos fúlvicos, contrapostas a uma relativa permanência dos ácidos húmicos ao longo da encosta. Com a erosão pode ocorrer também heterogeneidade vertical e lateral do solo, em relação à densidade e macroporosidade, pela traslocação da argila *per descendum* e entupimento dos poros na parte inferior das parcelas.

Em vários trabalhos tem sido mostrada mais eficiência no controle das perdas por erosão no sistema semeadura direta do que em sistemas em que se prevê revolvimento do solo e maior controle das perdas de terra em relação às perdas de água (SCHAEFER et al., 2001; CASSOL & LIMA, 2003; HERNANI et al., 1997).

CASSOL & LIMA (2003) reportaram, em sistema semeadura direta, menor perda de água nas áreas entressulcos em relação ao solo descoberto, porém sem diferença estatisticamente significativa entre o preparo convencional com resíduos incorporados e o sistema semeadura direta. As perdas de terra foram reduzidas em aproximadamente 90 % no sistema sem preparo do solo em relação aos tratamentos com solo descoberto e em preparo convencional com incorporação de resíduos.

SCHÄFER et al. (2001) obtiveram valores de perdas de terra sete vezes inferiores nos tratamentos com semeadura direta em relação àqueles com preparos convencionais e redução de 31 % na taxa constante de perda de água em semeadura direta com palha em relação à sem palha.

2.3 Indicadores físicos

O fluxo de água no solo relaciona-se com os processos de infiltração, mecanismos de irrigação e drenagem, perdas de fertilizantes e de solo por erosão e de substâncias químicas por lixiviação, influenciando todo o processo de utilização dos recursos solo e água (MESQUITA & MORAES, 2003).

A **densidade** de um solo é a razão entre a sua massa e o seu volume e condiciona a infiltração juntamente com a porosidade do solo, que quantifica a fração do volume do solo ocupada pelos poros. De acordo com LIBARDI (2005), em função do tamanho dos poros, distinguem-se:

Macroporos com diâmetro maior que 100 μm , cuja principal função é a aeração da matriz do solo e condução da água durante o processo de infiltração.

Mesoporos com diâmetro entre 30 e 100 μm , cuja função é a condução de água durante o processo de redistribuição, quando após a infiltração se esvaziam os macroporos.

Microporos com diâmetro menor que 30 μm , que atuam na armazenagem da água e em que a água se move muito vagarosamente.

Nos solos com textura arenosa geralmente há uma quantidade maior de macroporos do que naqueles com textura argilosa, além de maiores valores de **condutividade hidráulica** e de **infiltração**, enquanto em solos argilosos com estrutura estável podem ser constatadas maiores taxas de infiltração do que em solos com estrutura instável. ALVES SOBRINHO et al. (2003) constataram, em semeadura direta, que a cobertura e o desenvolvimento radicular da aveia (*Avena sativa*), propiciaram condições mais favoráveis para a infiltração da água no solo, pela presença da palha na superfície, com o que teria sido reduzido o selamento superficial.

De acordo com MESQUITA & MORAES (2003), a **condutividade hidráulica** de um solo, ou seja, sua capacidade de transmitir a água, é mais dependente da estrutura do que da textura do solo. Segundo esses autores, comparando os coeficientes de variação dos atributos densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), esta última apresenta coeficientes muito variáveis, o que justificaria a necessidade de muitas medidas da K_{sat} para caracterização de um solo.

SALES et al. (1999) constataram coeficientes de correlação significativos entre a velocidade de infiltração básica com a condutividade hidráulica, densidade, porosidade

total e macroporosidade nas camadas de 0-0,20 e 0,60-0,80 m de um Podzólico Vermelho-Amarelo e de um Latossolo Roxo.

Em sistemas que prevêm baixa mobilização e revolvimento do solo, como em semeadura direta, observam-se menor macroporosidade e porosidade total em superfície e maior em subsuperfície, quando comparadas com as do preparo convencional (ARGENTON et al., 2005; BERTOL et al., 2004). As alterações causadas na porosidade do solo, além de modificarem as trocas gasosas, alteram a disponibilidade de água para as plantas (ARGENTON et al., 2005).

ARGENTON et al. (2005) notaram que, em preparo reduzido e em cultivo convencional, a degradação do solo pelo cultivo ocorreu principalmente pelo aumento da densidade e redução da macroporosidade, tendo sido a microporosidade menos afetada.

A cobertura vegetal também pode ter interferência na taxa de infiltração e na condutividade hidráulica pela redução do encrostamento superficial, considerando que a condutividade hidráulica da camada encrostada pode ser 200 a 2.000 vezes menor do que a condutividade normal do solo (MCINTYRE, 1958).

SIDIRAS & ROTH (1987) concluíram que com a resteva da aveia preta eram proporcionadas maiores taxas de infiltração em relação às de outras espécies de gramíneas e leguminosas. CECÍLIO & PRUSKI (2004) obtiveram valores 32 % maiores para a taxa de infiltração estável em áreas com semeadura direta do que naquelas com plantio convencional. Em solos argilosos manejados sob semeadura direta observaram redução da taxa de infiltração estável em até 42 % em relação ao preparo convencional, devido à compactação induzida pelo trânsito das máquinas.

De acordo com REICHARDT & TIMM (2004), com elevados teores de água no solo, os fenômenos de capilaridade tornam-se importantes na determinação do potencial matricial, sendo a curva característica dependente do arranjo e das dimensões dos poros. Já com baixos teores, o potencial matricial é menos dependente de fatores geométricos, sendo assim a densidade do solo e porosidade pouco importantes em sua determinação. Ainda de acordo com esses autores, a relação entre potencial matricial e umidade do solo pode ser obtida por “secamento” ou molhamento. As curvas obtidas com os dois métodos geralmente diferem por um fenômeno denominado histerese, que ocorre pela não-uniformidade dos poros individuais com relação aos fenômenos capilares, bolhas de ar que permanecem fixas nos macroporos e contração-expansão de argilas.

Uma vez determinadas as curvas de retenção, deve se definir a curva mais adequadamente ajustável aos dados experimentais. CARVALHO et al. (1999) obtiveram uma retenção de água maior na faixa de energia de importância para as plantas, entre 10 e 1500 kPa, no sistema semeadura direta e no tratamento testemunha (pousio). Esse resultado pode ser justificado tanto pelos maiores teores de matéria orgânica ocorrentes nesses sistemas, como pelo aumento no teor de argila, em profundidade, favorecendo a retenção de água em profundidade, pela predominância de microporos.

Com a compactação pode se ter aumento linear no conteúdo de água e uma conseqüente redução no espaço de aeração (BORGES et al., 1999). Entretanto, o aumento na retenção de água não implica mais disponibilidade desta para as plantas; isso pode ocorrer devido à maior força com que a água é retida nos microporos, em relação à capacidade das plantas em extraí-la. LAURANI et al. (2004), ao contrário, não verificaram a influência na retenção de água na camada de 0-20 cm com o aumento da densidade nessa profundidade, em um Latossolo Vermelho Eutroférico.

ALBUQUERQUE et al. (2005), em estudo sobre o efeito da calagem e de diferentes preparos de solo nas propriedades físico hídricas do solo, verificaram que, em semeadura direta sem incorporação de calcário e com incorporação superficial, os valores de água disponível eram maiores do que em plantio convencional na camada superficial.

A **compactação** de um solo em decorrência de uma determinada pressão, causando a deformação da sua estrutura, ocorre pela diminuição do volume total de poros, com conseqüente aumento da densidade do solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997). São mais facilmente afetados os poros grandes (com raio maior que 0,03 mm), em que o movimento de ar e de água é normalmente rápido e não limitado, e com crescimento radicular sem restrições.

Com a compactação do solo pode ser afetada, direta ou indiretamente, a produtividade das culturas, limitando-se o desenvolvimento radicular, a germinação e a emergência das plântulas.

Na situação de não-revolvimento do solo, no sistema semeadura direta, pode ser provocado certo adensamento da camada superficial, traduzido por redução da porosidade total, devido à diminuição do volume de macroporos, como relatado por SIDIRAS et al. (1982).

GENRO JÚNIOR et al. (2004) constataram diminuição da resistência à penetração em latossolo argiloso em semeadura direta, com a profundidade, a partir de 0,10 m. Em outras pesquisas, tem sido demonstrada maior compactação superficial em sistemas sob semeadura direta, por comparação ao sistema convencional, em que a maior resistência à penetração está entre 0,20 e 0,30 m de profundidade (SILVA et al., 2000; STONE & SILVEIRA, 2001). STONE & SILVEIRA (2001) verificaram efeitos mais variáveis nas propriedades físicas do solo, ao longo dos anos, pelo efeito de diferentes sistemas de rotação de culturas do que pelos sistemas de preparo do solo. Os autores justificaram tais resultados pelas condições climáticas e fitossanitárias distintas, condicionantes de diferentes aportes de material vegetal ao solo e pela variação anual nas culturas implantadas de acordo com o esquema de rotação. Nos sistemas com inclusão de soja e trigo encontraram-se maiores valores de densidade do solo e microporosidade e menores de macroporosidade, enquanto no sistema arroz consorciado com calopogônio-feijão foram propiciados maiores valores de macroporosidade e menores de microporosidade.

No sistema semeadura direta pode ser devido a esta compactação superficial, a despeito do aumento da infiltração de água no solo, que ocorra maior deflúvio, com eficiência menor no seu controle, do que o verificado nas perdas de terra em relação ao sistema convencional.

Contudo, a diminuição da resistência à penetração, juntamente com uma distribuição mais homogênea do sistema radicular das culturas, verificadas em experimento com preparo de solo com arado, não foram suficientes para se proporcionar o aumento de produção, de acordo com STONE & SILVEIRA (1999). Esses autores obtiveram valores superiores de produtividade de feijoeiro sob irrigação em semeadura direta do que em sistema de preparo com grade e arado, mesmo sendo detectadas menor resistência à penetração e mais adequada distribuição do sistema radicular neste último. A maior produtividade em semeadura direta foi atribuída à menor variação e aos valores mais baixos de tensão da água no solo, assim como ao acúmulo de nutrientes na camada superficial, e à maior atividade biológica.

Os **agregados** são unidades da estrutura do solo de dimensões variáveis, de 2 μm a mais de 2 mm, formados pelo arranjo espacial das partículas minerais e orgânicas em vários estádios de decomposição e pela atividade microbiana (FREY, 2005). São caracterizados por uma heterogeneidade estrutural e morfológica, em função da textura, densidade, porosidade do solo e da ligação entre fração mineral e

orgânica, fortemente influenciada em solos de regiões tropicais por cátions como o ferro e o alumínio.

O estado de agregação de um solo está relacionado com sua estrutura, sendo que a forma, o tamanho e a disposição dos agregados são condicionantes dos fluxos de água e ar no solo e da resistência às forças destrutivas como umedecimento/secamento, congelamento/descongelamento, compactação e erosão.

A avaliação da **estabilidade de agregados** visa à determinação do tamanho e da quantidade de agregados resistentes às forças aplicadas, devendo se procurar reproduzir em laboratório, o mais próximo possível, aquelas condições atuantes no campo. ALLISON (1968) citado por SILVA & MIELNICZUCK (1997) advertiu sobre a necessidade de distinção dos fatores de influência na agregação do solo e de sua estabilidade.

TISDALL & OADES (1982) separaram os agregados em quatro classes de tamanho, dependentes dos agentes de ligação envolvidos. O modelo hierárquico, porém, foi definido para países de clima temperado em que a matéria orgânica é o principal agente de agregação, adaptando-se pouco satisfatoriamente aos solos constituídos predominantemente por argilas 1:1, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio e em que a matriz inorgânica é constituinte da principal força estabilizante.

Em condições dos solos brasileiros, SILVA & MIELNICZUCK (1997), avaliando a estabilidade de agregados em solos submetidos a diferentes tipos de manejo e com diferentes texturas, teores de carbono e ferro, consideraram que não apenas um fator isolado poderia ter influência para o aumento do diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados. Nas áreas de cultivo e de mata, constatou-se aumento do DMP com o aumento do carbono orgânico, enquanto nas áreas com gramíneas perenes, o teor de carbono orgânico não foi suficiente para explicação da quantidade elevada de agregados formados, como também da alta estabilidade de agregados. CARVALHO et al. (1999) avaliaram a estabilidade de agregados em cinco sistemas de preparo do solo: arado de aivecas, arado de discos, grade pesada, semeadura direta e pousio (testemunha). O tratamento testemunha foi estatisticamente superior aos demais pelos maiores teores de matéria orgânica seguido pelo tratamento com semeadura direta. Os autores observaram na classe de agregados entre 9 mm e 2 mm uma redução da porcentagem de agregados com o aumento da profundidade de amostragem em todos os sistemas estudados. Essa diminuição também acompanhou a diminuição dos teores da matéria orgânica com o aprofundamento no perfil do solo. COSTA et al. (2003)

verificaram, em sistema semeadura direta, um diâmetro médio geométrico (DMG) maior na camada de 0,00-0,05 m em relação ao plantio convencional, sendo, respectivamente, de 3,7 mm e 1,6 mm, devido ao efeito positivo, na estabilidade dos agregados, do não-revolvimento do solo e ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície.

Nos poros de diferentes formas, tamanhos e continuidade são estabelecidos microambientes seletivos para as comunidades microbianas, evidenciados por diferentes características físicas, químicas e biológicas. O número e o tipo de microrganismo estabelecido são variáveis tanto entre os agregados como nos poros de um mesmo agregado. Cerca de 80 % das bactérias estabelecem-se preferencialmente nos microporos, enquanto os fungos são mais observados na superfície dos agregados e dificilmente dentro dos microagregados. Com as hifas dos fungos tem-se ainda a formação de uma rede de conexão, sendo as partículas de solo agrupadas em microagregados (53-250 μm) com importante papel na formação e estabilização dos macroagregados (> 250 μm) (FREY, 2005).

BOSSUYT et al. (2001) constataram diminuição significativa da biomassa fúngica e da agregação com a adição de nitrogênio mineral, sem prejuízos à biomassa bacteriana. Segundo os autores, a produção de substâncias de síntese microbiana responsáveis pela agregação pode ter sido inibida pelo nitrogênio mineral. Determinaram também uma diminuição de 85 % na biomassa microbiana e uma redução significativa na formação de macroagregados com a aplicação de fungicida nos diferentes níveis de qualidade dos resíduos. Com a aplicação de bactericidas, mesmo com diminuição de 83 % na biomassa bacteriana, não foi diminuída a formação de macroagregados.

KUSHWAHA et al. (2001) determinaram os conteúdos de carbono orgânico e nitrogênio em macro e microagregados em sistema semeadura direta, cultivo mínimo e cultivo convencional sem e com resíduos na superfície. Verificaram o aumento do C e N nos macroagregados em relação aos microagregados em todos os tratamentos, sendo os maiores valores em sistema de cultivo mínimo com resíduos na superfície, e os menores em plantio convencional sem resíduos na superfície. Com a redução de preparo combinada ao manejo dos resíduos remanescentes na superfície do solo foi proporcionado também o incremento dos macroagregados em relação ao tratamento convencional sem resíduos, sendo de 42 % e 21 %, respectivamente, no cultivo mínimo e em sistema semeadura direta.

A ruptura dos macroagregados e a exposição e decomposição da matéria orgânica contida dentro dos agregados é um importante mecanismo pelo qual o carbono é perdido dos solos. Segundo FREY (2005), mais de 25 % do carbono armazenado em solos aráveis no mundo foram perdidos pelas práticas agrícolas durante o século passado e o maior impacto do cultivo na agregação tem se manifestado na perda de macroagregados maiores que 250 µm.

SIX et al. (2000) elaboraram um modelo de formação de macroagregados e microagregados em que, devido às taxas menores de ciclagem dos macroagregados em sistema semeadura direta, é favorecida a formação de microagregados estáveis inter e intra-agregados, onde ocorre acúmulo preferencial de carbono. O seqüestro de carbono de dentro dos microagregados seria consequência de taxas menores de degradação da matéria orgânica, como relatado por JASTROW et al. (1996), citados por SIX et al. (2000), e isso justificaria o maior acúmulo da matéria orgânica em sistema semeadura direta.

2.4 Indicadores químicos

Entre os indicadores químicos fundamentais para a definição da qualidade do solo destaca-se a porcentagem de matéria orgânica como uma variável suscetível às práticas de manejo e fortemente relacionada com os indicadores físicos e biológicos.

As características químicas são intensamente afetadas pela matéria orgânica e, dentre elas, citam-se a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, importantes em solos tropicais, na sua maioria bastante intemperizados e ácidos (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Segundo ADDISCOT (1992), o solo é um sistema aberto com trocas de matéria e de energia com o meio, atingindo-se um estado estável quando as taxas de adição e perdas tornam-se equivalentes. A quantidade de carbono adicionada é dependente, portanto, do sistema de produção das culturas, das espécies utilizadas e das condições edafoclimáticas, enquanto as perdas ocorrem pela liberação de CO₂ pela respiração, pela decomposição microbiana da matéria orgânica e dos resíduos e pelas perdas por erosão e lixiviação.

Torna-se importante e de difícil definição o teor crítico de matéria orgânica, a partir do qual a qualidade do solo é comprometida, sendo variável para cada tipo de

solo. De acordo com MIELNICZUC (1999), em regiões tropicais e subtropicais o teor de carbono no seu estado natural estável poderia ser adotado como referência.

A manutenção e recuperação dos teores de matéria orgânica e da capacidade produtiva do solo podem ser obtidas, em sistemas agrícolas intensamente cultivados, pela utilização de sistemas de manejo com pouco ou nenhum revolvimento e culturas com grande adição de resíduos vegetais, propiciando-se menores taxas de perda e maiores taxas de adição de matéria orgânica ao sistema solo (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Em vários trabalhos tem sido relatada maior concentração de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes na camada superficial do solo em sistema semeadura direta. VALPASSOS et al. (2001) verificaram, na camada de 0-10 cm, maiores valores de Ca, Mg, CTC e V % em semeadura direta em relação aos outros sistemas de manejo. Os autores justificaram os resultados pela grande influência desse sistema na atividade microbiana e na ciclagem de nutrientes na camada superficial do solo e os menores valores de cálcio e potássio nos outros sistemas pelas perdas por erosão e incorporação dos resíduos. Foi constatado também um acúmulo superficial de fósforo, que poderia ter ocorrido pela elevada atividade microbiana com aumento dos microorganismos solubilizadores do fósforo inorgânico no sistema semeadura direta.

O efeito dos sistemas de manejo nas taxas de decomposição da matéria orgânica está relacionado também à composição mineralógica, granulometria e tipo de solo; em solos bem drenados com predominância de óxidos de ferro e de alumínio tem-se elevada estabilização física da matéria orgânica, que é menos afetada pelo manejo do solo (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

BAYER et al. (2004) verificaram, em sistema semeadura direta, aumento dos estoques do carbono orgânico do solo, sendo este restrito à camada superficial e dependente do sistema de cultura em relação ao plantio convencional. Os estoques de carbono na matéria orgânica particulada (>53 μm) foram representativos, na camada de 0-20 cm, de 11 % a 15 % do carbono orgânico total, com os maiores valores no solo, constatados em semeadura direta. Na matéria orgânica particulada foi verificada mais sensibilidade do que no carbono orgânico total nos diferentes sistemas de manejo, assim como na matéria orgânica associada à fração mineral (<53 μm), que não foi afetada pelos diferentes tipos de manejo.

PANKHURST et al. (2002) determinaram importantes alterações nas propriedades químicas de um solo após três anos de implantação do sistema semeadura

direta, no qual foram obtidos teores mais elevados de carbono orgânico e de nitrogênio total em relação ao cultivo convencional e cultivo mínimo. Os autores relataram também, depois de dezessete anos com o sistema semeadura direta, maiores valores de CE, CTC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ e Zn na camada de 0-5 cm.

2.5 Indicadores microbiológicos

A biomassa microbiana do solo é a parte viva da matéria orgânica, constituída pelos organismos vivos menores que $5 \times 10 \mu\text{m}^3$, como fungos, bactérias, actinomicetos, leveduras e microfauna como os protozoários (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). O **carbono da biomassa** é representativo da fração mais ativa do carbono orgânico no solo, suscetível às práticas e mudanças de manejo, contendo 2 % a 5 % do carbono orgânico (JENKINSON & LADD, 1981) e 1 % a 5 % do nitrogênio total do solo (SMITH & PAUL, 1990).

Segundo TÓTOLA & CHAER (2002), o teor de carbono da biomassa é como um alerta sobre mudanças no estado da matéria orgânica do solo devido às alterações no manejo, muito antes que possam ser percebidas por avaliação da matéria orgânica total, possibilitando-se a adoção de medidas de correção antes que a redução da qualidade do solo seja mais severa.

Os principais métodos utilizados para avaliação do carbono da biomassa são os da fumigação-incubação-CFI (JENKINSON & POWLSON, 1976a, b) e da fumigação-extração-CFE (VANCE et al., 1987).

De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2002), as restrições ao uso do método CFI são para solos com pH menor que 4,5, com fontes de carbono facilmente degradáveis ou aqueles com adições recentes de substrato orgânico fresco.

OLIVEIRA et al. (2001) constataram a eficiência desses dois métodos em solos cultivados e sob vegetação nativa de cerrado, coletando as amostras em duas profundidades e quatro diferentes épocas. Independentemente do método utilizado, nos solos com pastagens consorciadas os valores do carbono da biomassa foram maiores do que nas áreas com culturas anuais, sendo tal diferença mais pronunciada na profundidade de 0-5 cm. Segundo os autores isso foi devido à maior densidade radicular das espécies forrageiras e, conseqüentemente, maior efeito rizosférico e disponibilidade de substratos orgânicos para as comunidades microbianas. Com o não-revolvimento do solo nesses sistemas poderiam ter sido também favorecidas as

populações fúngicas constituintes da maior parte da biomassa microbiana (BANDICK & DICK, 1999, citados por OLIVEIRA et al., 2001).

BOSSUYT et al. (2001), avaliando o efeito de resíduos de diferentes níveis de qualidade na biomassa microbiana, verificaram aumento significativo desta com a adição de resíduos de alta qualidade (baixa relação C/N); com resíduos de baixa qualidade (alta relação C/N) ocorreu aumento da biomassa fúngica.

VARGAS & SCHOLLES (2000) constataram concentração maior do carbono microbiano na camada de 0-5 cm no preparo reduzido e em semeadura direta pelo maior acúmulo de resíduos vegetais na superfície e de carbono orgânico, em relação ao sistema convencional.

KUSHWAHA et al. (2001) constataram aumento de 82 % do carbono da biomassa microbiana em cultivo mínimo com resíduos na superfície e de 36 % em semeadura direta em relação ao cultivo convencional sem resíduos.

Ainda dependendo da estrutura do solo, a distribuição do carbono da biomassa pode ser significativamente variável entre macro e microagregados, representando os agregados micro-habitats seletivos em que os microrganismos do solo ficam também protegidos contra a predação e a dissecação.

Segundo FREY (2005), em muitos trabalhos têm sido comprovados maiores teores de biomassa microbiana total e de biomassa fúngica nos macroagregados do que nos microagregados. Além disso, em solos arenosos os agregados isolados teriam uma distribuição mais homogênea de microorganismos do que nos de solos argilosos. Em solos arenosos os microorganismos se distribuem tanto na superfície como dentro dos agregados, enquanto nos argilosos estão concentrados na superfície e dificilmente dentro dos agregados.

MENDES et al. (2003) verificaram ruptura de macroagregados e conseqüente perda do carbono da biomassa em sistema semeadura direta e convencional, em relação às áreas não perturbadas, sob vegetação nativa de Cerrado na profundidade de 0-5 cm de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Nos microagregados em sistema semeadura direta verificaram-se maiores teores de carbono da biomassa microbiana comparativamente ao plantio convencional, mas sem diferenças significativas na distribuição do carbono da biomassa microbiana (CBM) entre macro e microagregados nesses dois sistemas de manejo. Entretanto, na área sob vegetação nativa, os níveis de carbono da biomassa microbiana nos macroagregados foram significativamente superiores aos dos microagregados.

A **respiração basal** é outro importante indicador da atividade microbiana, representativo da oxidação da matéria orgânica do solo por organismos aeróbios do solo, que, portanto, utilizam oxigênio como aceptor final de elétrons até à oxidação a CO₂. De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a avaliação pode ser feita tanto pelo consumo de O₂ por cromatografia gasosa ou eletrorespirômetro, quanto pela produção de CO₂ por titulação ou condutividade elétrica e, ainda, em campo, pela medição de interferências bióticas e abióticas diretamente *in situ*.

ASSIS JÚNIOR et al. (2003) verificaram valores maiores de respiração basal em sistemas agroflorestais com arroz (*Oryza sativa*) e eucalipto (*Eucalyptus globulus*) do que em arroz em monocultivo pelo método no campo. Segundo os autores, na avaliação da respirometria em laboratório não são evidenciadas tais diferenças por ter sido descartada a serapilheira durante o processo de peneiramento das amostras, confirmando-se ser o método em campo mais sensível e importante para compensação dos resultados.

LOPES et al. (1986), avaliando a respiração edáfica no campo com diferentes dosagens de vinhaça e herbicida 2,4 D, determinaram a influência na atividade respiratória do solo com a vinhaça seis meses após a aplicação, com o aumento nas dosagens de 100 e 1000 m³ ha⁻¹.

O **quociente metabólico** é uma medida que indica a eficiência da utilização da matéria orgânica disponível no solo. É calculado a partir da razão entre a respiração basal e a respiração total. Este índice é utilizado para avaliar a eficiência da utilização da matéria orgânica disponível no solo. O quociente metabólico é calculado a partir da razão entre a respiração basal e a respiração total. Este índice é utilizado para avaliar a eficiência da utilização da matéria orgânica disponível no solo.

quarta avaliação do que na primeira, apesar das duas avaliações terem sido realizadas na mesma época, em anos diferentes. Essa diferença foi justificada pelos diversos estádios das culturas durante as duas avaliações e pela diferença de quantidade de resíduos presentes na superfície do solo. Na época de constatação dos menores valores, a cultura do milho estava em final do ciclo e grande parte dos resíduos das culturas de inverno tinha sido consumida, restando os compostos mais resistentes, como a lignina, de pouca contribuição à atividade microbiana. Na avaliação em que se obtiveram elevadas taxas de CO₂, grande parte dos resíduos estava na superfície do solo, e com o pleno estabelecimento da cultura pode ter sido estimulada a atividade microbiana mediante o efeito rizosférico.

AGNELLI et al. (2001) constataram quocientes metabólicos menores em frações de solo > 2 mm (esqueleto do solo) do que em frações granulométricas < 2 mm (terra fina). Isso é indicativo de eficiência metabólica maior da comunidade microbiana presente na fração > 2 mm dos dois solos considerados, na incorporação de carbono na própria biomassa. Isso teria ocorrido pela elevada degradabilidade da matéria orgânica presente na fração < 2 mm, ou pela habilidade da comunidade microbiana na degradação daqueles compostos ou, ainda, devido à elevada condição de estresse do habitat.

LA SCALA JUNÍOR et al. (2000) determinaram grande variabilidade (30 % - 40 %) na emissão de CO₂ medida durante três dias e justificaram os maiores valores observados no terceiro dia com as diferenças de umidade e temperatura naquele solo, ocasionadas por 14,6 mm de precipitação pluvial. Os resultados foram também indicativos de correlação linear positiva das emissões de CO₂ com os teores de carbono e a CTC e negativa com os teores de Fe.

PANKHURST et al. (2002) relataram as diminuições mais acentuadas de carbono na biomassa microbiana e de emissão de CO₂ na profundidade de 0-5 cm do sistema com semeadura direta para o sistema de cultivo mínimo e convencional; na profundidade de 5-10 cm, tais diferenças não foram significativas. Segundo os autores podem ocorrer mudanças nas propriedades químicas e microbiológicas do solo já aos três anos da implantação de um novo sistema de preparo e manejo de resíduos vegetais, sendo as mais relevantes em solo previamente submetido ao sistema semeadura direta e posteriormente ao cultivo convencional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área, delineamento experimental e sistemas de produção

Os talhões coletores utilizados neste estudo pertencem ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais e estão instalados no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomo, em Campinas, SP (Figuras 1 e 2). Da época da instalação – 1943 - até os dias atuais, 11 ensaios foram instalados nos oito talhões coletores que compõem esse grupo. A fase de ensaios que antecedeu a atual teve, durante dois anos, as culturas de amendoim (Tatu), milho, soja, algodão (IAC 23), girassol (Iarama), amendoim (Caiapó), arroz (IAC 201) e mamona com o objetivo de verificar a influência das distintas coberturas no controle das perdas de terra e água por erosão. As coordenadas geográficas de referência são: longitude oeste 47°03' e latitude sul 22°54'. Altitude média: 600 a 700 metros.

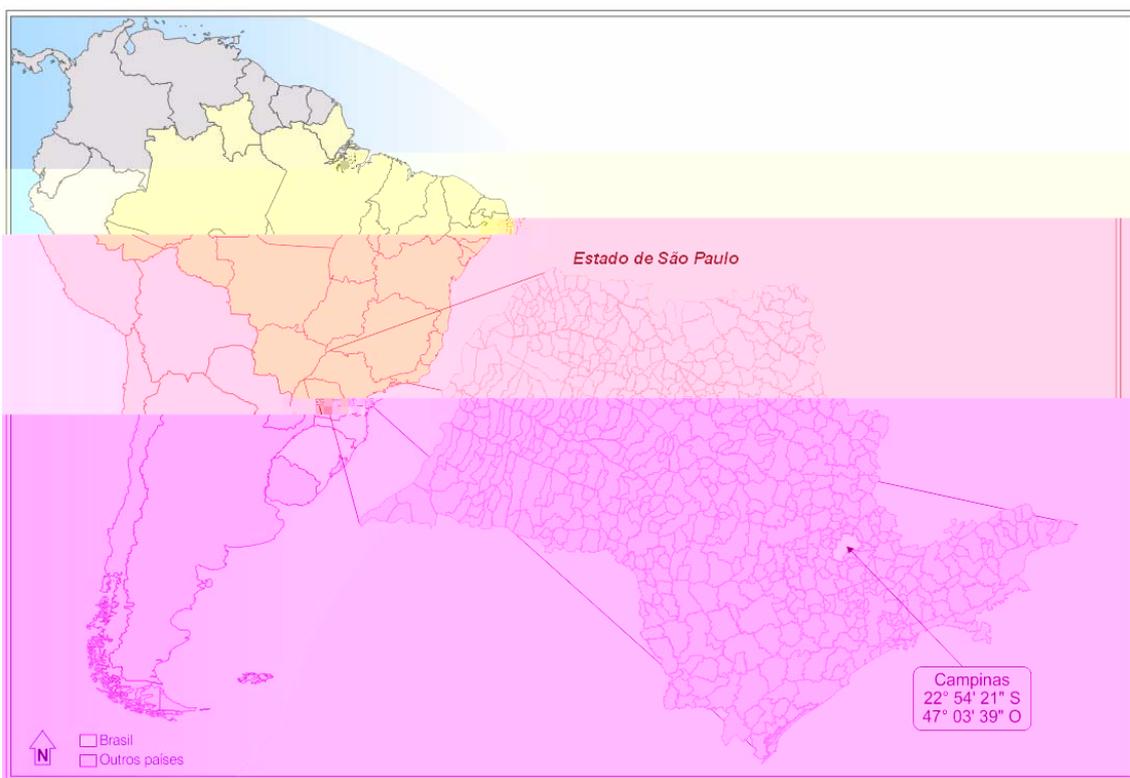


Figura 1. Localização e coordenadas geográficas da cidade de Campinas, SP.



Figura 2. Sistemas coletores do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais instalados no Centro Experimental Central do Instituto Agrônômico em Campinas, SP. No detalhe, os talhões da área experimental.

O solo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação (EMBRAPA, 1999) é um Latossolo Vermelho Distroférico típico. O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, com estação quente e úmida entre outubro e março, temperatura média de 23 °C e precipitação total de 1.060 mm. A estação seca ocorre entre abril e setembro, com temperatura média de 20°C e precipitação total de 325 mm (SETZER, 1966). Na tabela 1 estão apresentados os dados mensais de temperatura média, precipitação e resultados do balanço hídrico, registrados em Campinas, entre julho de 2003 (início do experimento) e dezembro de 2006.

Foram avaliados sete tratamentos distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo as repetições representadas pelos anos de desenvolvimento do experimento. Neste projeto são apresentados resultados relativos aos anos agrícolas 2004/05, 2005/06 e 2006/07, de um experimento de longa duração com início em 2003/04 e encerramento previsto para 2013/14. Os dados foram processados estatisticamente em programa Sisvar (FERREIRA, 2003) para comparação de médias com o teste Tukey a 5% de probabilidade. No caso do tratamento com a rotação de culturas, foi utilizada a média dos valores obtidos nos talhões 5 e 6.

Tabela 1. Resenha climatológica com os dados relativos à temperatura média, precipitação pluvial e balanço hídrico, em Campinas, entre julho de 2003 e dezembro de 2006.

Ano agrícola	Mês	Temperatura média, °C	Precipitação, mm	Balanço hídrico
2003/04	julho	19,6	22	-33
	agosto	19,2	20	-35
	setembro	21,9	21	-58
	outubro	22,9	68	-31
	novembro	23,2	223	21
	dezembro	24,4	305	178
	janeiro	23,7	178	59
	fevereiro	23,6	156	52
	março	23,3	64	-8
	abril	23,0	48	-22
	maio	18,7	116	2
	junho	18,2	59	11
2004/05	julho	17,9	94	46
	agosto	19,9	0	-16
	setembro	24,2	28	-49
	outubro	21,3	201	42
	novembro	23,2	117	12
	dezembro	23,6	178	61
	janeiro	24,2	453	328
	fevereiro	24,3	97	-1
	março	24,4	308	175
	abril	24,0	43	-16
	maio	21,1	163	43
	junho	20,1	44	-1
2005/06	julho	18,6	6	-15
	agosto	21,3	16	-35
	setembro	21,0	49	-18
	outubro	24,2	203	11
	novembro	23,3	39	-19
	dezembro	23,6	138	0
	janeiro	25,2	239	73
	fevereiro	24,7	185	69
	março	24,9	202	76
	abril	21,9	27	-13
	maio	18,7	6	-27
	junho	19,1	20	-24
2006/07	julho	19,3	34	-18
	agosto	21,3	8	-58
	setembro	21,0	68	-6
	outubro	23,5	57	-46
	novembro	23,7	185	0
	dezembro	25,0	229	74

Os tratamentos foram sistemas de sucessão e rotação de culturas com variação de produção de massa para cobertura do solo, utilizando-se algodão IAC-24 (*Gossypium hirsutum* L.) e milho (*Zea mays* L.) IAC-8333 como plantas de verão e aveia preta (*Avena strigosa* L.) e milheto (*Pennisetum typhoides* Burm. F.) como culturas de inverno ou primavera, estabelecidos desde 2003/04 (Tabela 2). O tratamento com rotação, com o intuito de se agilizar a obtenção dos resultados, tendo-se as duas culturas da rotação todos os anos, foi instalado nos talhões 5 (algodão) e 6 (milho), conforme recomendado por LOMBARDI NETO et al. (2002). Os sete tratamentos são: algodão contínuo (AC); milho contínuo (MC); algodão com milheto em sucessão no início das águas (A/Mi); milho com milheto em sucessão no início das águas (M/Mi); rotação algodão e milho, ambos com milheto em sucessão no início das águas (A-M/Mi); algodão com aveia preta em sucessão (A/AP); milho com aveia preta em sucessão (M/AP).

Tabela 2. Culturas de verão, inverno e primavera na instalação do experimento, no ano agrícola de 2003/04. Campinas, SP

Talhão	Tratamento	Cultura de verão	Cultura de inverno	Cultura de primavera
Talhão 1	AC	Algodão	Pousio	Pousio
Talhão 2	MC	Milho	Pousio	Pousio
Talhão 3	A/Mi	Algodão	Pousio	Milheto
Talhão 4	M/Mi	Milho	Pousio	Milheto
Talhão 5	A-M/Mi	Algodão	Pousio	Milheto
Talhão 6	A-M/Mi	Milho	Pousio	Milheto
Talhão 7	A/AP	Algodão	Aveia preta	Aveia preta
Talhão 8	M/AP	Milho	Aveia preta	Aveia preta

A semeadura das culturas de verão ocorreu entre outubro e novembro, com a direção desta em contorno e espaçamento de 0,90 m entre as linhas, tanto para o algodão como para o milho, mantendo-se cinco plantas de milho por metro linear e oito de algodão (FAHL et al., 1998).

A semeadura das culturas de inverno ou de primavera foi feita morro-abaxio com o objetivo de obter uma diferenciação maior entre tratamentos durante o inverno em que ocorrem baixas perdas por erosão. O milheto foi semeado entre agosto e setembro no espaçamento de 0,30 m entre linhas, utilizando-se 4 g de sementes por

metro linear. A aveia preta foi semeada após a colheita das culturas de verão, entre março e abril, no espaçamento de 0,20 m entre linhas, utilizando-se 80 sementes por metro linear.

A adubação foi feita só para as culturas de verão (FAHL et al., 1998). A adubação de semeadura constituiu-se de 300 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 4-20-20. A adubação de cobertura foi feita aproximadamente aos 30 dias após a emergência, com 40 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio.

3.2 Parâmetros de avaliação

Em todos os talhões foi efetuada a caracterização do solo a partir da extração de amostras deformadas ou indeformadas conforme a necessidade da análise física, química ou microbiológica do solo.

Para as determinações físicas a amostragem do solo foi efetuada uma vez ao ano, em três subparcelas no talhão, nas posições superior, média e inferior, objetivando-se avaliar possíveis diferenças ao longo da encosta, em função do declive dos talhões.

Para fins de fertilidade, o solo também foi amostrado uma vez por ano durante o inverno, a partir de uma amostra composta por 15 subamostras extraídas aleatoriamente no talhão, na profundidade de 0-0,20 m.

Para as determinações microbiológicas o solo foi amostrado durante quatro épocas - julho de 2005, novembro de 2005, abril de 2006 e julho de 2006, na profundidade de 0-0,05 m, a partir de amostras compostas. Essas datas de amostragem foram coincidentes com as colheitas das culturas de verão, de primavera e de inverno.

3.2.1 Cobertura vegetal

A **cobertura vegetal** (expressa como porcentagem de solo coberto pela cultura ou por palha) foi medida a cada dez dias, pelos métodos do quadro (Figura 3A), (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977) e fotográfico, com três fotos por parcela, do alto de uma escada, na altura de 2,90 m, em cada subparcela superior, média e inferior. A análise das fotos foi realizada com o programa SIARCS (Figuras 3B, 3C e 3D), (JORGE et al., 1996; CRESTANA et al., 1994).

Para avaliação da **quantidade de palha** foram pesados os restos vegetais (massa verde e massa seca) das plantas de cobertura de três subparcelas (superior, média,

inferior) de 4,8 m² (4 m x 1,2 m) em cada talhão. Logo após a pesagem (peso úmido), as subamostras foram colocadas na estufa a 60°C e novamente pesadas para cálculo da umidade.

Para avaliação da **matéria seca** foram pesados os restos vegetais da parte aérea da cultura de verão em três subparcelas de 9,6 m² (4 m x 2,4 m) em cada talhão. Logo após a pesagem (peso úmido), as subamostras foram colocadas na estufa a 60 °C e novamente pesadas para cálculo da umidade.

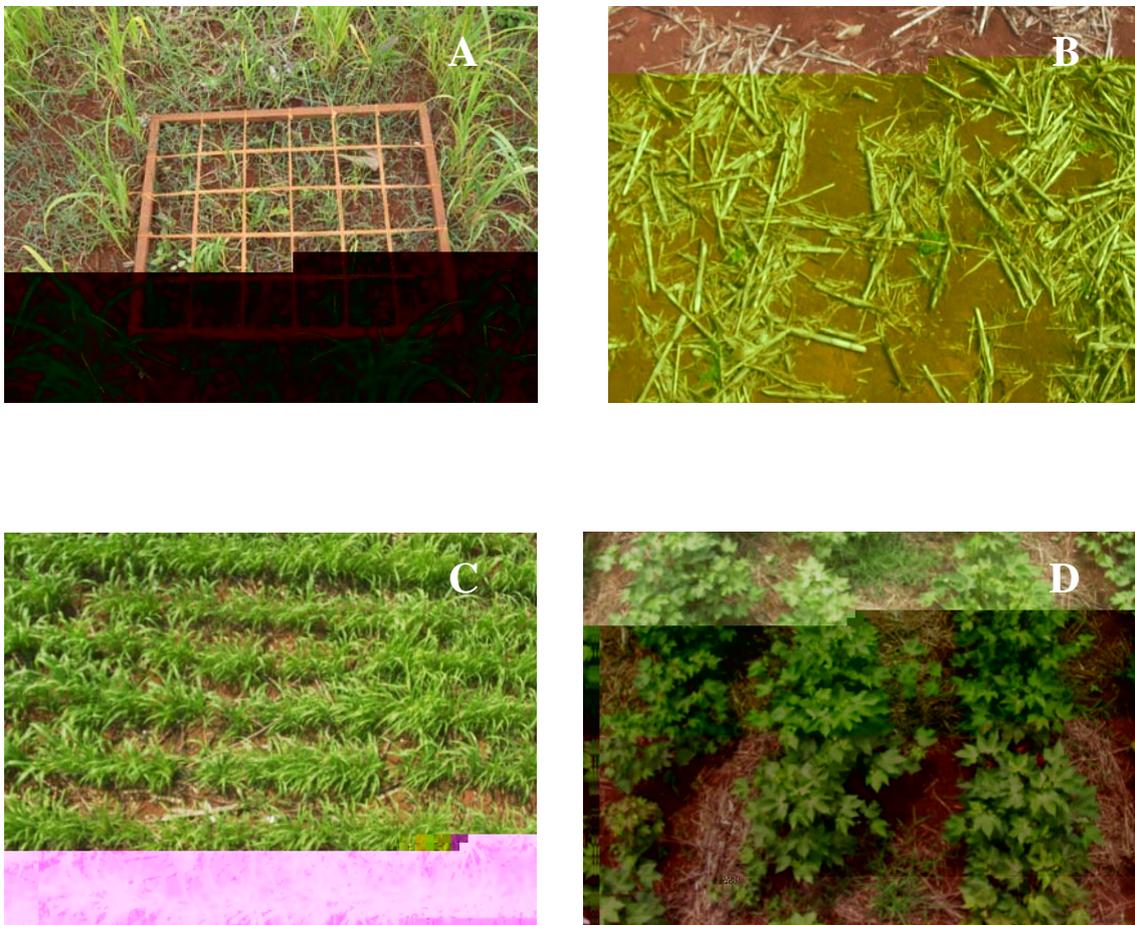


Figura 3. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal pelos métodos do quadro, com corda interna marcada a espaços regulares, num total de 20 pontos (A) e fotográfico (B, C e D). **A:** quadro utilizado durante a avaliação da cobertura vegetal; **B:** tratamento milho contínuo em 30/setembro/2005; **C:** tratamento algodão-milho/milheto em 11/outubro/2005; **D:** Tratamento algodão/aveia preta em 10/fevereiro/2006. Campinas, SP.

3.2.2 Perdas de terra e água por erosão

As perdas por erosão foram determinadas a cada 24 horas, sempre após chuvas com escoamento de enxurrada (Figura 4), quando a água e terra ficam depositadas no tanque de decantação. A precipitação foi quantificada por pluviômetro e pluviógrafo colocados na área dos talhões coletores. O grupo é constituído de oito talhões coletores de 100 m² de área útil cada (4 m x 25 m), bordadura de 2 m e declive de 12,8 %. Os sistemas coletores são constituídos de dois tanques de concreto, o segundo dos quais circular e coberto, com um divisor de janelas tipo Geib para fração de 1/7 (Figura 5). As paredes divisórias e as soleiras dos talhões são de alvenaria (MARQUES, 1951).

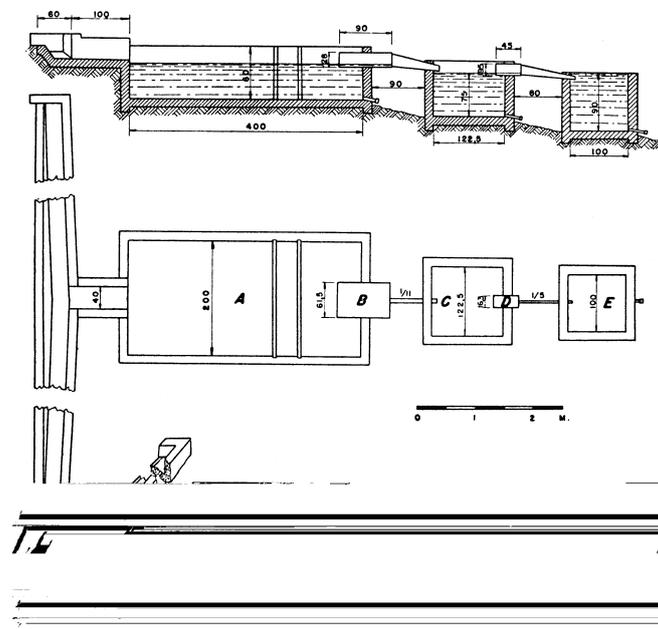


Figura 4. Detalhamento de sistema coletor de perdas por erosão. A: Tela; B: Divisor tipo Geib; C: Calha; D: Divisor tipo Geib; E: Ralo.

A altura da água nos tanques foi determinada por meio de uma régua colocada junto ao divisor e a quantidade de terra medida em baldes adredeamente graduados.

De posse dessas medidas e pela utilização de fórmulas desenvolvidas por MARQUES (1951) calcularam-se as perdas de água e ou terra para determinada chuva. Para cálculo da quantidade de terra arrastada foi feito o somatório desta na enxurrada e daquela decantada. Para se obter o volume da enxurrada foi necessário descontar-se a chuva direta, visto os tanques coletores serem descobertos (BERTONI, 1949). Com a

fórmula utilizada tem-se o volume em função da leitura do primeiro tanque de armazenamento:

$$V = 0,04H^2 - 2p$$

em que:

H = altura em mm no primeiro tanque de armazenamento

p = chuva em mm registrada no pluviômetro

A quantificação das perdas de terra e de água efetuadas no decorrer dos anos agrícolas foi consolidada mensal e anualmente.



Figura 5. Tanques de decantação e de armazenamento para monitoramento de perdas por erosão de terra e de água. Instituto Agronômico, Campinas, SP.

3.2.3 Indicadores físicos do solo

A **porosidade, a densidade do solo e a capacidade de retenção de água** (EMBRAPA, 1997) foram avaliadas utilizando-se anéis volumétricos de 100 cm³, nas profundidades de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m, nas partes superior, média e inferior de cada talhão, num total de nove amostras indeformadas por talhão.

As amostras volumétricas foram coletadas com auxílio de macaco hidráulico na parede lateral de mini-trincheiras, em julho de 2005 e em julho de 2006. Os anéis foram cravados até à profundidade desejada e cuidadosamente retirados sem prejuízos à

estrutura do solo em seu interior. Depois da retirada, era feita a limpeza do anel, removendo-se o excesso de terra das superfícies e cortando-se as raízes, sendo o anel tampado e acondicionado para transporte.

No laboratório as amostras foram dispostas em bandejas plásticas para umedecimento lento (Figura 6A). Nas primeiras 24 horas o nível da água foi elevado gradativamente até que fosse atingida a borda superior do anel, sem, entretanto, cobri-lo; o nível da água era completado ao se constatar seu rebaixamento. Após a saturação as amostras foram colocadas sobre uma bandeja para escoamento do excesso de água e pesadas para se obter seu peso saturado. A seguir as amostras foram dispostas em tanque de tensão e submetidas às tensões de saturação, 0,5 kPa, 2 kPa e 6 kPa. Encerrada a determinação dos pontos de baixa pressão, as amostras foram transferidas para câmaras de Richards (Figura 6B), removendo-se os anéis para placas de 300 kPa, previamente saturadas e aplicando-se as pressões desejadas de 10 kPa, 30 kPa, 100 kPa e 1500 kPa até a interrupção do fluxo no tubinho plástico externo da câmara.

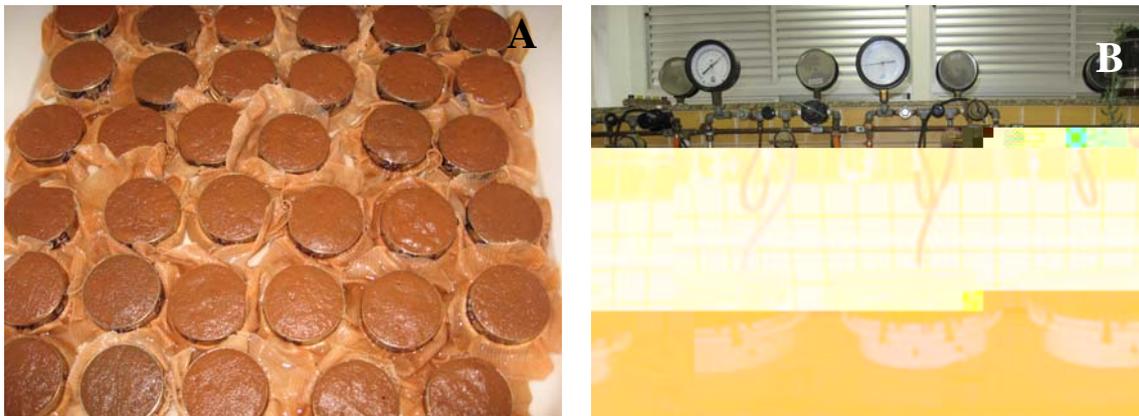


Figura 6. **A:** Saturação das amostras nos anéis volumétricos; **B:** Câmaras de Richards para determinação da retenção de água nos vários pontos de tensão.

As amostras foram pesadas para cada pressão e, ao término de todos os pontos, foi pesada a gase e o elástico. Para cálculo do peso seco os anéis foram levados para secagem em estufa a 110° C por 48 horas.

A **permeabilidade** foi avaliada em julho de 2005 e em julho de 2006, com o permeâmetro modelo IAC (Figura 7), segundo método de REYNOLDS & ELRICK (1986) e VIEIRA (1995-1998). Foram realizadas 15 repetições por talhão, cinco em cada uma das partes superior, média e inferior, nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m. As medições foram realizadas com carga hidráulica de 5 cm, em decorrência dos resultados obtidos por MARTINHO (2001), que observou, em seu trabalho com uso de geoestatística, a possibilidade de se utilizar uma única carga hidráulica em lugar de duas, como usual. As leituras estenderam-se até fluxo constante, quando quatro diferenças entre leituras consecutivas eram iguais (REYNOLDS et al., 1992). Para os cálculos foi utilizado o programa ONEHEAD.EXE (Sidney Rosa Vieira, comunicação pessoal), com o qual são fornecidos os valores de permeabilidade em mm/h e de condutividade hidráulica em $m\ d^{-1}$. O valor da velocidade de infiltração básica (VIB) foi obtido pelas médias da infiltração nas duas profundidades consideradas.



Figura 7. a: Permeâmetro modelo IAC para determinação da infiltração e condutividade hidráulica; b: detalhe tubo acrílico para determinação da carga hidráulica.

A **compactação**, medida como a resistência à penetração foi determinada em julho/2005 e julho/2006, com penetrômetro de impacto. Foram realizadas cinco repetições por ponto de amostragem totalizando-se 15 pontos por talhão - cinco em cada

uma das partes superior, média e inferior, até 30 cm de profundidade. Duas amostras, coletadas com trado e compostas de três subamostras em cada talhão, na profundidade de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, foram coletadas para determinação da umidade. Os valores de impactos por profundidade para resistência do solo, em MPa, foram transformados conforme equação descrita por STOLF (1991). Para os cálculos foi utilizado o programa RPNT.EXE (Isabella Clerici De Maria, comunicação pessoal) e os resultados apresentados em valores médios de resistência para cada 5 cm de profundidade.

O método utilizado para a determinação da **estabilidade de agregados por via úmida** foi o descrito por KEMPER & CHEPIL (1965), com modificações no tamanho das peneiras introduzidas pelo Laboratório de Física do Solo do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo (Figura 8).



Figura 8. Determinação da estabilidade de agregados por via úmida. **A:** Conjunto de seis peneiras utilizadas no peneiramento; **B:** Agregados selecionados de tamanho entre 9,52 mm e 4,00 mm.; **C:** Detalhe da peneira superior com diâmetro de 7,93 mm.

Foram coletadas três amostras por talhão, nas partes superior, média e inferior, na profundidade de 0-0,20 m, em julho e em setembro de 2004. Em julho de 2005 e em julho de 2006 as amostras foram coletadas nas profundidades 0-0,05 m, 0,05-0,10 m e

0,10-0,20 m, nas três subparcelas de cada talhão. Já em abril de 2006 foram coletadas quatro amostras compostas da parte superior, média e inferior de cada talhão na profundidade de 0-0,05 m.

As amostras foram retiradas do campo com vanga ou enxadão, fazendo-se pequenas trincheiras com profundidade suficiente para a coleta das amostras mais profundas e colocadas em sacos plásticos resistentes. As amostras foram secas ao ar e peneiradas durante 10 minutos com um conjunto de três peneiras de 9,52 mm, 4,00 mm e 2,00 mm de abertura de malha para selecionar os agregados de diâmetro entre 9,52 e 4,00 mm. A fração menor que 2,00 mm, terra fina seca ao ar (TFSA), foi separada para análise granulométrica. A umidade foi determinada, em amostras repetidas, colocando-se 25 g dos agregados selecionados em estufa durante 48 horas, para determinação da massa.

O estado de agregação das amostras de solo foi avaliado pelos índices diâmetro médio ponderado (DMP) e pela porcentagem de agregados estáveis em água em cada classe de distribuição. O DMP é expresso mediante a seguinte fórmula:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (Xi \times Wi)$$

em que:

Wi = proporção de cada classe em relação ao total

Xi = diâmetro médio das classes de agregados (mm)

n = número de classes de agregados

3.2.4 Indicadores químicos

Como indicadores de fertilidade do solo foram determinados: a **matéria orgânica** do solo, o **pH**, a **acidez total** (H+Al), o Al trocável (m%) e a CTC efetiva, pelo método direto (RAIJ et al., 2001).

O princípio do método de determinação da **matéria orgânica** do solo é sua oxidação por solução de dicromato de sódio em ácido sulfúrico a frio, seguida de titulação com sulfato ferroso amoniacal do dicromato (Cr^{6+}) proveniente da reação de oxidação e comparação desses valores com resultados de amostras cujos teores de matéria orgânica foram determinados pelo método de Walkley-Black.

O **pH** foi determinado em solução 0,01 mol L⁻¹ de CaCl₂, com emprego de eletrodo. A acidez total (H+Al) foi estimada a partir dos valores de pH de uma

suspensão do solo em solução-tampão. Foram avaliados também o Al trocável (m%) e a CTC efetiva pelo método direto.

Para o cálculo da **porcentagem de saturação por bases** foram determinados os teores de Ca, de Mg e de K pela extração com uma resina trocadora de íons. O princípio do método é a transferência de cálcio, do magnésio, do potássio e do fósforo para a resina trocadora de íons, em meio aquoso. A seguir, é feita a separação de resina do solo e a extração dos elementos da resina com solução ácida de cloreto de sódio.

Os **micronutrientes** (Cu, Fe, Mn e Zn) foram extraídos utilizando a solução complexante do DTPA em pH 7,3 e determinados por espectrometria de emissão atômica por plasma. Extraiu-se o boro em água aquecida em forno de microondas e com uma solução de cloreto de bário $1,25 \text{ g L}^{-1}$. A determinação foi por espectrometria de emissão atômica por plasma.

3.2.5 Indicadores microbiológicos

Os indicadores utilizados na avaliação microbiológica do solo foram: **carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico**. As amostras foram coletadas em quatro épocas do ano: julho e novembro de 2005 e em abril e julho de 2006, com o intuito de se avaliar a possível influência das culturas de verão e inverno na atividade microbiana, assim como as diferenças temporais devidas às variações de temperatura e umidade.

Em julho de 2005, abril de 2006 e julho de 2006 foram coletadas quatro amostras compostas por talhão, na profundidade de 0-0,05 m; cada amostra foi composta por seis subamostras, duas na parte superior, duas na média e duas na inferior, num total de 24 pontos por talhão. Em novembro de 2005 foram coletadas três amostras compostas por cinco subamostras, com vanga, na profundidade de 0-0,05 m, em cinco pontos aleatórios de cada subparcela (15 pontos por talhão).

Nas amostras de novembro de 2005 e abril de 2006, após secagem ao ar, foram separados os macroagregados com diâmetro entre 9,52-2,00 mm e os microagregados com diâmetro inferior a 2 mm, objetivando-se avaliarem eventuais diferenças na atividade microbiana em diferentes microambientes do solo - macroagregados e microagregados.

Para avaliação do carbono da biomassa microbiana foi utilizado o método da fumigação-extração, de acordo com VANCE et al. (1987). A quantidade de carbono da

biomassa microbiana foi determinada pela diferença entre o carbono orgânico extraído das amostras do solo fumigado e não fumigado, utilizando-se um fator de correção de 2,64.

A **respiração basal** foi quantificada segundo a metodologia adaptada de CURL & RODRIGUEZ-KABANA (1972) e STOTZKY (1965). O cálculo é apresentado em $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g. dia}$, durante o intervalo de tempo utilizado no monitoramento da amostra.

A fórmula utilizada para se obter esse valor é:

$$\text{C-CO}_2 (\mu\text{g}) = (\text{B-V}) \times \text{M} \times 6 \times (v_1/v_2), \text{ em que:}$$

B = volume do HCl no branco (mL)

V = volume de HCl gasto na amostra (mL)

M = concentração real do HCl (mol L^{-1})

6 = massa atômica do carbono (12) dividida pelo número de mols de CO_2 em reação com NaOH

v_1 = volume total de NaOH consumido na captura de CO_2 (mL)

v_2 = volume de NaOH consumido na titulação (mL)

Para avaliação da **respiração basal no campo** foi utilizado o método adaptado de LOPES et al. (1986), utilizando-se câmaras cilíndricas - tubos de PVC com altura de 0,50 m, enterradas nos primeiros 0,20 m de profundidade e com diâmetro de 0,30 m (Figuras 9A e 9B).

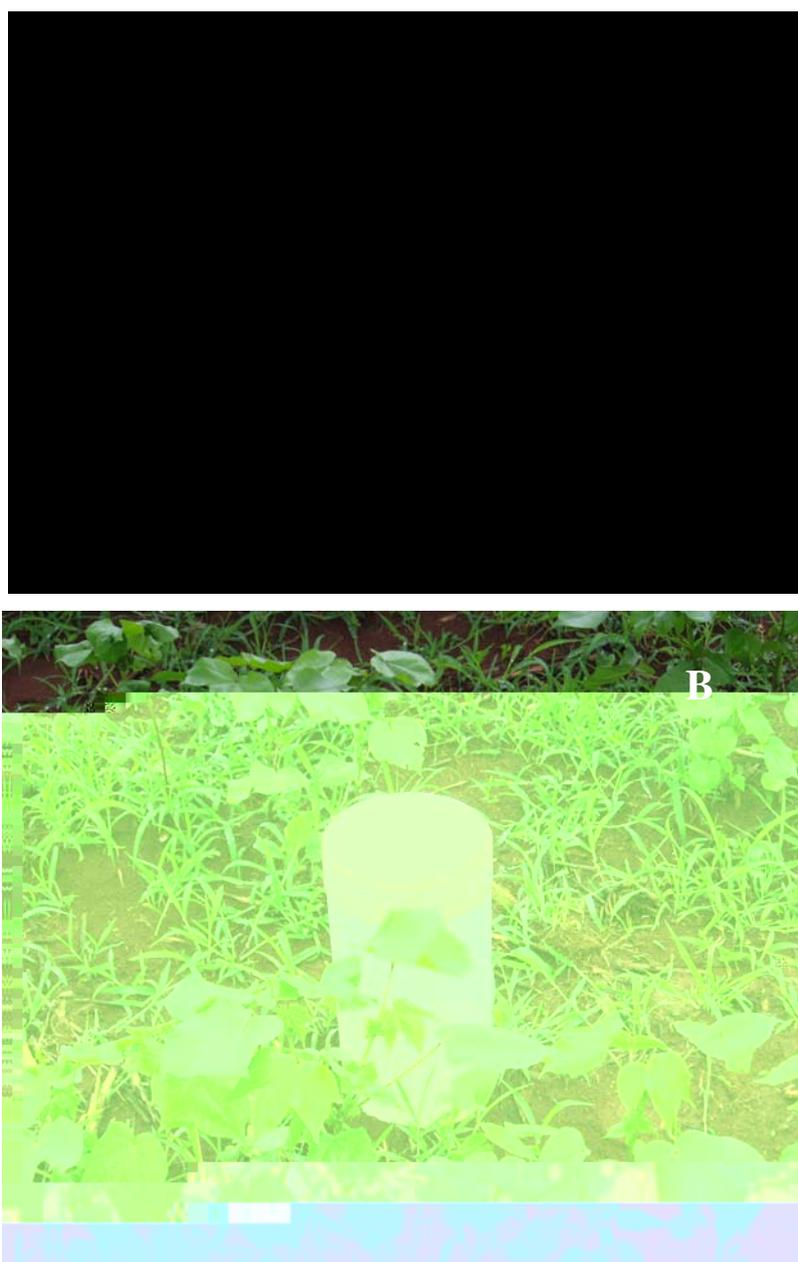


Figura 9. Tubos de PVC implantados em talhões experimentais para determinação da liberação de CO_2 ; **A:** tubos instalados em três subparcelas dos talhões experimentais; **B** detalhe do tubo de PVC. Instituto Agronômico, Campinas, SP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cobertura vegetal

Nas figuras 10 e 11 pode-se observar que, nos tratamentos com algodão contínuo (AC) e milho contínuo (MC), respectivamente, e, sobretudo entre setembro de 2005 e janeiro de 2006, com a utilização do programa SIARCS têm-se os menores valores de **porcentagens de cobertura** do solo. Fica evidente que esses resultados são devidos à não inclusão, nesses tratamentos, de plantas de cobertura.

Com o desenvolvimento das culturas de verão obteve-se aumento da porcentagem de cobertura a partir de janeiro, proporcionado, principalmente, pela parte aérea da cultura, mais expandida no algodão.

Os resultados das avaliações da cobertura do solo pelos métodos fotográfico e do quadro foram diferentes entre si. No método fotográfico avalia-se, além da cobertura proporcionada pela palha, aquela da cultura, em si, enquanto no do quadro, devido à sua própria constituição, só pode ser colocado entre as linhas da cultura quando esta já está desenvolvida. De maneira geral, as porcentagens de cobertura nos tratamentos com plantas de cobertura foram variáveis entre 40% e 90%, durante os sete meses de avaliação, conforme a palha fornecida pelas culturas de inverno e o desenvolvimento das culturas de verão implantadas.

Nos resultados da cobertura vegetal avaliada com o método do quadro (Figuras 12 e 13) constatou-se uma heterogeneidade maior entre tratamentos em relação ao método fotográfico. As porcentagens de cobertura foram obviamente menores nos tratamentos sem plantas de cobertura – algodão contínuo (AC) e milho contínuo (MC), como identificado no método fotográfico; porém, no tratamento com milho em rotação com algodão e milheto em sucessão (A-M/MI), durante o primeiro mês de avaliação, a cobertura vegetal foi inferior àquela no tratamento milho contínuo (MC). Isso pode ter ocorrido pela presença, no tratamento com milho contínuo (MC), de resíduos da cultura do milho, favorecendo-se o estabelecimento de mais cobertura vegetal em relação à do milheto, ainda nas fases iniciais do ciclo. Durante todo o período de avaliação, as porcentagens de cobertura foram oscilantes entre 30% e 80%, sendo dificilmente inferiores a 30%, considerado o limite mínimo de porcentagem de cobertura vegetal em preparo conservacionista, com o qual se pode proporcionar redução da erosão em até 50%.

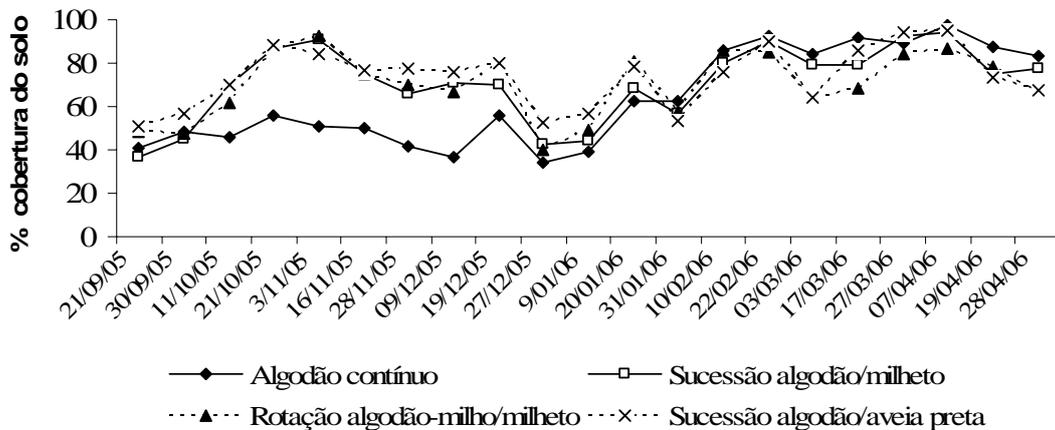


Figura 10. Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta, avaliada por método fotográfico e com o programa SIARCS. Campinas, SP.

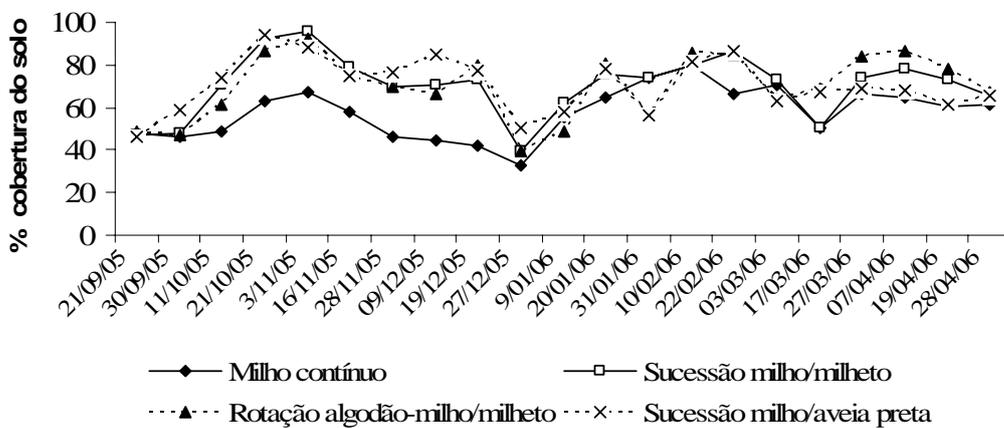


Figura 11. Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com milho, em sistema semeadura direta, avaliada por método fotográfico e com o programa SIARCS. Campinas, SP.

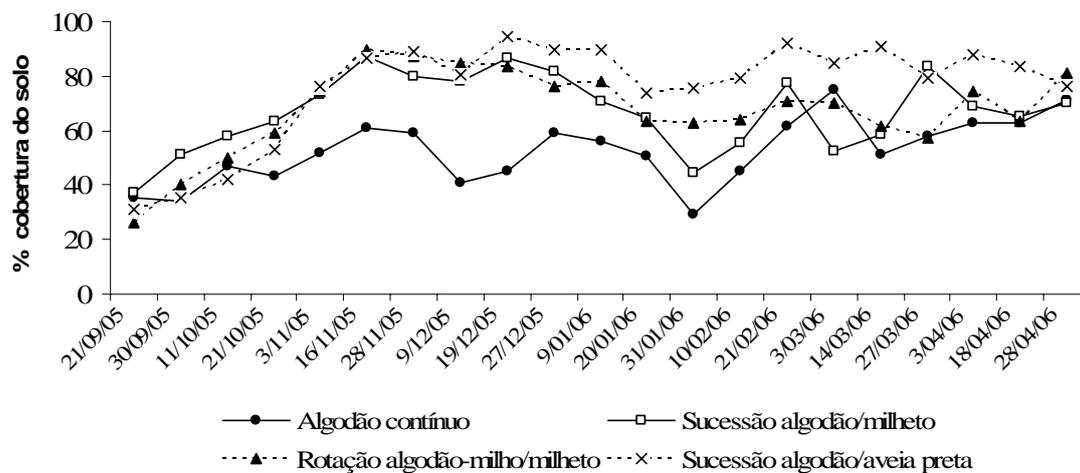


Figura 12 Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta, avaliada pelo método do quadro. Campinas, SP.

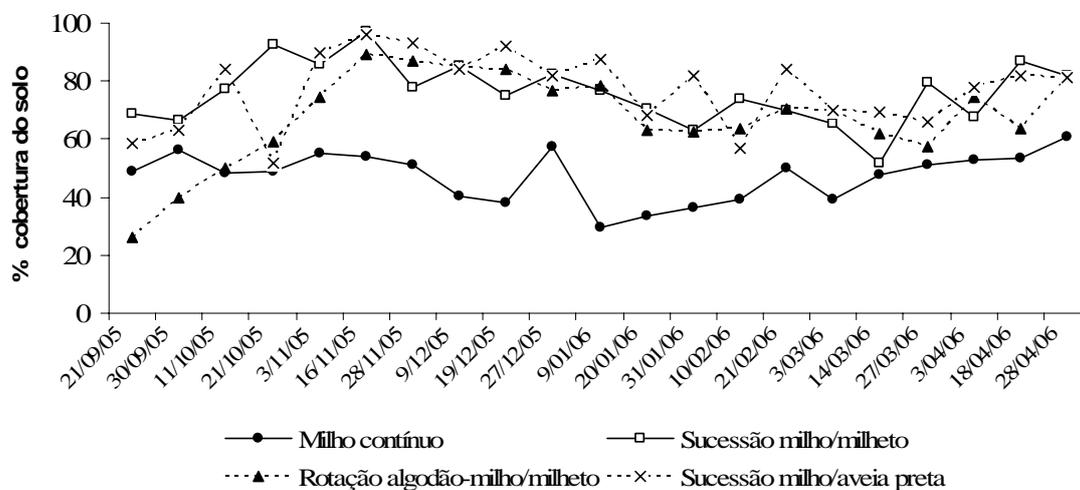


Figura 13. Porcentagem de cobertura vegetal nos tratamentos com milho, em sistema semeadura direta, avaliada pelo método do quadro. Campinas, SP.

Na tabela 3 estão apresentados, conjuntamente, os resultados das porcentagens de cobertura obtidas com os dois métodos e nas diferentes épocas de avaliação.

Na média de todo o período avaliado pelo programa SIARCS, o valor no milho contínuo (MC) foi o menor, sendo diferente estatisticamente dos outros, à exceção daquele no tratamento algodão contínuo (AC).

De maneira geral, em setembro de 2005, foram registrados valores reduzidos de cobertura do solo, estando as plantas de cobertura no estágio inicial de crescimento e a palha em estágio avançado de decomposição.

Nos tratamentos com plantas de cobertura, a cobertura média foi 70 %, com o que, no caso de resíduos de milho, podem-se diminuir as perdas de terra em até 75 % (LOMBARDI NETO et al., 1988).

Tabela 3. Porcentagens médias de cobertura vegetal do solo, avaliadas, com o método fotográfico e programa SIARCS e com o método do quadro, em sistema de semeadura direta, de setembro de 2005 a abril de 2006. Campinas, SP

<i>Tratamento</i>	<i>Set 05</i>	<i>Out 05</i>	<i>Nov 05</i>	<i>Dez 05</i>	<i>Jan 06</i>	<i>Fev 06</i>	<i>Mar 06</i>	<i>Abr 06</i>	<i>Média</i>
Método fotográfico – SIARCS									
AC	44 a	51 a	47 b	42 bc	54 a	89 a	88 a	89 a	64 ab
MC	47 a	56 a	57 ab	40 c	64 a	73 a	62 a	62 a	58 b
A/Mi	40 a	78 a	77 a	61 abc	56 a	85 a	83 a	82 a	71 a
M/Mi	47 a	82 a	81 a	61 abc	71 a	83 a	66 a	72 a	70 a
A-M/Mi	48 a	73 a	79 a	62 abc	62 a	85 a	72 a	77 a	70 a
A/AP	54 a	79 a	79 a	70 ab	63 a	83 a	81 a	79 a	74 a
M/AP	52 a	84 a	80 a	71 a	64 a	84 a	66 a	65 a	70 a
Método do quadro – Quadro									
AC	34 b	45 b	57 b	48 b	45 bc	53 bc	61 bc	65 ab	52 c
MC	52 ab	48 b	53 b	45 b	33 c	44 c	46 c	56 b	47 c
A/Mi	44 ab	60 ab	80 a	82 a	60 ab	66 abc	65 abc	68 ab	67 b
M/Mi	68 a	84 a	87 a	80 a	70 a	72 ab	65 abc	79 a	76 a
A-M/Mi	33 b	54 b	83 a	82 a	68 a	67 abc	63 bc	73 ab	68 b
A/AP	33 b	47 b	84 a	88 a	80 a	85 a	85 a	82 a	75 a
M/AP	60 a	68 ab	93 a	86 a	79 a	70 ab	68 ab	80 a	77 a

Médias (partes superior, média e inferior do talhão) seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

No método do quadro constataram-se mais diferenças significativas entre tratamentos, verificando-se as maiores porcentagens de cobertura do solo nos tratamentos milho contínuo com milheto em sucessão (M/Mi) e algodão e milho com

aveia preta em sucessão (A/AP e M/AP), significativamente superiores às aquelas nos demais tratamentos; as menores foram nos tratamentos com algodão e milho contínuos (AC e MC).

As maiores porcentagens de cobertura do solo, verificadas nos tratamentos com aveia preta como planta de cobertura (A/AP e M/AP), podem ser devidas à elevada persistência do resíduo de aveia preta, como relatado por CAMPOS et al. (1999). Essas porcentagens de cobertura, entretanto, não foram significativamente diferentes das dos tratamentos com milheto (A/Mi e M/Mi). Em setembro obtiveram-se porcentagens relativamente pequenas de cobertura, como na avaliação fotográfica, especialmente no algodão contínuo (AC), na rotação algodão com milho/milheto (A-M/Mi) e na sucessão algodão/aveia preta (A/AP), estando as plantas de cobertura nos estádios iniciais de crescimento.

As quantidades de palha e de matéria seca produzidas nos sistemas de produção estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Quantidade de palha e quantidade de matéria seca com algodão, em 2005/2006, em distintas posições no talhão em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Posição no talhão			Total
	Superior	Média	Inferior	
	Palha, kg ha ⁻¹			
Sucessão algodão/milheto	2.050 b	2.580 b	4.450 b	9.080
Sucessão milho/milheto	4.600 a	5.520 a	7.350 a	17.470
Rotação algodão-milho/milheto	2.770 ab	3.015 ab	6.005 ab	11.790
Sucessão algodão/aveia preta	2.170 b	2.080 b	2.490 b	6.740
Sucessão milho/aveia preta	2.520 b	2.740 b	2.400 b	9.080
	kg ha ⁻¹			
Algodão contínuo	101 a	85 a	110 a	296
Sucessão algodão/milheto	90 a	124 a	126 a	340
Rotação algodão-milho/milheto	151 a	110 a	156 a	417
Sucessão algodão/aveia preta	142 a	132 a	230 a	504

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de palha produzida foram constatados na sucessão milho com milheto (M/Mi), em que se verificaram as maiores porcentagens de cobertura (pelo método do quadro) e, estatisticamente diferentes daqueles dos outros tratamentos, com exceção do obtido na rotação algodão e milho com milheto em sucessão (A-M/Mi), independentemente da posição no talhão. Em relação à quantidade de matéria seca com algodão (Tabela 4) não foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos, nem nas distintas posições no talhão. A quantidade de matéria seca no tratamento algodão com aveia preta em sucessão (A/AP), não foi prejudicada, apesar da incidência de broca da raiz (*Strategus aloeus*) durante a fase de crescimento do algodão, verificando-se valores estatisticamente iguais aos observados nos outros tratamentos.

4.2 Perdas de terra e água pela erosão

Nas tabelas 5 e 6 estão apresentados os dados das perdas mensais de água e de terra nos distintos tratamentos, mensurados desde a implantação dos sistemas de culturas, no ano agrícola 2003/2004 até dezembro de 2006.

Em 2003/2004 a maior precipitação pluvial ocorreu nos meses de dezembro (309,3 mm) e novembro (208,9 mm), em que as menores perdas de água foram constatadas na rotação algodão e milho/milheto (A-M/Mi). Nesse tratamento e na sucessão milho/aveia preta não houve perdas registradas de terra nos referidos meses. Em novembro apesar dos 208,9 mm de chuva, não se verificaram perdas de terra em nenhum dos tratamentos e as perdas de água foram bem menores em relação às do mês de dezembro, talvez em decorrência de chuvas mensais de menor intensidade.

No ano agrícola 2004/2005 foram registradas intensas precipitações pluviais nos meses de janeiro e março, em que, com as sucessões algodão/aveia preta (A/AP) e milho/aveia preta (M/AP), proporcionou-se mais controle das perdas de água. Nesses mesmos tratamentos não foram constatadas perdas de terra entre novembro e janeiro, período em que se verificaram as maiores perdas nos tratamentos avaliados. Pode se observar que nos meses de novembro e dezembro, apesar das menores precipitações pluviais registradas em relação a março, houve elevadas perdas de terra em todos os tratamentos, talvez pela menor proteção oferecida ao solo pelas culturas de verão, ainda em fase de estabelecimento.

No decorrer do ano agrícola de 2005/2006 os maiores valores de perdas foram verificados nos meses de outubro e janeiro. Aliada à maior intensidade das chuvas,

usuais nesse período, obtiveram-se porcentagens de cobertura variáveis entre os tratamentos, utilizando-se o método do Quadro (Tabela 2). Com esse método as porcentagens de cobertura foram em janeiro de 45 % e 33 %, respectivamente, para o tratamento algodão contínuo (AC) e milho contínuo (MC), sendo estatisticamente diferentes dos outros tratamentos com plantas de cobertura, em que se verificaram menores perdas por erosão e maiores porcentagens de cobertura, com exceção de algodão/milheto (A/Mi), em que ocorreram maiores perdas. O maior controle das perdas de água em janeiro foi constatado na sucessão algodão/aveia preta (A/AP) e milho/aveia preta (M/AP) e o das de terra nos mesmos tratamentos, juntamente com a sucessão milho com milheto (M/Mi) e com a rotação algodão e milho/milheto (A-M/Mi); em outubro houve maior controle na sucessão milho/milheto (M/Mi) e no algodão/aveia preta (A/AP). Nos tratamentos algodão/aveia preta (A/AP), milho/aveia preta (M/AP) e milho com milheto (M/Mi) obtiveram-se as porcentagens de cobertura maiores com o método do Quadro (Tabela 2), confirmando a influência da cobertura do solo no controle das perdas de terra e de água, fato relatado por inúmeros autores, como BRAIDA & CASSOL (1999), LOPES et al. (1987b) e SCHAEFER et al. (2002).

No ano agrícola de 2006/2007 as maiores perdas de água foram registradas nos meses de novembro e dezembro; em novembro, nas sucessões algodão com aveia preta (A/AP) e milho com aveia preta (M/AP) foi continuamente propiciado maior controle. As perdas de terra foram registradas apenas no milho contínuo (MC), em que houve também mais perda de água em relação aos outros tratamentos. É possível que nesse tratamento tenha sido produzida uma quantidade menor de resíduos vegetais, favorecendo uma exposição maior do solo e aumentando a suscetibilidade à erosão em relação ao tratamento com algodão contínuo (AC) e que as condições edafoclimáticas tenham propiciado um desenvolvimento maior no tratamento algodão contínuo (AC) em relação ao milho contínuo (MC). Também em relação às perdas anuais (Tabela 7), no tratamento milho contínuo (MC) constataram-se maiores perdas numéricas de água em relação às no algodão contínuo (AC), nos três últimos anos agrícolas considerados, apesar de ser uma cultura cujos resíduos, geralmente proporcionam elevadas porcentagens de cobertura e eficiente controle das perdas por erosão (BERTONI et al., 1972). Os autores verificaram perdas de terra no algodão de 24,8 t ha⁻¹ e de 9,7 mm de água com média de 1.300 mm de chuva e declividade entre 8,5 % e 12,8 %. Já com o milho, as perdas de terra foram reduzidas a 12,0 t ha⁻¹ e, as de água, a 5,2 mm.

Entretanto, as perdas de terra no milho contínuo (MC) foram aumentadas apenas em 2005/2006, havendo mais controle durante os primeiros dois anos em relação ao tratamento algodão contínuo (AC). Cabe ressaltar que, no algodão contínuo (AC) e no milho contínuo (MC) foram verificadas porcentagens de cobertura estatisticamente similares em 2005/2006 (Tabela 2), porém o estudo mais detalhado do tipo e da distribuição dos resíduos na superfície do solo poderia facilitar o entendimento de tais diferenças, conforme verificado por LOPES et al., (1987b).

Na figura 14 estão apresentados os resultados de perdas de terra e água acumuladas de julho de 2003 a dezembro de 2006. Pode se observar que, em todos os tratamentos, houve perdas de terra e de água em níveis diferenciados, sendo as menores nos tratamentos milho em sucessão com milheto (M/Mi), rotação algodão e milho com milheto (A-M/Mi), algodão em sucessão com aveia preta (A/AP) e milho em sucessão com aveia preta (M/AP).

Verificou-se eficiência da rotação algodão e milho com milheto (A-M/Mi) e da sucessão algodão com aveia preta (A/AP) no controle da erosão, sendo que a cultura do algodão é considerada altamente suscetível (BERTONI et al., 1972).

Os valores de perdas de terra foram bastante reduzidos, de forma geral, comprovando-se a maior eficiência em sistema semeadura direta no controle destas do que nas de água, como já verificado por outros autores (CASSOL & LIMA, 2003; HERNANI et al., 1997; LOMBARDI NETO et al., 1988; SCHÄFER et al., 2001). HERNANI et al., (1997) verificaram, em semeadura direta, controle de 89% das perdas de terra e de 82% das de água em relação ao sistema de preparo com arado de discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal.

As maiores perdas de água e de terra nos tratamentos algodão contínuo (AC) e milho contínuo (MC) podem ser justificadas pela maior exposição do solo ao impacto da gota de água da chuva e possível favorecimento do selamento superficial, assim como pela menor porcentagem de cobertura obtida no método do Quadro nestes tratamentos (Tabela 2), já que não se prevêem outras plantas de cobertura em sucessão.

No tratamento algodão contínuo (AC) é possível que, com a cobertura vegetal proporcionada pela parte aérea da cultura, tenha havido contribuição para a redução das perdas de água, diminuindo-se a exposição do solo ao impacto da gota de água de chuva e diminuindo-se o volume de enxurrada. Já no tratamento milho contínuo (MC) foi detectada, no período de avaliação com o método fotográfico (Tabela 2), uma porcentagem de cobertura inferior em relação aos tratamentos com plantas de cobertura,

que poderia justificar as maiores perdas acumuladas de água em relação ao tratamento algodão contínuo (AC).

Nos tratamentos milho em sucessão com milheto (M/Mi), rotação algodão-milho com milheto em sucessão (A-M/Mi), algodão com aveia preta em sucessão (A/AP) e milho com aveia preta em sucessão (M/AP) as perdas acumuladas de água, assim como aquelas geralmente constatadas em cada ano agrícola, foram bem menores. Nesses mesmos tratamentos, ou não se detectaram, ou houve perdas mínimas de terra, evidenciando-se a importância da inclusão dessas seqüências no solo estudado, em sistema de semeadura direta. Na cultura de algodão, altamente suscetível às perdas por erosão, as perdas anuais de terra (Tabela 6 e 7) foram inferiores ao limite de tolerância para solos do Estado de São Paulo, que varia de 4,5 toneladas/hectare/ano a 15,0 toneladas/hectare/ano (LOMBARDI NETO & BERTONI, 1975).

Tabela 5. Perdas mensais de água como enxurrada de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em sistema semeadura direta, de julho de 2003 a dezembro de 2006. Campinas, SP

Ano agrícola	Mês	Chuva	Culturas em sucessão ou rotação						
			AC	MC	A/Mi	M/Mi	A-M/Mi	A/AP	M/AP
mm									
2003/04	jul	24,0	0,14	0,25	0,22	0,18	0,18	0,14	0,10
	ago	18,9	0,11	0,12	0,06	0,11	0,12	0,06	0,07
	set	17,2	0,07	0,09	0,06	0,08	0,06	0,03	0,03
	out	86,1	0,61	0,89	0,86	0,69	0,58	0,63	0,55
	nov	208,9	4,68	2,84	4,15	2,52	2,41	2,91	2,82
	dez	309,3	20,36	5,65	8,51	5,03	4,00	6,77	5,92
	jan	196,8	0,99	1,29	2,62	1,31	1,48	1,66	0,86
	fev	148,1	1,13	0,59	2,06	0,86	1,29	1,42	0,59
	mar	67,9	0,38	0,64	0,82	0,34	0,59	0,55	0,29
	abr	47,6	0,16	0,35	0,32	0,23	0,28	0,31	0,24
	mai	119,9	0,27	0,64	0,63	0,40	0,54	0,59	0,39
	jun	57,0	0,21	0,50	0,32	0,19	0,39	0,49	0,28
Total			29,11	13,85	20,63	11,94	11,90	15,56	12,14
2004/05	jul	97,4	0,54	1,41	1,19	0,87	1,10	1,00	0,81
	ago	0	0	0	0	0	0	0	0
	set	32,4	0,14	0,25	0,14	0,11	0,20	0,21	0,11
	out	217,3	1,05	3,45	3,07	2,00	2,86	2,50	1,72
	nov	132,8	1,15	1,77	1,35	1,63	1,03	0,54	0,32
	dez	181,2	2,81	1,83	3,69	1,56	0,80	0,35	0,07
	jan	449,7	4,35	2,48	5,00	3,29	1,77	0,74	1,21
	fev	96,3	0,31	0,50	0,26	0,20	0,11	0,01	0,00
	mar	329,4	10,41	17,66	18,18	10,87	9,56	1,84	2,53
	abr	49,8	0,23	0,44	0,16	0,18	0,13	0,00	0,01
	mai	171,1	1,30	7,74	3,40	0,63	1,03	0,33	1,13
	jun	41,6	0,07	0,17	0,11	0,06	0,03	0,00	0,00
Total			22,35	37,70	36,54	21,39	18,60	7,52	7,91
2005/06	jul	0	0	0	0	0	0	0	0
	ago	22,6	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
	set	45,8	0,00	0,11	0,03	0,04	0,01	0,03	0,00
	out	232,2	2,81	11,54	2,54	1,32	2,45	0,35	1,80
	nov	43,7	0,01	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,01
	dez	150,3	0,58	1,16	0,71	0,48	0,42	0,01	0,05
	jan	280,6	11,37	10,26	6,12	1,29	1,05	0,45	0,37
	fev	200,5	0,49	1,80	0,97	0,31	0,41	0,13	0,19
	mar	234,3	0,52	7,95	2,73	0,13	1,21	0,75	0,66
	abr	31,6	0,00	1,62	0,14	0,03	0,13	0,02	0,00
	mai	3,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	jun	18,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total			15,77	34,50	13,30	3,63	5,74	1,78	3,08
2006/07	jul	39,7	0,00	0,01	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00
	ago	13,5	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	set	78,3	0,00	0,04	0,05	0,00	0,05	0,00	0,02
	out	72,0	0,11	0,33	0,26	0,04	0,20	0,10	0,03
	nov	188,4	0,19	1,03	0,20	0,20	0,23	0,03	0,03
	dez	216,0	0,43	7,20	0,67	0,33	0,89	0,52	0,69
	Total			0,77	8,62	1,21	0,56	1,41	0,66

AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

Tabela 6. Perdas mensais de terra de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em sistema semeadura direta, de julho de 2003 a dezembro de 2006. Campinas, SP

Ano agrícola	Mês	Chuva mm	Culturas em sucessão ou rotação						
			AC	MC	A/Mi	M/Mi	A-M/Mi	A/AP	M/AP
2003/04	jul	24,0	0	0	0	0	0	0	0
	ago	18,9	0	0	0	0	0	0	0
	set	17,2	0	0	0	0	0	0	0
	out	86,1	0	0	0	0	0	0	0
	nov	208,9	0	0	0	0	0	0	0
	dez	309,3	0,735	0,126	0,547	0,224	0	0,523	0
	jan	196,8	0	0	0	0	0	0	0
	fev	148,1	0	0	0	0	0	0	0
	mar	67,9	0	0	0	0	0	0	0
	abr	47,6	0	0	0	0	0	0	0
	mai	119,9	0	0	0	0	0	0	0
	jun	57,0	0	0	0	0	0	0	0
Total			0,74	0,13	0,55	0,22	0,00	0,52	0,00
2004/05	jul	97,4	0	0	0	0	0	0	0
	ago	0	0	0	0	0	0	0	0
	set	32,4	0	0	0	0	0	0	0
	out	217,3	0,078	0,128	0,104	0	0,081	0	0
	nov	132,8	0,767	0,514	0,385	0,387	0	0	0
	dez	181,2	0,642	0,515	0,514	0,132	0,066	0	0
	jan	449,7	1,411	0	1,282	0,261	0,194	0	0
	fev	96,3	0	0	0	0	0	0	0
	mar	329,4	0	0	1,036	0	0	0	0
	abr	49,8	0	0	0	0	0	0	0
	mai	171,1	0	0	0	0	0	0	0
	jun	41,6	0	0	0	0	0	0	0
Total			2,90	1,16	3,32	0,78	0,34	0,00	0,00
2005/06	jul	0	0	0	0	0	0	0	0
	ago	22,6	0	0	0	0	0	0	0
	set	45,8	0	0	0	0	0	0	0
	out	232,2	0,398	1,471	1,028	0	0,394	0	0
	nov	43,7	0	0	0	0	0	0	0
	dez	150,3	0	0	0	0	0	0	0
	jan	280,6	1,582	1,190	0,649	0	0	0	0
	fev	200,5	0	0	0	0	0	0	0,153
	mar	234,3	0	0,398	0	0	0	0	0
	abr	31,6	0	0	0	0	0	0	0
	mai	3,2	0	0	0	0	0	0	0,167
	jun	18,1	0	0	0	0	0	0	0
Total			1,98	3,06	1,68	0,00	0,39	0,00	0,32
2006/07	jul	39,7	0	0	0	0	0	0	0
	ago	13,5	0	0	0	0	0	0	0
	set	78,3	0	0	0	0	0	0	0
	out	72,0	0	0	0	0	0	0	0
	nov	188,4	0	0	0	0	0	0	0
	dez	216,0	0	0,298	0	0	0	0	0
	Total			0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00

AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

Tabela 7. Perdas anuais acumuladas de água e de terra de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em diferentes anos agrícolas, de julho de 2003 a dezembro de 2006, em sistema semeadura direta. Campinas, SP

<i>Ano agrícola</i>	<i>Chuva</i>	<i>AC</i>	<i>MC</i>	<i>A/Mi</i>	<i>M/Mi</i>	<i>A-M/Mi</i>	<i>A/AP</i>	<i>M/AP</i>
Perdas de água, mm								
2003/2004	1301,7	29,11	13,85	20,63	11,94	11,90	15,56	12,14
2004/2005	1799,0	22,35	37,70	36,54	21,39	18,60	7,52	7,91
2005/2006	1262,9	15,77	34,50	13,30	3,63	5,74	1,78	3,08
2006/2007	607,9	0,77	8,62	1,21	0,56	1,41	0,66	0,77
Total		68,0	94,7	71,7	37,5	37,7	25,5	23,9
Perdas de terra, t ha ⁻¹								
2003/2004	1301,7	0,74	0,13	0,55	0,22	0,00	0,52	0,00
2004/2005	1799,0	2,90	1,16	3,32	0,78	0,34	0,00	0,00
2005/2006	1262,9	1,98	3,06	1,68	0,00	0,39	0,00	0,32
2006/2007	607,9	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		5,6	4,6	5,5	1,0	0,7	0,5	0,3

AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

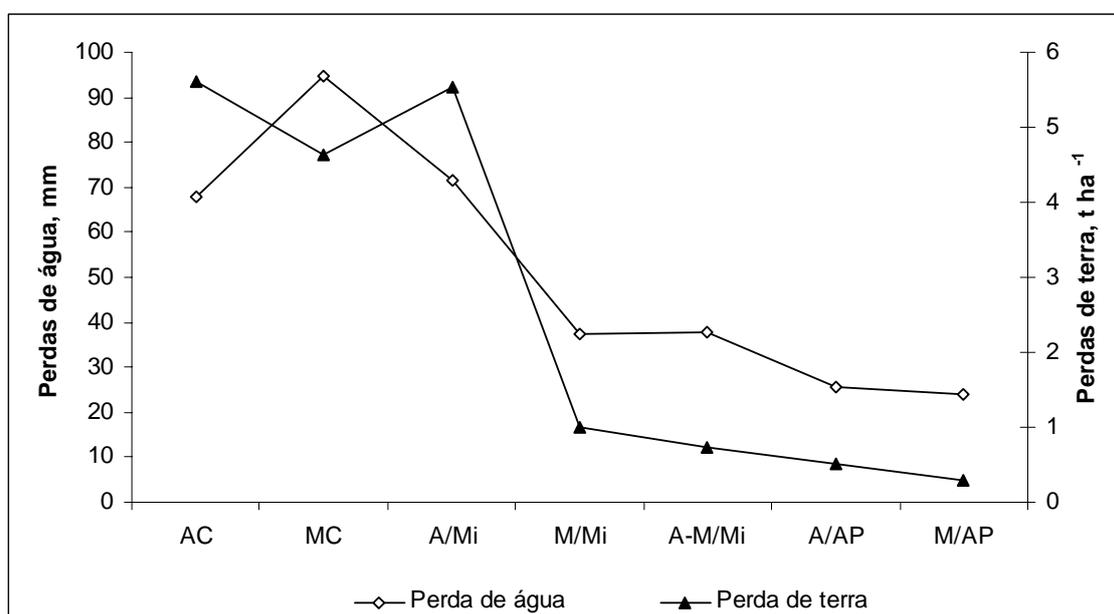


Figura 14. Perdas totais de água e de terra no período de julho de 2003 a dezembro de 2006 em sistema semeadura direta. Campinas, SP. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

Para os coeficientes de correlação das perdas de terra e água com a porcentagem de cobertura obteve-se maior valor com o método do quadro, em relação ao método fotográfico (Tabela 8), especialmente para as perdas de água. Isto pode ser devido às maiores perdas de água no período considerado, assim como a uma eficiência maior do método convencional na avaliação da cobertura.

É possível que a utilização de técnicas de realce de imagens para as fotos com menor contraste solo-palha, como os filtros de alta tecnologia "Sharpen" e "Homomórfico" recomendados por CRESTANA et al. (1994), pudessem melhorar a eficiência do processamento de imagens pelo SIARCS no método fotográfico, assim como um maior número de repetições por talhão. Contudo, a baixa correlação verificada entre as porcentagens de cobertura e as perdas de terra e de água pode ser devida também a outros fatores não considerados, como distribuição, forma e densidade dos resíduos na superfície, que, como observado por LOPES et al. (1987b), têm influência nas perdas por erosão.

Tabela 8. Coeficientes de correlação das perdas de água e de terra com a porcentagem de cobertura (método do quadro e programa Siarcs) e precipitação pluvial.

Tratamento	Método do quadro	Programa Siarcs	Precipitação pluvial
		Perdas de água	
Algodão contínuo	-0,46	-0,07	0,44
Milho contínuo	-0,16	0,04	0,60
Sucessão algodão/milheto	-0,43	-0,15	0,58
Sucessão milho/milheto	-0,04	0,14	0,63
Rotação algodão-milho/milheto	-0,19	-0,11	0,56
Sucessão algodão/aveia preta	-0,02	0,02	0,42
Sucessão milho/aveia preta	0,11	0,04	0,39
		Perdas de terra	
Algodão contínuo	-0,46	-0,06	0,39
Milho contínuo	-0,13	0,10	0,45
Sucessão algodão/milheto	-0,33	-0,12	0,44
Sucessão milho/milheto	0,00	0,00	0,00
Rotação algodão-milho/milheto	-0,26	-0,13	0,30
Sucessão algodão/aveia preta	0,00	0,00	0,00
Sucessão milho/aveia preta	0,18	0,25	0,55

4.3 Indicadores físicos

Nos dados de **densidade do solo** (Tabela 9) encontraram-se diferenças significativas apenas em 2005, em profundidade, com maior valor na camada de 0,10-0,20 m em relação à camada de 0-0,05 m. Na média das profundidades e das posições no talhão, no tratamento milho com aveia preta em sucessão (M/AP) o valor de

[REDACTED] mais.
[REDACTED] necessidade de
práticas de cultivo para reduzir-se a densidade com valores superiores a $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$,
[REDACTED] dade coms qu

Em 2005, na média das profundidades e, entre os tratamentos, o maior valor de porosidade total, de $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ foi constatado no tratamento algodão contínuo (AC) e o menor, de $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, no tratamento milho em sucessão com a aveia preta (M/AP), em que houve também o maior valor de densidade, indicando que a palha de aveia preta na superfície do solo não foi suficiente para melhoria destes atributos.

Observaram-se, em julho de 2005 e em julho de 2006, maiores valores na parte superior e média das parcelas em relação à parte inferior (Tabela 8), talvez em decorrência da declividade e da desagregação de partículas de argila pelo processo erosivo que poderiam ter causado o transporte e deposição na parte inferior das mesmas e entupimento dos poros (SCHAEFER et al., 2002).

Em 2006, os maiores valores numéricos de porosidade total foram verificados nos tratamentos algodão contínuo (AC) ($0,59 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), este distinto apenas da sucessão algodão/aveia preta (A/AP) ($0,55 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e milho/aveia preta (M/AP) ($0,54 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Nos tratamentos em que foi utilizada aveia preta como planta de cobertura, as menores quantidades de palha constatadas em julho de 2005 e a qualidade deste resíduo podem ter afetado os valores de porosidade total.

Quanto aos resultados de **macroporosidade** (Tabela 11), não houve diferenças significativas em julho 2005 entre as médias dos fatores de variação considerados, tratamentos, posição e profundidade, sendo variáveis entre $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,36 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Em julho de 2006 os valores de macroporosidade foram diferentes entre tratamentos, verificando-se a maior, tanto para as diferentes profundidades, quanto para posição no perfil, no tratamento milho contínuo (MC), que só não foram diferentes significativamente daqueles nos tratamentos algodão contínuo (AC) e sucessão algodão com milheto (A/Mi).

Os valores de macroporosidade foram sempre acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, mínimo adequado para as trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo e para o crescimento das raízes na maioria das culturas (ARGENTON et al. 2005; COSTA et al. 2003).

Na tabela 12 estão os resultados relativos à **microporosidade** em julho de 2005 e em julho de 2006, nas três profundidades e posições avaliadas. Contrariamente ao constatado para macroporosidade, em julho de 2005 encontraram-se diferenças significativas entre os valores de microporosidade nos tratamentos e nas distintas profundidades, registrando-se os maiores valores na profundidade de 0-0,05 m. Maiores valores de microporosidade na superfície, em semeadura direta, podem ser a

justificativa para a redução de infiltração de água neste sistema de manejo e para as maiores perdas de água por erosão, se o solo já estiver úmido, quando submetido às chuvas de grande volume e se a cobertura vegetal não for suficiente para controle do escoamento (BERTOL et al., 2004).

Nos tratamentos algodão contínuo (AC) e algodão com milheto em sucessão (A/Mi) verificaram-se os maiores valores de microporosidade, mas que só foram estatisticamente diferentes daquele do tratamento milho com aveia preta em sucessão (M/AP). Em julho de 2006, não houve diferenças significativas entre os valores de microporosidade para os fatores de variação avaliados.

De maneira geral, para os resultados de porosidade e densidade obteve-se variabilidade entre as épocas de amostragem e nos fatores de variação considerados, indicativo de que talvez seja necessário um período de avaliação mais longo para que possam ser expressos os próprios benefícios dos sistemas de culturas, como relatado também por BERTOL et al. (2004).

Os valores de **água disponível** (Tabela 13) foram mantidos abaixo da faixa de 0,15-0,25 m⁻³ m⁻³, considerada adequada para as culturas (ALBUQUERQUE et al., 2005). Isto se deve provavelmente às condições edafoclimáticas relativas à época de amostragem, caracterizadas por baixas precipitações pluviométricas e maior *deficit* hídrico. A água disponível foi maior em superfície, provavelmente em decorrência dos teores de matéria orgânica fornecidos pelos resíduos culturais (CARVALHO et al., 1999) e pela menor evaporação da água devida à cobertura mais eficiente do solo (COSTA et al., 2003).

Em julho de 2005 os maiores valores de água disponível foram verificados nos tratamentos algodão com aveia preta em sucessão (A/AP), milho com aveia preta em sucessão (M/AP) e milho com milheto em sucessão (M/Mi); já em julho de 2006 o maior valor de água disponível, de 0,033 m⁻³ m⁻³, foi registrado no tratamento algodão contínuo (AC), sendo apenas distinto do menor, de 0,026 m⁻³ m⁻³, do tratamento algodão com aveia preta em sucessão (A/AP), em que se constataram elevadas porcentagens de cobertura.

Nas duas épocas de avaliação não foram constatadas diferenças significativas quanto à posição nas parcelas; no entanto, nos tratamentos houve certa variabilidade de resposta, indicativo da necessidade de uma avaliação dos sistemas de culturas implantados por um tempo mais prolongado, assim como para os dados de porosidade e densidade.

Tabela 9. Densidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Profundidade, m			Média	Posição no talhão			Média
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20		Superior	Média	Inferior	
Mg m ⁻³								
Julho de 2005								
Algodão contínuo	1,17 a	1,17 b	1,23 b	1,19 b	1,17 b	1,19 b	1,23 b	1,19 b
Milho contínuo	1,25 a	1,18 b	1,32 b	1,25 b	1,27 ab	1,21 b	1,29 ab	1,25 b
Sucessão algodão/milheto	1,18 a	1,21 b	1,26 b	1,21 b	1,14 b	1,30 ab	1,22 b	1,21 b
Sucessão milho/milheto	1,19 a	1,25 b	1,27 b	1,23 b	1,28 ab	1,20 b	1,25 b	1,23 b
Rotação algodão-milho/milheto	1,17 a	1,24 b	1,32 ab	1,24 b	1,20 ab	1,30 ab	1,24 b	1,24 b
Sucessão algodão/aveia preta	1,26 a	1,31 ab	1,30 b	1,29 b	1,27 ab	1,22 b	1,38 ab	1,29 b
Sucessão milho/aveia preta	1,29 a	1,47 a	1,51 a	1,42 a	1,38 a	1,43 a	1,47 a	1,42 a
Média	1,22 B	1,26 AB	1,32 A		1,24 A	1,26 A	1,24 A	
Julho de 2006								
Algodão contínuo	1,24 a	1,22 a	1,23 a	1,23 a	1,26 a	1,26 ab	1,17 a	1,23 a
Milho contínuo	1,24 a	1,20 a	1,31 a	1,25 a	1,21 a	1,27 ab	1,27 a	1,25 a
Sucessão algodão/milheto	1,33 a	1,23 a	1,23 a	1,26 a	1,19 a	1,29 ab	1,30 a	1,26 a
Sucessão milho/milheto	1,15 a	1,19 a	1,20 a	1,18 a	1,16 a	1,16 ab	1,21 a	1,18 a
Rotação algodão-milho/milheto	1,24 a	1,21 a	1,22 a	1,22 a	1,17 a	1,25 ab	1,25 a	1,22 a
Sucessão algodão/aveia preta	1,11 a	1,17 a	1,18 a	1,15 a	1,17 a	1,09 b	1,21 a	1,15 a
Sucessão milho/aveia preta	1,13 a	1,28 a	1,31 a	1,24 a	1,12 a	1,31 a	1,30 a	1,24 a
Média	1,20 A	1,21 A	1,24 A		1,18 A	1,23 A	1,18 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula (colunas) e maiúscula (linhas) não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 10. Porosidade total de um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Profundidade, m			Média	Posição no talhão			Média
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20		Superior	Média	Inferior	
Porosidade total, m ³ m ⁻³								
Julho de 2005								
Algodão contínuo	0,61 a	0,62 a	0,56 a	0,60 a	0,59 a	0,64 a	0,58 a	0,60 a
Milho contínuo	0,59 ab	0,57 ab	0,53 ab	0,56 b	0,56 ab	0,56 bc	0,57 a	0,56 b
Sucessão algodão/milheto	0,61 a	0,58 ab	0,57 a	0,57 ab	0,60 a	0,57 bc	0,58 a	0,57 ab
Sucessão milho/milheto	0,61 a	0,56 bc	0,54 ab	0,56 b	0,60 a	0,56 bc	0,55 ab	0,56 b
Rotação algodão-milho/milheto	0,59 ab	0,56 bc	0,55 ab	0,56 b	0,59 a	0,56 bc	0,55 ab	0,56 b
Sucessão algodão/aveia preta	0,59 ab	0,56 ab	0,57 a	0,57 ab	0,58 ab	0,59 b	0,55 ab	0,57 ab
Sucessão milho/aveia preta	0,55 b	0,50 c	0,51 b	0,52 c	0,53 b	0,54 c	0,50 b	0,52 c
Média	0,59 A	0,56 B	0,55 B		0,58 A	0,57 A	0,55 B	
Julho de 2006								
Algodão contínuo	0,61 a	0,56 ab	0,58 a	0,59 a	0,56 a	0,62 a	0,58 a	0,59 a
Milho contínuo	0,59 ab	0,56 ab	0,55 a	0,56 abc	0,59 a	0,56 b	0,55 ab	0,56 abc
Sucessão algodão/milheto	0,57 abc	0,59 a	0,58 a	0,58 ab	0,57 a	0,59 ab	0,58 a	0,58 ab
Sucessão milho/milheto	0,57 abc	0,55 ab	0,56 a	0,57 abc	0,57 a	0,57 b	0,56 ab	0,57 abc
Rotação algodão-milho/milheto	0,57 abc	0,57 ab	0,55 a	0,57 abc	0,58 a	0,58 ab	0,55 ab	0,57 abc
Sucessão algodão/aveia preta	0,55 bc	0,56 ab	0,54 a	0,55 bc	0,57 a	0,57 b	0,53 b	0,55 bc
Sucessão milho/aveia preta	0,54 c	0,54 b	0,54 a	0,54 c	0,56 a	0,55 b	0,51 b	0,54 c
Média	0,57 A	0,56 AB	0,56 B		0,57 A	0,57 A	0,55 B	

Médias seguidas da mesma letra minúscula (colunas) e maiúscula (linhas) não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 11. Macroporosidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Profundidade, m			Média	Posição no talhão			Média
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20		Superior	Média	Inferior	
Macroporosidade, m ³ m ⁻³								
Julho de 2005								
Algodão contínuo	0,34 a	0,37 a	0,35 a	0,36 a	0,34 a	0,40 a	0,33 a	0,36 a
Milho contínuo	0,35 a	0,32 a	0,33 a	0,34 a	0,35 a	0,32 a	0,34 a	0,34 a
Sucessão algodão/milheto	0,34 a	0,33 a	0,33 a	0,34 a	0,33 a	0,34 a	0,35 a	0,34 a
Sucessão milho/milheto	0,33 a	0,33 a	0,34 a	0,34 a	0,35 a	0,33 a	0,33 a	0,34 a
Rotação algodão-milho/milheto	0,32 a	0,34 a	0,36 a	0,34 a	0,36 a	0,35 a	0,32 a	0,34 a
Sucessão algodão/aveia preta	0,36 a	0,34 a	0,36 a	0,35 a	0,35 a	0,36 a	0,35 a	0,35 a
Sucessão milho/aveia preta	0,31 a	0,34 a	0,34 a	0,33 a	0,34 a	0,33 a	0,33 a	0,33 a
Média	0,34 A	0,34 A	0,35 A		0,35 A	0,35 A	0,33 A	
Julho de 2006								
Algodão contínuo	0,37 ab	0,35 a	0,35 a	0,35 abc	0,36 a	0,36 ab	0,33 ab	0,35 abc
Milho contínuo	0,37 ab	0,35 a	0,36 a	0,36 a	0,36 a	0,37 ab	0,37 a	0,36 a
Sucessão algodão/milheto	0,38 a	0,35 a	0,34 a	0,36 ab	0,35 ab	0,38 a	0,36 ab	0,36 ab
Sucessão milho/milheto	0,32 abc	0,32 a	0,33 a	0,33 bcd	0,33 ab	0,33 abc	0,32 ab	0,32 bcd
Rotação algodão-milho/milheto	0,34 abc	0,33 a	0,33 a	0,33 abcd	0,33 ab	0,33 abc	0,32 ab	0,33 abcd
Sucessão algodão/aveia preta	0,32 bc	0,32 a	0,33 a	0,32 cd	0,33 ab	0,32 bc	0,30 b	0,32 cd
Sucessão milho/aveia preta	0,29 c	0,33 a	0,32 a	0,31 d	0,30 ab	0,32 c	0,31 ab	0,31 d
Média	0,34 A	0,33 A	0,34 A		0,33 A	0,34 A	0,33 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula (colunas) e maiúscula (linhas) não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 12. Microporosidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Profundidade, m			Média	Posição no talhão			Média
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20		Superior	Média	Inferior	
Microporosidade, m ³ m ⁻³								
Julho de 2005								
Algodão contínuo	0,26 a	0,25 a	0,22 a	0,24 a	0,25 ab	0,24 a	0,25 a	0,24 a
Milho contínuo	0,23 a	0,24 a	0,20 a	0,22 ab	0,20 ab	0,24 a	0,23 a	0,22 ab
Sucessão algodão/milheto	0,27 a	0,24 a	0,24 a	0,25 a	0,29 a	0,23 a	0,23 a	0,25 a
Sucessão milho/milheto	0,27 a	0,23 a	0,20 a	0,23 ab	0,25 ab	0,23 a	0,22 a	0,23 ab
Rotação algodão-milho/milheto	0,26 a	0,23 a	0,18 a	0,22 ab	0,23 ab	0,21 a	0,23 a	0,22 ab
Sucessão algodão/aveia preta	0,25 a	0,21 a	0,20 a	0,22 ab	0,23 ab	0,23 a	0,20 a	0,22 ab
Sucessão milho/aveia preta	0,24 a	0,16 a	0,16 a	0,19 b	0,19 b	0,20 a	0,17 a	0,19 b
Média	0,26 A	0,22 B	0,20 B		0,23 A	0,22 A	0,22 A	
Julho de 2006								
Algodão contínuo	0,25 a	0,22 a	0,23 a	0,23 a	0,20 a	0,25 a	0,25 a	0,23 a
Milho contínuo	0,22 a	0,22 a	0,18 a	0,20 a	0,23 a	0,20 a	0,18 a	0,20 a
Sucessão algodão/milheto	0,20 a	0,24 a	0,24 a	0,22 a	0,21 a	0,23 a	0,23 a	0,22 a
Sucessão milho/milheto	0,25 a	0,23 a	0,23 a	0,24 a	0,24 a	0,24 a	0,24 a	0,24 a
Rotação algodão-milho/milheto	0,25 a	0,24 a	0,23 a	0,24 a	0,25 a	0,24 a	0,23 a	0,24 a
Sucessão algodão/aveia preta	0,24 a	0,24 a	0,22 a	0,23 a	0,24 a	0,23 a	0,23 a	0,23 a
Sucessão milho/aveia preta	0,26 a	0,22 a	0,22 a	0,23 a	0,26 a	0,23 a	0,20 a	0,23 a
Média	0,24 A	0,23 A	0,22 A		0,23 A	0,23 A	0,22 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula (colunas) e maiúscula (linhas) não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 13. Água disponível de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades, posições no talhão e épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Profundidade, m			Média	Posição no talhão			Média
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20		Superior	Média	Inferior	
AD, m ³ m ⁻³								
Julho de 2005								
Algodão contínuo	0,020 c	0,020 c	0,020 a	0,020 d	0,020 b	0,020 b	0,020 b	0,020 d
Milho contínuo	0,026 bc	0,020 c	0,020 a	0,022 d	0,020 b	0,023 b	0,023 b	0,022 d
Sucessão algodão/milheto	0,033 abc	0,033 abc	0,023 a	0,030 cd	0,023 b	0,023 b	0,043 a	0,030 cd
Sucessão milho/milheto	0,040 ab	0,050 a	0,030 a	0,040 ab	0,050 a	0,033 ab	0,036 ab	0,040 ab
Rotação algodão-milho/milheto	0,030 abc	0,030 bc	0,030 a	0,030 cd	0,030 b	0,030 ab	0,030 ab	0,030 cd
Sucessão algodão/aveia preta	0,040 ab	0,033 abc	0,030 a	0,034 ab	0,030 b	0,030 ab	0,043 a	0,034 ab
Sucessão milho/aveia preta	0,046 a	0,043 ab	0,036 a	0,042 a	0,033 ab	0,046 a	0,046 a	0,042 a
Média	0,033 A	0,032 A	0,027 B		0,029 A	0,029 A	0,034 A	
Julho de 2006								
Algodão contínuo	0,040 a	0,030 a	0,030 a	0,033 a	0,033 ab	0,040 a	0,026 a	0,033 a
Milho contínuo	0,030 a	0,033 a	0,033 a	0,032 ab	0,040 a	0,030 ab	0,026 a	0,032 ab
Sucessão algodão/milheto	0,030 a	0,030 a	0,026 a	0,028 ab	0,030 ab	0,026 b	0,030 a	0,028 ab
Sucessão milho/milheto	0,033 a	0,023 a	0,026 a	0,027 ab	0,030 ab	0,026 b	0,026 a	0,027 ab
Rotação algodão-milho/milheto	0,030 a	0,030 a	0,026 a	0,028 ab	0,026 b	0,030 ab	0,030 a	0,028 ab
Sucessão algodão/aveia preta	0,030 a	0,026 a	0,023 a	0,026 b	0,023 b	0,030 ab	0,026 a	0,026 b
Sucessão milho/aveia preta	0,030 a	0,026 a	0,026 a	0,027 ab	0,023 b	0,030 ab	0,030 a	0,027 ab
Média	0,031 A	0,028 AB	0,027 B		0,029 A	0,030 A	0,028 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula (colunas) e maiúscula (linhas) não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

Os resultados de **permeabilidade e condutividade hidráulica** avaliadas nos meses de julho de 2005 e de 2006, nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, estão apresentados na tabela 14. Em julho de 2005, na profundidade de 0-0,10 m os valores médios de infiltração foram significativamente maiores do que na profundidade de 0,10-0,20 m, com exceção dos tratamentos algodão contínuo (AC) e milho em sucessão com aveia preta (M/AP). O aumento da densidade e a diminuição da porosidade total verificados na profundidade de 0,10-0,20 m, no mesmo ano, poderiam ter sido limitantes, nesta camada, da infiltração e da condutividade hidráulica saturada. A infiltração média (VIB) mais elevada foi no tratamento algodão contínuo (AC), com 294 mm h^{-1} , diferente, estatisticamente da sucessão algodão/aveia preta (A/AP), milho/aveia preta (M/AP) e algodão/milheto (A/Mi) com: 118 mm.h^{-1} , 175 mm.h^{-1} e 199 mm.h^{-1} respectivamente. Estes últimos dados são discordantes dos relatados por SIDIRAS & ROTH (1987), que constataram aumento da infiltração com resteva de aveia preta em relação à das outras culturas. Deve se lembrar, porém, que no período da avaliação o solo estava recoberto predominantemente por resíduos das culturas de verão, não sendo quantificado o efeito direto do resíduo da aveia preta. Embora os valores de velocidade de infiltração básica tenham sido menores na sucessão algodão/aveia preta (A/AP), e na sucessão milho/aveia preta (M/AP), em 2005, durante os meses de maior intensidade pluvial, houve as menores perdas de água, sugerindo-se eficiente controle da enxurrada e, portanto, com adequadas taxas de infiltração.

Quanto à permeabilidade e condutividade hidráulica saturada, em julho/2006 constatam-se maiores valores numéricos de infiltração básica: em todos os tratamentos, em comparação com os dados de julho de 2005; naquele ano agrícola (2006) os menores valores foram nos tratamentos algodão com aveia preta em sucessão (A/AP) e rotação de algodão e milho com milheto em sucessão (A-M/Mi): 237 mm.h^{-1} e 285 mm.h^{-1} respectivamente.

Nos tratamentos algodão contínuo (AC) e milho contínuo (MC), em julho/2006, continuaram sendo constatados elevados valores de infiltração básica 549 mm h^{-1} e 612 mm h^{-1} , respectivamente, assim como verificado em julho 2005, entretanto sem diferenças estatísticas de outros tratamentos caracterizados pela presença de plantas de cobertura e, portanto, por maiores quantidades de palha na superfície, à exceção da rotação algodão e milho com milheto (A-M/Mi) e algodão em sucessão com aveia preta (A/AP). Contudo, na rotação algodão e milho com milheto (A-M/Mi) e algodão em sucessão com aveia preta (A/AP) ocorreram mínimas perdas de água e de terra por

erosão em 2006, sugerindo-se que houve uma apropriada taxa de infiltração durante a época das chuvas.

Por suas características genéticas, nos Latossolos obtêm-se elevados valores de infiltração em face do grande conteúdo de argila ao longo do perfil (ALVES SOBRINHO et al., 2003). Com isso, contribui-se para o aumento da permeabilidade, mas, conforme os dados ora apresentados, também se constata a importância do tipo e da quantidade de cobertura vegetal para a infiltração. Aqueles autores relataram, também em semeadura direta, a influência de outros fatores, como macroporosidade, tipo de manejo e selamento superficial na infiltração de água no solo.

Tabela 14. Infiltração, condutividade hidráulica saturada (Ks), coeficiente de variação (CV) e valor de infiltração básica da água (VIB) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas profundidades e épocas de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Infiltração, mm h ⁻¹		Ks, m d ⁻¹		CV %		VIB mm h ⁻¹
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0-0,10 m	0,10-0,20 m	
Julho de 2005							
AC	239 ab	350 a	1,47 ab	2,27 a	52,7	59,4	294 a
MC	302 a	181 bc	1,80 ab	1,06 b	72,3	52,7	242 abc
A/Mi	246 ab	151 bc	1,53 ab	0,93 bc	26,0	72,3	199 bcd
M/Mi	243 ab	188 b	1,47 ab	1,13 b	69,3	26,0	216 abc
A-M/Mi	301 a	246 ab	1,86 a	1,60 ab	64,0	69,3	273 ab
A/AP	169 b	68 c	1,13 ab	0,20 c	50,1	64,0	118 d
M/AP	161 b	189 b	1,06 b	1,07 b	50,4	50,1	175 cd
Média	237 A	196 B	1,48 A	1,18 B			
Julho de 2006							
AC	429 ab	669 ab	2,44 ab	3,81 ab	44,8	42,6	549 a
MC	478 ab	747 a	2,73 ab	4,26 a	46,4	38,5	612 a
A/Mi	476 ab	562 ab	2,71 ab	3,20 ab	54,9	48,2	519 a
M/Mi	609 a	522 b	3,48 a	2,98 bc	41,0	37,1	566 a
A-M/Mi	271 bc	300 c	1,54 bc	1,71 cd	43,9	46,8	285 b
A/AP	184 c	290 c	1,05 c	1,66 d	36,4	60,8	237 b
M/AP	397 abc	561 ab	2,26 abc	3,20 ab	36,4	35,5	479 a
Média	406 B	521 A	2,31 B	2,97 A			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

Em relação à profundidade, pode-se perceber que, em 2005, a infiltração e a condutividade hidráulica foram maiores na profundidade de 0-0,10 m, na quase

totalidade dos tratamentos, enquanto que, em 2006, os maiores valores foram detectados na profundidade de 0,10-0,20 m.

Nos valores de condutividade hidráulica saturada verificou-se certa semelhança com os valores de infiltração em relação às diferenças entre tratamentos, com exceção da rotação algodão e milho com milheto (A-M/Mi), na profundidade de 0,10-0,20 m, em julho/2006. Neste tratamento foi constatada condutividade hidráulica saturada semelhante estatisticamente à daquela do milho em sucessão com milheto (M/Mi) e do algodão em sucessão com aveia preta (A/AP), enquanto que, em relação à infiltração, foi semelhante apenas à da sucessão algodão com aveia preta (A/AP).

Tal diferença pode ser devida às mudanças microestruturais no solo, com possível interferência no valor de condutividade hidráulica saturada, influenciada por todas as propriedades, com reflexo na geometria porosa do solo (LIBARDI, 2005).

No entanto, o curto prazo de tempo e os elevados coeficientes de variação de permeabilidade e de condutividade hidráulica saturada (ARGENTON et al., 2005; COSTA et al., 2003) são fatores de dificuldade à comparação entre aqueles considerados, recomendando-se um período mais prolongado para avaliação destas propriedades.

Em relação à **resistência à penetração** (Figuras 15 e 16), foi constatado aumento a partir da profundidade de 0,10-0,20 m, em julho de 2005, com o que se poderia justificar a diminuição da infiltração e da condutividade hidráulica em subsuperfície nesse mesmo período. Os valores mais elevados de umidade na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 15), também podem ter sido determinantes dos maiores valores de resistência à penetração neste intervalo, assim como de menores valores de infiltração e condutividade hidráulica saturada. Conforme os dados de resistência à penetração (Tabela 16), no tratamento algodão com aveia preta em sucessão (A/AP) foi constatado o maior valor de compactação, na média das profundidades amostradas, tendo sido atingido o valor de 5,53 MPa na profundidade de 0,20-0,25 m, na qual se verificaram os mais elevados valores médios de resistência à penetração. Nesse mesmo tratamento foi verificada a maior resistência à penetração, sendo de 3,93 MPa, diferenciando-se estatisticamente das outras seqüências de culturas, em que foram verificados valores estatisticamente iguais entre si. É possível que menores quantidades de palha produzidas na sucessão algodão/aveia preta (A/AP) em relação à sucessão milho/aveia preta (M/AP), tenham favorecido a maior compactação no tratamento algodão/aveia preta (A:AP), em que notaram-se também menores valores

de infiltração e condutividade hidráulica saturada na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 14).

Em julho de 2006 houve uma maior compactação a partir de 0,15-0,20 m de profundidade (Figura 17 e 18), que poderia ter influenciado os menores valores de infiltração e de condutividade hidráulica verificados em subsuperfície; os valores de umidade não apresentaram diferenças significativas na profundidade de 0-0,10 m e de 0,10-0,20 m. Na média das profundidades, os menores valores de compactação foram verificados nos tratamentos AC, A/Mi, M/Mi, A-M/Mi e M/AP, não distintos entre si.

ARGENTON et al. (2005) verificaram, em plantio convencional e em preparo reduzido, compactação do solo na camada até 0,35 m, justificando os elevados valores verificados em preparo reduzido pela interação de vários fatores, sendo estes, densidade do solo, maior coesão entre e intra-agregados e menor umidade no momento de medição.

De maneira geral, a compactação constatada nos dois anos de avaliação pode ser devida ao efeito acumulado, ao longo dos anos, do preparo do solo com enxada, praticado também nas outras culturas cultivadas no período precedente ao início do ensaio.

Tabela 15. Umidade gravimétrica do solo em talhões experimentais, em diferentes profundidades e épocas de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Julho de 2005		Julho de 2006	
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0-0,10 m	0,10-0,20 m
				$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
Algodão contínuo	13,3 a	20,6 a	20,2 a	21,8 a
Milho contínuo	15,9 a	18,9 a	19,9 a	18,8 a
Sucessão algodão/milho	13,2 a	20,6 a	20,0 a	20,8 a
Sucessão milho/milho	16,3 a	23,2 a	20,2 a	20,3 a
Rotação algodão-milho/milho	14,5 a	22,6 a	20,1 a	21,2 a
Sucessão algodão/aveia preta	16,6 a	23,6 a	19,1 a	19,7 a
Sucessão milho/aveia preta	13,1 a	19,1 a	17,4 a	16,8 a
Média	14,7 B	21,2 A	19,5 A	19,9 A

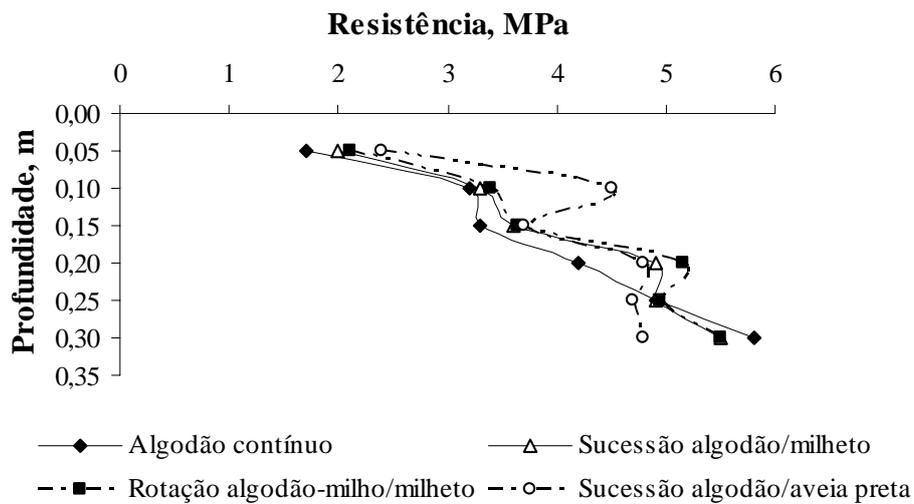


Figura 17. Resistência à penetração em tratamentos com algodão, em sistema semeadura direta em Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas, SP. Julho de 2006.

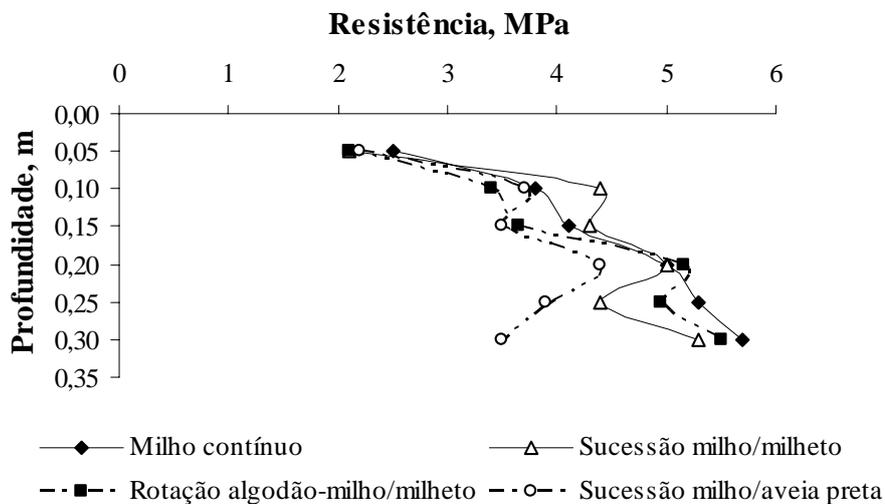


Figura 18. Resistência à penetração em tratamentos com milho, em sistema semeadura direta em Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas, SP. Julho de 2006.

Tabela 16. Resistência à penetração segundo os tratamentos, profundidade e época de amostragem.

<i>Tratamento</i>	<i>Resistência à penetração, MPa</i>						<i>Média</i>
	0-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,15 m	0,15-0,20 m	0,20-0,25 m	0,25-0,30 m	
Julho de 2005							
Algodão contínuo	1,93 ab	2,87 a	3,33 a	3,60 a	4,07 ab	3,80 ab	3,26 b
Milho contínuo	1,87 ab	2,27 a	2,87 a	3,13 a	4,07 ab	2,80 b	2,83 b
Sucessão algodão/milheto	2,13 ab	2,67 a	3,20 a	3,06 a	3,60 b	3,20 ab	2,98 b
Sucessão milho/milheto	1,33 b	2,47 a	2,67 a	2,93 a	4,00 ab	2,93 b	2,72 b
Rotação algodão-milho/milheto	2,73 ab	3,20 a	3,20 a	3,20 a	3,87 b	3,20 ab	3,23 b
Sucessão algodão/aveia preta	3,00 a	3,13 a	4,00 a	3,26 a	5,53 a	4,67 a	3,93 a
Sucessão milho/aveia preta	2,27 ab	2,67 a	3,40 a	3,20 a	4,60 ab	3,53 ab	3,28 b
Média	2,18 D	2,75 CD	3,23 BC	3,20 BC	4,25 A	3,44 B	
Julho de 2006							
Algodão contínuo	0,67 b	2,87 b	3,13 a	4,27 a	5,00 a	5,40 a	3,55 c
Milho contínuo	2,00 ab	3,93 ab	4,20 a	5,07 a	5,27 a	5,26 a	4,29 a
Sucessão algodão/milheto	1,40 ab	3,33 ab	3,73 a	4,87 a	4,93 a	5,40 a	3,94 abc
Sucessão milho/milheto	1,80 ab	3,93 ab	4,13 a	4,93 a	4,47 a	5,13 a	4,06 abc
Rotação algodão-milho/milheto	1,47 ab	3,33 ab	3,73 a	5,20 a	4,93 a	5,47 a	4,02 abc
Sucessão algodão/aveia preta	2,33 a	4,53 a	3,73 a	4,87 a	4,73 a	4,87 ab	4,17 ab
Sucessão milho/aveia preta	2,20 a	3,67 ab	3,60 a	4,53 a	4,20 a	3,60 b	3,63 bc
Média	1,69 C	3,66 B	3,75 B	4,82 A	4,79 A	5,02 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula (colunas) e maiúscula (linhas) não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

Quanto aos **DMP** relativos a julho de 2004, primeiro ano do experimento, não se constataram diferenças significativas na média dos valores entre tratamentos, mas apenas entre as distintas posições no talhão (Tabela 17), verificando-se os maiores e significativos valores nas partes superior e média. Já em setembro de 2004 verificaram-se diferenças significativas entre tratamentos com maior valor no tratamento milho com aveia preta em sucessão (M/AP) e menores nos tratamentos algodão contínuo (AC) e milho com milheto em sucessão (M/Mi). Pelos resultados apurados, denotam-se diferenças significativas também em relação à posição nas parcelas, com os maiores valores, naquelas inferiores e superiores, diferentemente do obtido no semestre anterior. As diferenças ocorridas no estado de agregação do solo, no curto espaço de tempo considerado, podem ser devidas aos numerosos fatores que influenciam a estabilidade de agregados em solos brasileiros (SILVA & MIELNICZUCK, 1997) entre os quais as diferentes precipitações pluviais registradas nos meses de julho/2004 e setembro/2004, sendo respectivamente de 97,4 mm e 42,4 mm (Tabela 5).

Tabela 17. Diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, em função da posição na declividade do talhão e de épocas de amostragem, em sistema semeadura direta, Campinas, SP.

Tratamento	Parte superior	Parte média	Parte inferior	Média	Parte superior	Parte média	Parte inferior	Média
	Julho de 2004				Setembro de 2004			
mm								
AC	3,62 a	3,10 a	3,65 a	3,47 a	3,13 c	2,87 bc	2,99 b	2,99 bc
MC	3,69 a	3,69 a	2,82 ab	3,40 a	3,34 bc	3,36 ab	3,35 b	3,35 b
A/Mi	3,48 a	3,12 a	2,72 b	3,10 a	3,93 ab	2,77 bc	3,33 b	3,34 b
M/Mi	3,37 a	3,64 a	3,14 ab	3,38 a	2,39 d	2,51 c	3,21 b	2,70 c
A-M/Mi	3,55 a	3,14 a	3,71 a	3,47 a	3,17 c	3,24 b	3,66 ab	3,36 b
A/AP	3,49 a	3,07 a	3,16 ab	3,24 a	3,54 abc	3,05 bc	3,42 b	3,34 b
M/AP	3,20 a	3,95 a	2,27 b	3,14 a	4,09 a	4,09 a	4,28 a	4,15 a
Média	3,49 A	3,39 A	3,06 B		3,37 A	3,12 B	3,46 A	

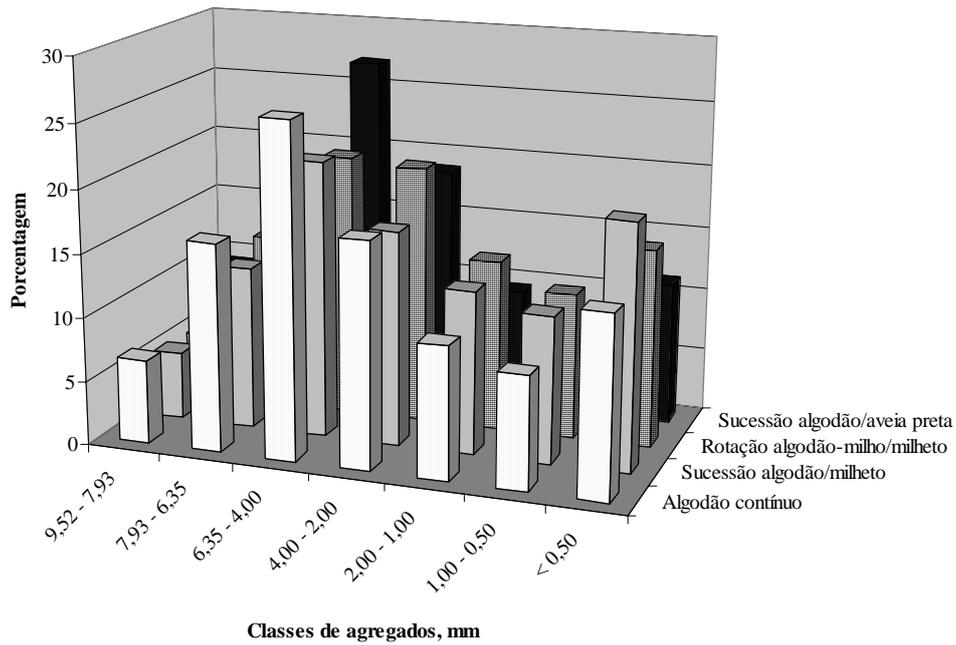
Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

Os diferentes valores de DMP obtidos ao longo da encosta talvez sejam decorrentes de diferenças microestruturais em função da declividade (SCHÄFER et al., 2001) e das diversas quantidades de palha presentes na superfície do solo.

A distribuição dos agregados em classes de tamanho, nas três profundidades avaliadas em julho de 2005, está apresentada nas figuras 19, 20 e 21 e tabela 18. Nas classes de 6,35-4,00 mm determinaram-se, na média dos tratamentos, as maiores porcentagens de agregados, seguindo-se a de 4,00-2,00 mm (Tabela 18). Em outros trabalhos (MENDES et al., 2003; SCHÄFER et al., 2001), foi constatada elevada estabilidade de macroagregados em sistema semeadura direta e verificado um elevado acúmulo dos mesmos na classe de 8,00-2,00 mm.

Na tabela 19 estão apresentados os resultados da estabilidade de agregados em abril de 2006 na profundidade de 0-0,5 m. Os maiores valores de DMP foram verificados nos tratamentos com maiores porcentagens de cobertura (Tabela 2), sendo estes as sucessões de milho com milheto (M/Mi), algodão com aveia preta (A/AP) e milho com aveia preta (M/AP). Isto confirma a importância da cobertura vegetal do solo e da matéria orgânica no estado de agregação do solo, assim como constatado por outros autores (CARVALHO et al., 1999; COSTA et al., 2003; TISDALL & OADES, 1982).

A



B

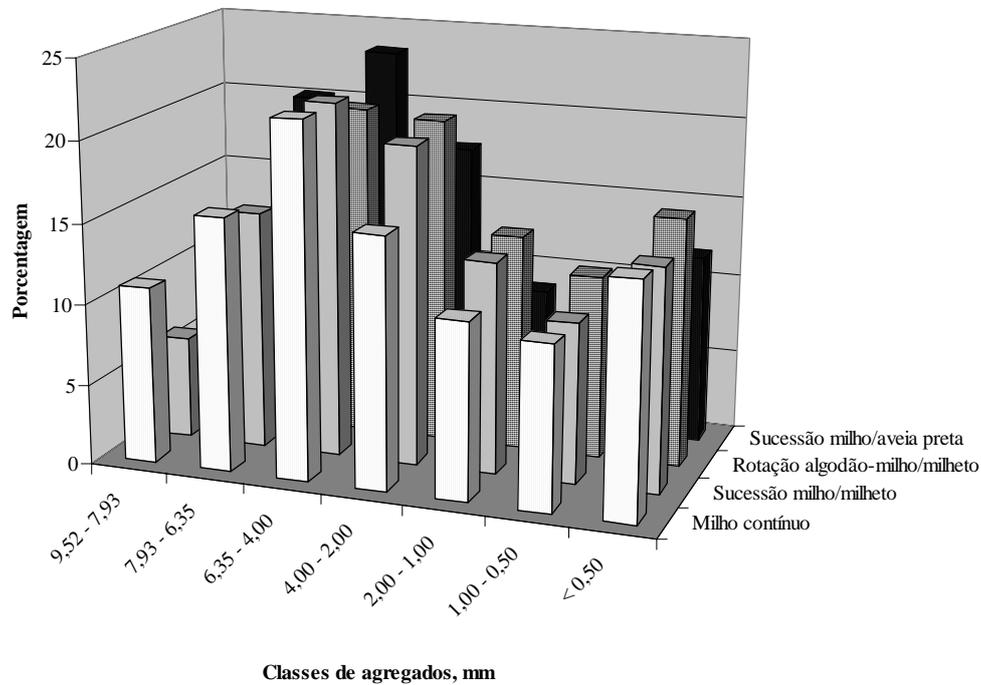
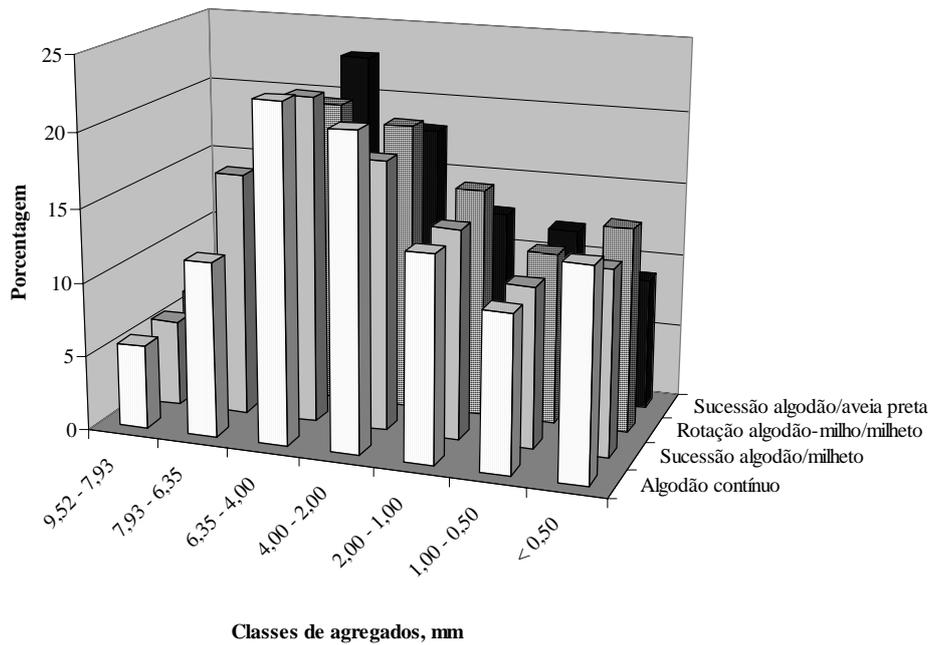


Figura 19 Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,05 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2005.

A



B

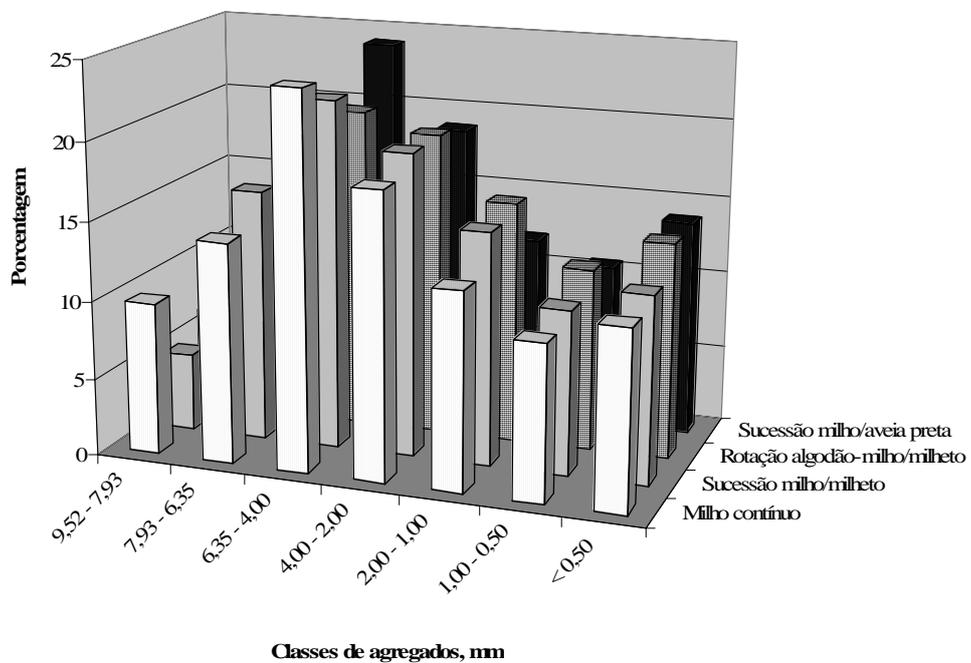
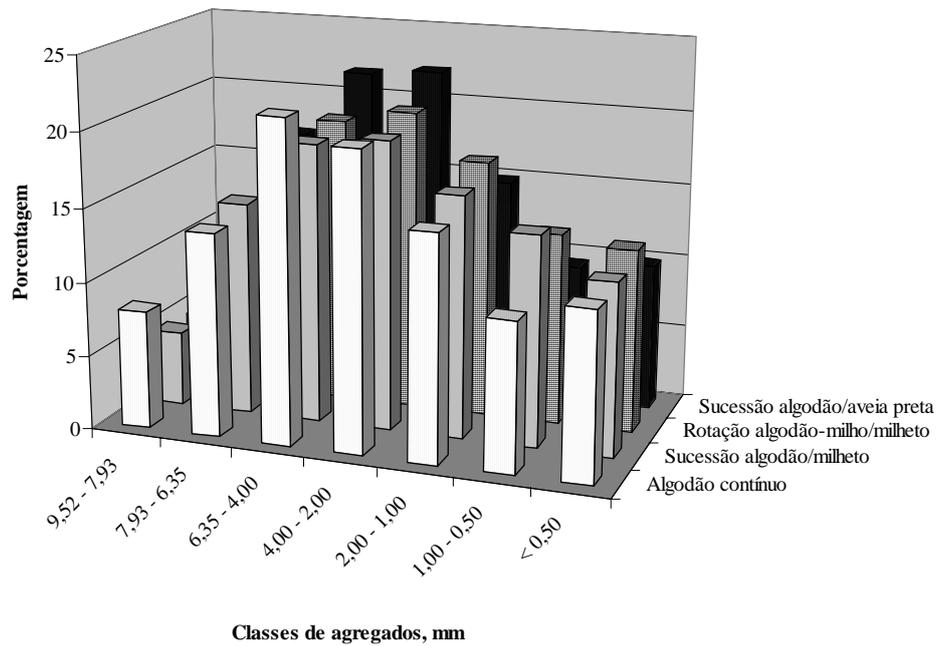


Figura 20. Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,05 -0,10 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2005.

A



B

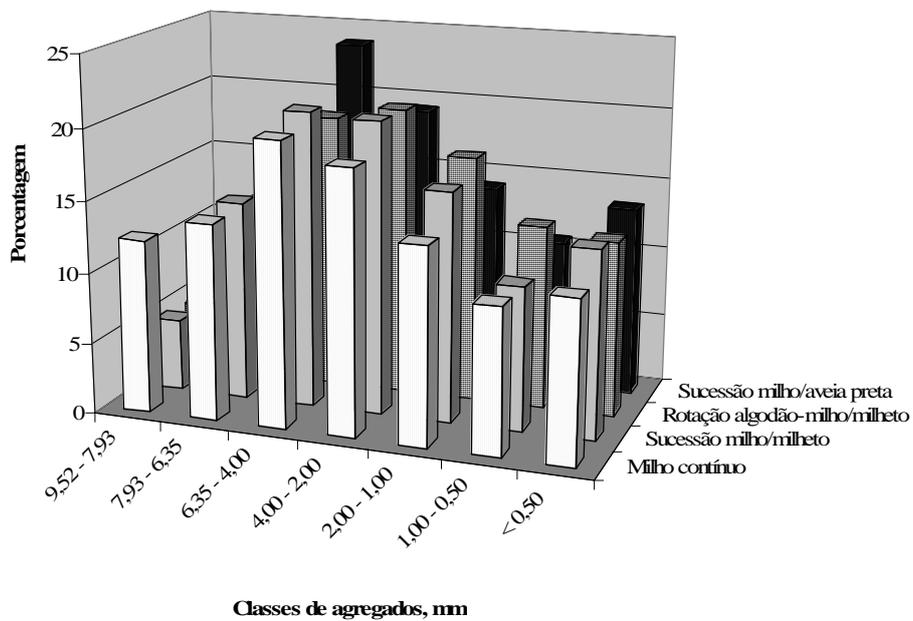


Figura 21. Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,10-0,20 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2005.

Tabela 18. Distribuição dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, por classes de tamanho, em mm, em três profundidades de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP, julho de 2005.

Tratamento	%							DMP mm
	9,52 - 7,93	7,93 - 6,35	6,35 - 4,00	4,00 - 2,00	2,00 - 1,00	1,00 - 0,50	< 0,50	
Profundidade 0-0,05 m								
Algodão contínuo	7 a	16 a	26 a	18 a	10 a	9 a	14 a	3,85 a
Milho contínuo	11 a	16 a	22 a	16 a	11 a	10 a	14 a	3,97 a
Sucessão algodão/milheto	5 a	13 a	22 a	17 a	13 a	11 a	19 a	3,33 a
Sucessão milho/milheto	6 a	15 a	22 a	20 a	13 a	10 a	14 a	3,65 a
Rotação algodão-milho/milheto	5 a	14 a	21 a	20 a	13 a	11 a	15 a	3,41 a
Sucessão algodão/aveia preta	9 a	16 a	27 a	19 a	9 a	8 a	11 a	4,17 a
Sucessão milho/aveia preta	10 a	20 a	23 a	17 a	9 a	8 a	12 a	4,29 a
Profundidade 0,05-0,10 m								
Algodão contínuo	6 a	12 a	23 a	21 a	14 a	11 a	14 a	3,47 a
Milho contínuo	10 a	14 a	24 a	18 a	13 a	10 a	11 a	3,94 a
Sucessão algodão/milheto	6 a	16 a	22 a	18 a	14 a	11 a	12 a	3,69 a
Sucessão milho/milheto	5 a	16 a	22 a	19 a	15 a	11 a	12 a	3,65 a
Rotação algodão-milho/milheto	6 a	13 a	21 a	19 a	15 a	12 a	14 a	3,46 a
Sucessão algodão/aveia preta	6 a	19 a	23 a	18 a	13 a	12 a	9 a	3,94 a
Sucessão milho/aveia preta	4 a	17 a	24 a	19 a	12 a	11 a	14 a	3,65 a
Profundidade 0,10-0,20 m								
Algodão contínuo	8 a	14 a	22 a	20 a	15 a	10 a	11 a	3,73 a
Milho contínuo	12 a	14 a	20 a	19 a	14 a	10 a	11 a	3,96 a
Sucessão algodão/milheto	5 a	14 a	19 a	19 a	16 a	14 a	12 a	3,41 a
Sucessão milho/milheto	5 a	14 a	21 a	21 a	16 a	10 a	13 a	3,49 a
Rotação algodão-milho/milheto	5 a	13 a	19 a	20 a	17 a	13 a	12 a	3,34 a
Sucessão algodão/aveia preta	5 a	17 a	22 a	22 a	15 a	9 a	10 a	3,75 a
Sucessão milho/aveia preta	4 a	15 a	24 a	19 a	14 a	10 a	13 a	3,57 a
Média	7 F	15 C	22 A	19 B	13 CD	11 E	13 D	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

DMP = diâmetro médio ponderado

Tabela 19. Diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,5 m, em abril 2006, em sistema semeadura direta, Campinas, SP.

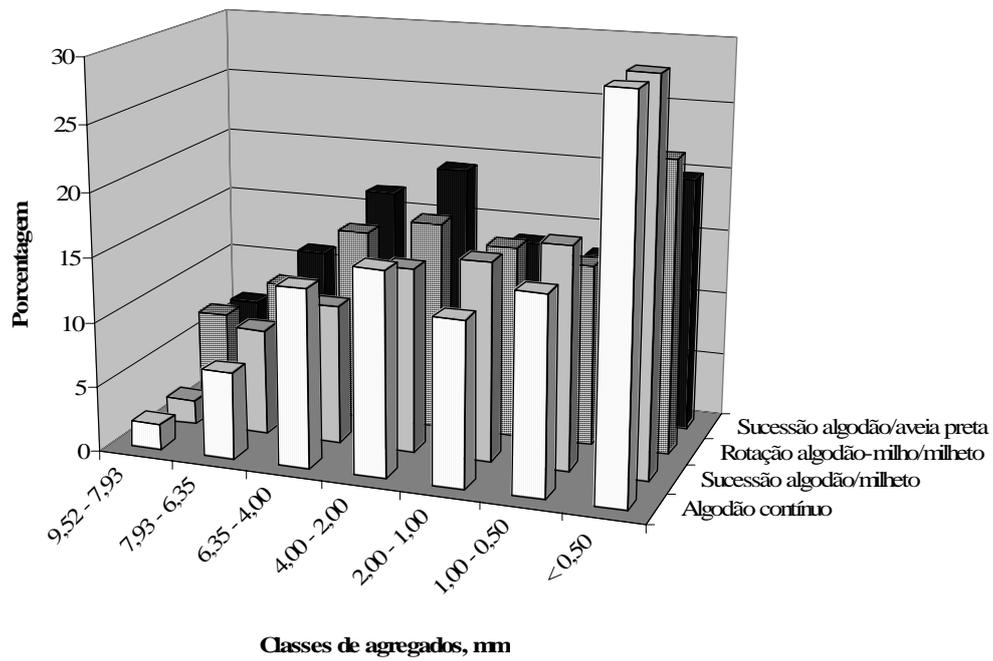
Tratamento	DMP
	mm
Algodão contínuo	2,29 b
Milho contínuo	2,39 b
Sucessão algodão/milheto	2,39 b
Sucessão milho/milheto	2,89 a
Rotação algodão-milho/milheto	2,51 b
Sucessão algodão/aveia preta	3,05 a
Sucessão milho/aveia preta	3,20 a

Em julho de 2006 as maiores porcentagens médias de agregados foram determinadas na classe inferior < 0,50 mm durante o peneiramento (Figuras 22, 23 e 24 e Tabela 20) e os valores de DMP, numericamente inferiores em relação aos do ano anterior. Esta classe de agregados é altamente estável aos ciclos rápidos de umedecimento e não é afetada pelas práticas agrícolas, sendo as substâncias orgânicas persistentes seus principais agentes de agregação (TISDALL & OADES, 1982).

Os valores de DMP não foram diferentes entre os tratamentos, nas três profundidades avaliadas, em ambos os anos, sendo discordantes dos obtidos por COSTA et al. (2003) e ALBUQUERQUE et al. (2005), que apuraram uma estabilidade de agregados maior na camada superficial do solo, em sistema de semeadura direta. A mineralogia e a textura deste solo, aliadas ao curto período de implantação dos sistemas de produção podem ter determinados valores homogêneos entre os tratamentos e nas profundidades avaliadas, sendo que solos argilosos com minerais de carga variável apresentam maior resistência física às alterações resultantes de diferentes sistemas de manejo.

Na tabela 21 são apresentados os valores de DMP de agregados, de amostras coletadas em julho/2005 e julho/2006, conforme a posição no talhão. Na média dos tratamentos, em julho/2005, não houve diferenças significativas entre os valores, variáveis entre 3,40 mm e 3,95 mm. BERTOL et al. (2004) também obtiveram valores semelhantes de DMP em sistema de semeadura direta com sucessão e rotação de culturas.

A



B

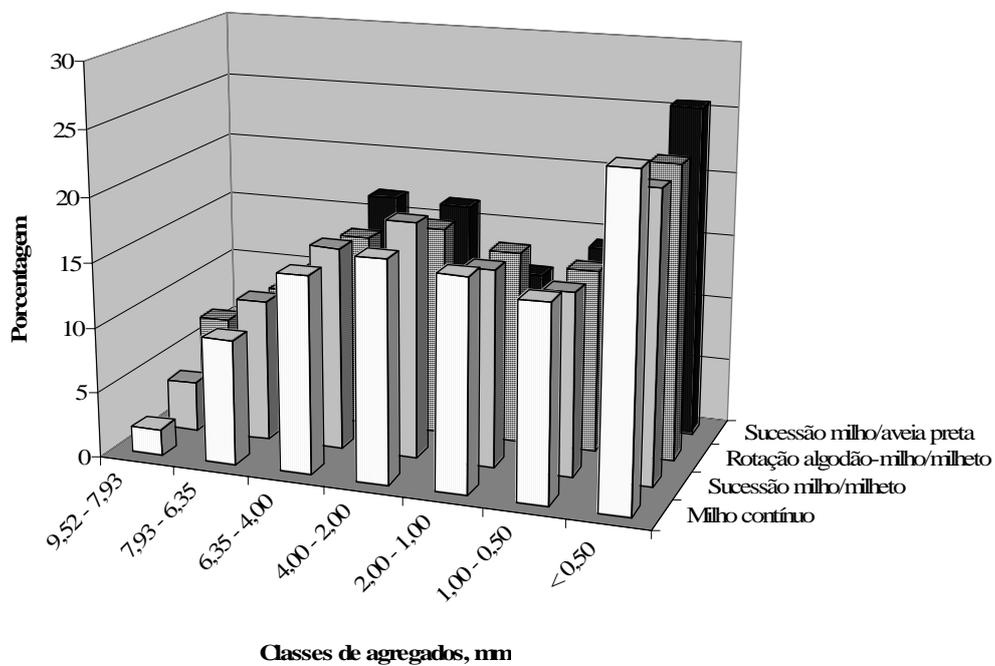


Figura 22. Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,05 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2006.

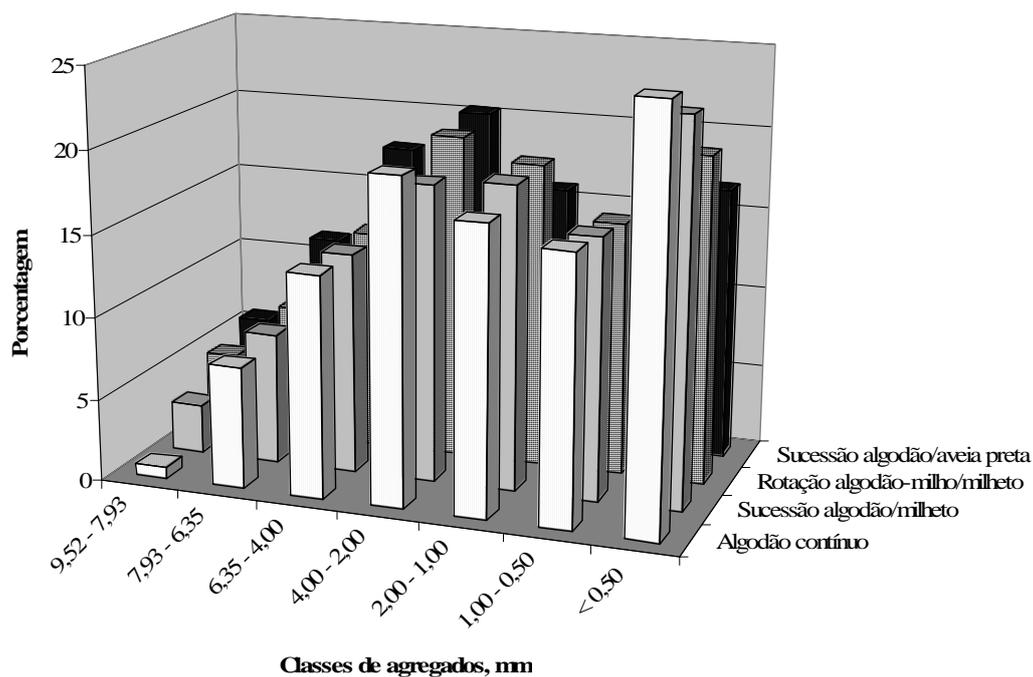
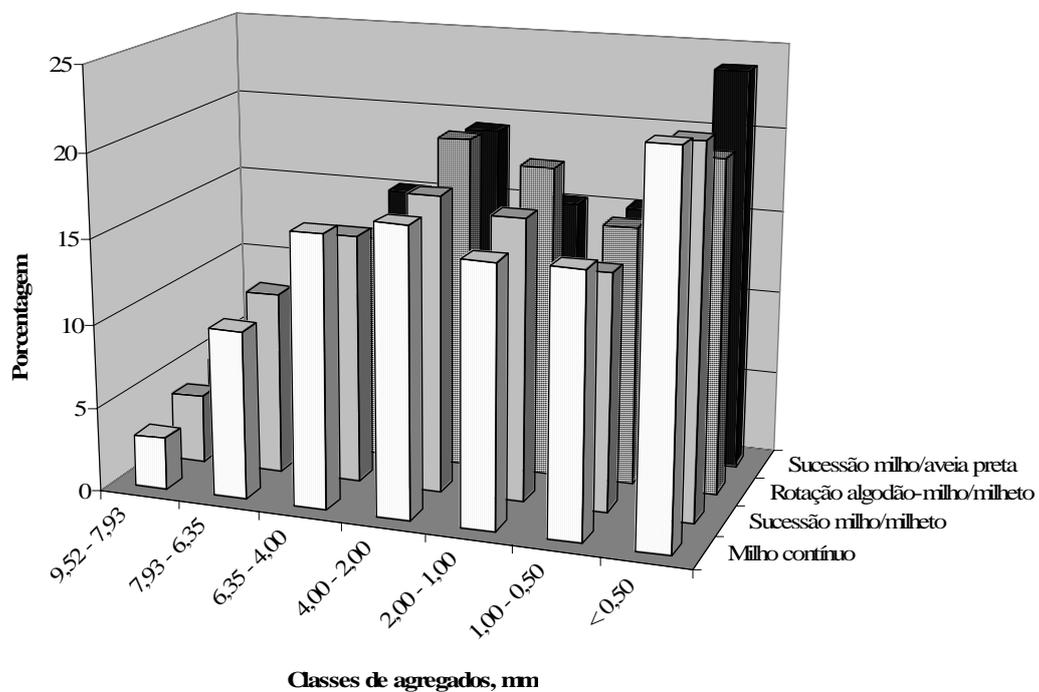
A**B**

Figura 23. Distribuição das classes de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0,05-0,10 m em tratamentos com algodão (A) e com milho (B) em sistema semeadura direta. Campinas, SP. Julho de 2006.

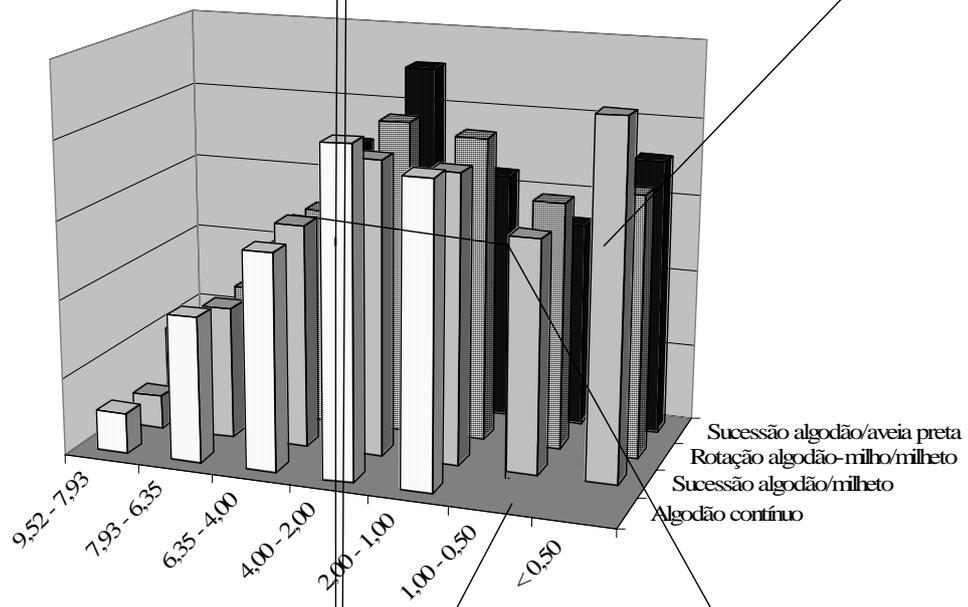


Tabela 20. Distribuição dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, por classes de tamanho, em mm, em três profundidades de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP, julho de 2006.

Tratamento	9,52 - 7,93	7,93 - 6,35	6,35 - 4,00	4,00 - 2,00	2,00 - 1,00	1,00 - 0,50	< 0,50	DMP
	%							mm
Profundidade 0-0,05 m								
Algodão contínuo	2 a	7 a	14 a	16 a	13 a	15 a	34 a	2,23 a
Milho contínuo	2 a	10 a	15 a	17 a	16 a	15 a	25 a	2,58 a
Sucessão algodão/milheto	2 a	8 a	11 a	14 a	15 a	17 a	32 a	2,18 a
Sucessão milho/milheto	4 a	11 a	16 a	18 a	15 a	14 a	22 a	2,86 a
Rotação algodão-milho/milheto	7 a	10 a	15 a	16 a	15 a	14 a	23 a	2,99 a
Sucessão algodão/aveia preta	6 a	11 a	17 a	19 a	14 a	13 a	20 a	3,16 a
Sucessão milho/aveia preta	5 a	10 a	17 a	17 a	12 a	14 a	26 a	2,89 a
Profundidade 0,05-0,10 m								
Algodão contínuo	1 a	7 a	13 a	20 a	17 a	16 a	25 a	2,32 a
Milho contínuo	3 a	10 a	16 a	17 a	15 a	16 a	23 a	2,74 a
Sucessão algodão/milheto	3 a	8 a	13 a	18 a	18 a	16 a	23 a	2,52 a
Sucessão milho/milheto	4 a	11 a	15 a	18 a	17 a	14 a	22 a	2,84 a
Rotação algodão-milho/milheto	5 a	8 a	13 a	20 a	19 a	15 a	20 a	2,73 a
Sucessão algodão/aveia preta	6 a	11 a	18 a	20 a	16 a	12 a	17 a	3,20 a
Sucessão milho/aveia preta	3 a	8 a	15 a	19 a	15 a	15 a	24 a	2,61 a
Profundidade 0,10-0,20 m								
Algodão contínuo	3 a	9 a	14 a	21 a	19 a	15 a	19 a	2,69 a
Milho contínuo	3 a	10 a	16 a	19 a	17 a	17 a	17 a	2,83 a
Sucessão algodão/milheto	2 a	9 a	14 a	19 a	19 a	15 a	23 a	2,55 a
Sucessão milho/milheto	3 a	8 a	13 a	21 a	19 a	16 a	19 a	2,61 a
Rotação algodão-milho/milheto	5 a	8 a	14 a	20 a	20 a	16 a	17 a	2,83 a
Sucessão algodão/aveia preta	3 a	10 a	17 a	23 a	16 a	13 a	18 a	2,93 a
Sucessão milho/aveia preta	5 a	9 a	17 a	21 a	14 a	13 a	20 a	3,01 a
Média	4 E	9 D	15 C	15 C	16 C	19 B	22 A	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

DMP = diâmetro médio ponderado

Quanto à posição no talhão, o maior valor significativo de DMP em julho/2005 foi determinado na parte superior e o menor na parte inferior, mas não distinto daquele na parte média. Isso pode ser decorrente das diferenças de estrutura nas parcelas afetadas parcialmente pelo processo erosivo, com o que pode ter sido favorecida a permanência dos agregados mais consolidados e resistentes às forças de desagregação na parte superior das parcelas, em relação àqueles presentes na parte inferior.

Pelos resultados da estabilidade de agregados, em julho/2006, os valores de DMP foram numericamente menores em todos os tratamentos, não sendo evidenciadas diferenças significativas no DMP, quanto à posição nos talhões. O maior valor numérico de DMP no tratamento do algodão em sucessão com aveia preta (A/AP) apenas foi distinto estatisticamente daqueles nos tratamentos de algodão contínuo (AC) e algodão com milho em sucessão (A/Mi), em que foram constatadas as maiores perdas acumuladas de terra e reduzidas porcentagens de cobertura.

Tabela 21. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, posição na declividade do terreno e épocas de amostragem em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Julho de 2005				Julho de 2006			
	Parte superior	Parte média	Parte inferior	Média	Parte superior	Parte média	Parte inferior	Média
	mm							
AC	4,20 a	3,59 a	3,29 a	3,69 a	2,41 a	2,37 a	2,47 b	2,41 b
MC	4,14 a	3,80 a	3,92 a	3,95 a	3,06 a	2,87 a	2,22 b	2,72 ab
A/Mi	3,79 a	3,42 a	3,23 a	3,48 a	2,63 a	2,36 a	2,27 b	2,42 b
M/Mi	3,49 a	3,69 a	3,61 a	3,59 a	3,00 a	2,79 a	2,52 b	2,77 ab
A-M/Mi	3,40 a	3,46 a	3,36 a	3,40 a	2,70 a	3,11 a	2,75 ab	2,85 ab
A/AP	4,17 a	3,77 a	3,92 a	3,95 a	3,05 a	2,52 a	3,72 a	3,09 a
M/AP	4,15 a	3,75 a	3,61 a	3,83 a	3,16 a	2,99 a	2,35 b	2,83 ab
Média	3,90 A	3,63 AB	3,56 B		2,86 A	2,71 A	2,61 A	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

4.4 Indicadores químicos

Os resultados da análise química do solo, relativos aos anos 2005 e 2006 estão apresentados na tabela 22. Os teores de micronutrientes e de Ca, Mg, e K foram elevados nos dois anos de avaliação, à exceção do Zn em 2006, e médio a muito baixos para P (RAIJ et al., 1997).

De maneira geral, a adubação realizada foi adequada ao atendimento das necessidades das culturas do algodão e milho, de acordo com FAHL et al. (1998). Entre os macronutrientes notaram-se teores baixos (julho de 2005) e muito baixos (julho de 2006) de fósforo nos sistemas de produção, indicando que a adubação fosfatada pode ser aumentada, permanecendo ainda na ampla faixa recomendada por FAHL et al. (1998).

Os maiores valores de matéria orgânica em julho de 2005, nos tratamentos algodão contínuo (AC) e milho contínuo (MC), poderiam ser decorrentes de pequenas quantidades de palha produzidas nos tratamentos com plantas de cobertura, limitantes à diferenciação entre os mesmos.

Houve diminuição nos teores de matéria orgânica em 2006, em todos os tratamentos, talvez em função de uma taxa de mineralização mais intensa da palha, sendo determinadas maiores perdas e menores taxas de adição da matéria orgânica ao solo (BAYER & MIELNICZUK, 1999). Nos tratamentos de milho em sucessão com milheto (M/Mi), algodão em sucessão com aveia preta (A/AP) e milho em sucessão com aveia preta (M/AP) verificaram-se baixos valores de V% em 2006, que podem ser justificados com os menores teores de matéria orgânica, influenciados pela quantidade e qualidade dos resíduos culturais.

Tabela 22. Características químicas de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, na profundidade de 0-0,20 m, em distintas épocas de amostragem, em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

<i>Tratamento</i>	<i>M.O.</i> g dm ⁻³	<i>CaCl₂</i> pH	<i>P resina</i> Mg dm ⁻³	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i> mmol _c dm ⁻³	<i>H+Al</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i> %	<i>B</i>	<i>Cu</i> mg dm ⁻³	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
Julho de 2005															
AC	34	5,3 m	13 b	3,5 a	30 a	10 a	47	43,5	90,5	48 b	0,25 m	7,4 a	20 a	52,8 a	1,8 a
MC	35	5,4 m	15 b	4,2 a	32 a	10 a	34	46,2	80,5	57 m	0,31 m	8,4 a	22 a	93,2 a	1,4 a
A/Mi	32	5,5 m	16 m	4,2 a	35 a	12 a	31	51,2	82,0	62 m	0,20 b	8,2 a	22 a	90,8 a	1,6 a
M/Mi	32	5,6 b	15 b	4,0 a	37 a	14 a	28	55,0	82,8	66 m	0,23 m	8,0 a	17 a	70,3 a	1,7 a
A-M/Mi	32	5,4 m	16 m	4,1 a	29 a	11 a	32	44,6	77,2	58 m	0,26 m	7,6 a	18 a	59,6 a	1,1 m
A/AP	31	5,2 m	12 b	3,9 a	28 a	9 a	38	40,9	79,0	52 m	0,23 m	7,8 a	16 a	30,3 a	1,0 m
M/AP	32	5,2 m	17 m	3,6 a	27 a	10 a	38	40,6	78,7	52 m	0,23 m	7,4 a	26 a	51,5 a	1,9 a
Julho de 2006															
AC	28	4,8 a	4 mb	3,2 a	27 a	10 a	38	40,2	78,3	51 m	0,31 m	6,5 a	29 a	53 a	0,5 b
MC	28	4,9 a	12 b	3,6 a	29 a	9 a	38	41,6	79,7	52 m	0,31 m	6,3 a	28 a	52,9 a	1,0 m
A/Mi	26	5,1 m	4 mb	4,0 a	23 a	10 a	31	37,0	67,8	55 m	0,19 b	5,2 a	19 a	31,7 a	0,4 b
M/Mi	28	4,8 a	5 mb	3,6 a	24 a	9 a	38	36,6	74,7	49 b	0,26 m	5,5 a	24 a	34,9 a	0,5 b
A-M/Mi	26	5,1 m	11 b	4,1 a	29 a	11 a	29	44,1	73,8	60 m	0,29 m	5,5 a	23 a	30,3 a	0,5 b
A/AP	25	4,5 a	6 mb	2,9 m	17 a	7 m	47	26,9	73,9	36 b	0,24 m	5,4 a	23 a	17,9 a	0,4 b
M/AP	28	4,6 a	7 b	2,9 m	22 a	8 a	47	32,9	79,9	41 b	0,27 m	6,0 a	29 a	26,2 a	0,6 m

Classes de teores: ma (muito alto), a (alto), m (médio), b (baixo), mb (muito baixo), segundo RAIJ et al. (1997). AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milheto; M/Mi: sucessão milho/milheto; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milheto; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

4.5 Indicadores microbiológicos

Os resultados da **respiração basal** em campo estão nas figuras 25 e 26 e na tabela 23. Os maiores valores da liberação de CO₂ em todos os tratamentos foram constatados entre 30 de março e 06 de abril de 2006, tanto nas seqüências com algodão quanto nos com milho, provavelmente pelo estímulo da maior umidade no solo em decorrência da chuva de 43,2 mm, registrada em 29/03/2006, com o que pode ter sido estimulada a atividade microbiana. Os valores obtidos em 30 de março foram variáveis entre 370 µg CO₂/m²h, no tratamento milho contínuo (MC), e 455 µg CO₂/m²h, no tratamento algodão com aveia preta em sucessão (A/AP). LA SCALA JÚNIOR et al. (2000) também relataram elevada variabilidade na emissão de CO₂ avaliada em campo, em decorrência da precipitação pluvial ocorrida pouco antes de tal avaliação e da conseqüente condição de umidade do solo. De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2002), variações sazonais de temperatura e umidade afetam as comunidades biológicas do solo e sua atividade; em baixos potenciais hídricos a maioria das bactérias, dos protozoários e das microalgas é inativa, enquanto leveduras e fungos filamentosos continuam ativos. Pode se notar diminuição da liberação de CO₂ ao fim da estação chuvosa, a partir de abril, sendo os valores bem menores e relativamente estáveis durante o outono e inverno, inclusive sem constatação de diferenças significativas entre os tratamentos nesse período (Tabela 23). Os dados são concordantes com os obtidos por CATTELAN & VIDOR (1990), segundo os quais há flutuações na biomassa, na atividade microbiana e, particularmente, na liberação de CO₂, em função das variações ambientais.

Cabe ressaltar também que nos últimos meses do período avaliado, quando se obtiveram os menores valores de respiração basal, as culturas de verão haviam sido colhidas, sendo avaliado, portanto, apenas o efeito dos resíduos na superfície do solo. As diferenças entre os tratamentos e épocas podem ser justificadas pelos diversos estádios de desenvolvimento das distintas culturas, pelo efeito rizosférico e pela diferença de quantidade de resíduos presentes na superfície do solo (VARGAS & SCHOLLES, 2000).

Nos tratamentos algodão contínuo (AC), algodão com milheto em sucessão (A/Mi) e algodão com aveia preta em sucessão (A/AP) verificou-se elevada liberação de CO₂ em

campo, indicativo de intensa atividade microbiana com os resíduos culturais e maiores perdas de carbono.

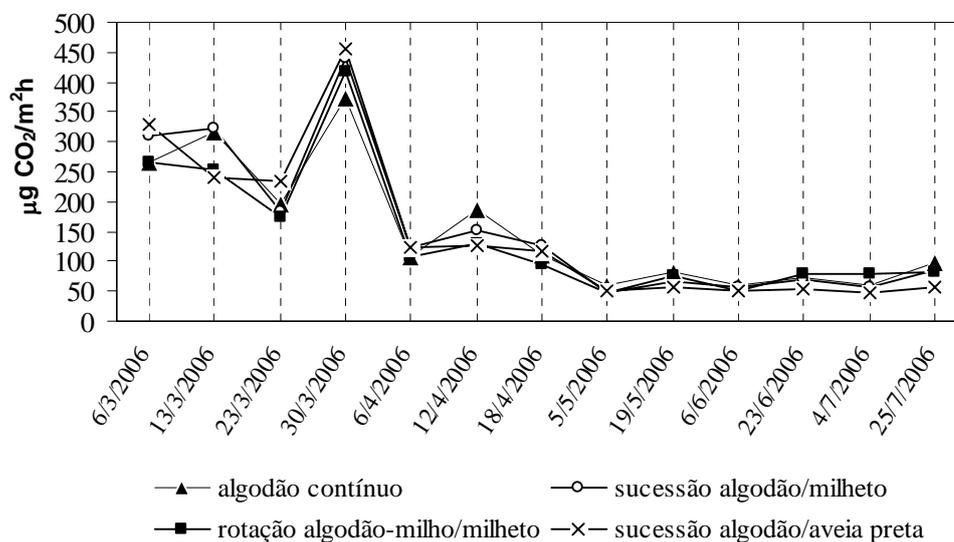


Figura 25. Respiração basal medida no campo, nos tratamentos com algodão, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

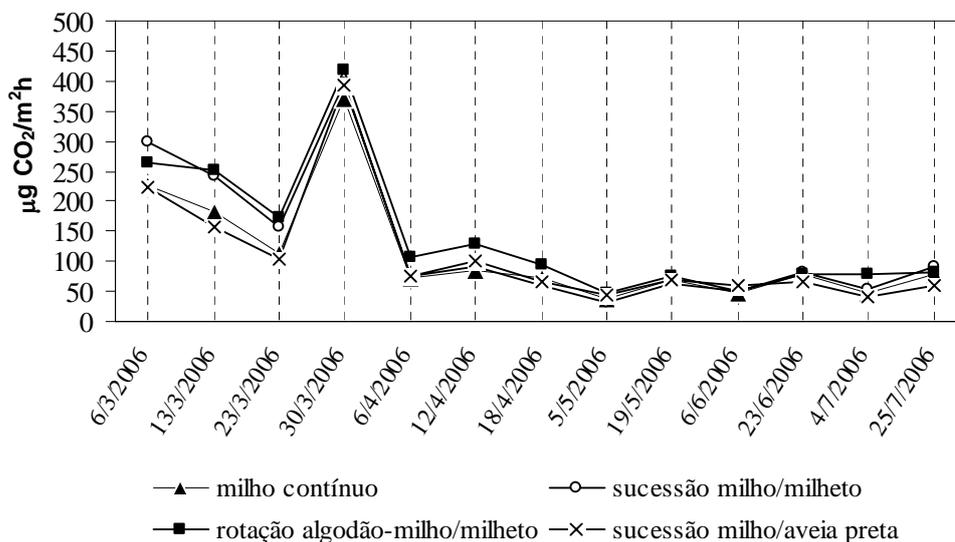


Figura 26. Respiração basal, medida no campo, nos tratamentos com milho, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

Tabela 23. Respiração basal medida no campo de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em distintas épocas de avaliação, em sistema semeadura direta. Campinas, SP, 2006.

<i>Tratamento</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Média</i>
	$\mu\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{h}$					
Algodão contínuo	232 ab	135 a	72 a	66 a	79 a	118 a
Milho contínuo	169 cd	76 b	54 a	63 a	62 a	84 b
Sucessão algodão/milheto	246 ab	134 a	57 a	64 a	71 a	116 a
Sucessão milho/milheto	228 abc	75 b	47 a	66 a	72 a	95 ab
Rotação algodão-milho/milheto	218 bcd	110 ab	62 a	66 a	81 a	108 ab
Sucessão algodão/aveia preta	282 a	122 ab	55 a	52 a	52 a	113 a
Sucessão milho/aveia preta	163 d	81 b	57 a	63 a	49 a	82 b
Média	220 A	104 B	57 C	63 C	66 C	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação aos resultados do **carbono da biomassa microbiana** (Tabela 24), não houve diferenças significativas entre macro e microagregados tanto nos dados relativos a novembro de 2005, como nos de abril de 2006. Isso talvez seja devido ao tipo de solo em que a fração mineral e os óxidos e hidróxidos de ferro constituem importantes agentes de agregação em relação à fração orgânica, diminuindo a quantidade de carbono seqüestrado no interior dos agregados e as diferenças entre macro e microagregados, em relação a solos em que a matéria orgânica influencia mais intensamente o estado de agregação.

MENDES et al. (2003) também não verificaram diferenças significativas nos teores de carbono da biomassa entre macro e microagregados, em sistema de semeadura direta, em região com precipitação média de 1500 mm e média das temperaturas máximas e mínimas de 26,4 e 15,9°C respectivamente. O estudo foi realizado em amostras coletadas no início da época chuvosa em sistema semeadura direta sem cultura de cobertura no inverno.

Nos valores de carbono da biomassa, em novembro de 2005, não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos. Em abril de 2006 entretanto, os valores superiores na sucessão milho/milheto (M/Mi) só foram distintos daqueles do algodão contínuo (AC) para macroagregados e do algodão contínuo (AC), do milho contínuo (MC) e do milho em sucessão com aveia preta (M/AP), para microagregados.

A média dos valores de carbono da biomassa na sucessão milho/milheto (M/Mi) só foi semelhante à rotação de algodão e milho/milheto (A-M/Mi) e à sucessão algodão/aveia preta (A/AP).

Devido às maiores temperaturas (Tabela 1) registradas no mês de novembro e à maior quantidade de palha presente na superfície do solo, pode ter havido favorecimento para uma taxa de mineralização do carbono orgânico maior e mais estável em relação à do mês de abril, determinando-se valores maiores de carbono da biomassa e mais homogêneos entre tratamentos em novembro.

Tabela 24. Carbono da biomassa microbiana em macroagregados (9,52-2,00 mm) e microagregados (< 2 mm) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, e épocas de amostragem em sistema semeadura direta. Campinas, SP.

Tratamento	Macroagregados		Microagregados	Média
	μg C/g solo			
	Novembro de 2005			
Algodão contínuo	261 aA	240 aA	250 a	
Milho contínuo	247 aA	228 aA	237 a	
Sucessão algodão/milho	249 aA	218 aA	233 a	
Sucessão milho/milheto	260 aA	300 aA	280 a	
Rotação algodão-milho/milheto	221 aA	270 aA	246 a	
Sucessão algodão/aveia preta	296 aA	285 aA	291A	246 a 2

sucessão milho/milheto (M/Mi) e da sucessão milho/aveia preta (M/AP) em que se constataram os maiores valores. Na tabela 25 e na figura 28 pode-se observar que, em julho de 2006, no tratamento algodão contínuo (AC), ocorreu o maior valor de respiração basal, diferente estatisticamente do milho contínuo (MC), da rotação algodão-milho/milheto (A-M/Mi) e das sucessões algodão/aveia preta (A/AP) e milho/aveia preta (M/AP) em que ocorreram os menores valores. Na respiração basal constatou-se, portanto, elevada variabilidade em resultados obtidos na mesma época de avaliação em anos diferentes, devido talvez às diferentes quantidades de palha na superfície, assim como verificado por VARGAS & SCHOLLES (2000).

Tabela 25. Respiração basal em um Latossolo Vermelho Distroférico típico em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

<i>Tratamento</i>	<i>Julho de 2005</i>	<i>Julho de 2006</i>
	$\mu\text{g CO}_2 \text{ g/dia}$	
Algodão contínuo	14 c	63 a
Milho contínuo	18 bc	34 bcd
Sucessão algodão/milheto	19 bc	52 ab
Sucessão milho/milheto	26 a	46 abc
Rotação algodão-milho/milheto	22 ab	21 d
Sucessão algodão/aveia preta	24 ab	10 d
Sucessão milho/aveia preta	27 a	23 cd

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

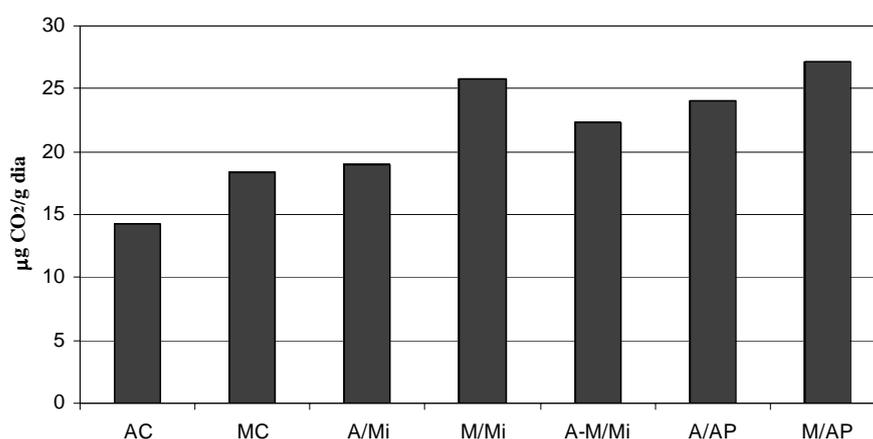


Figura 27

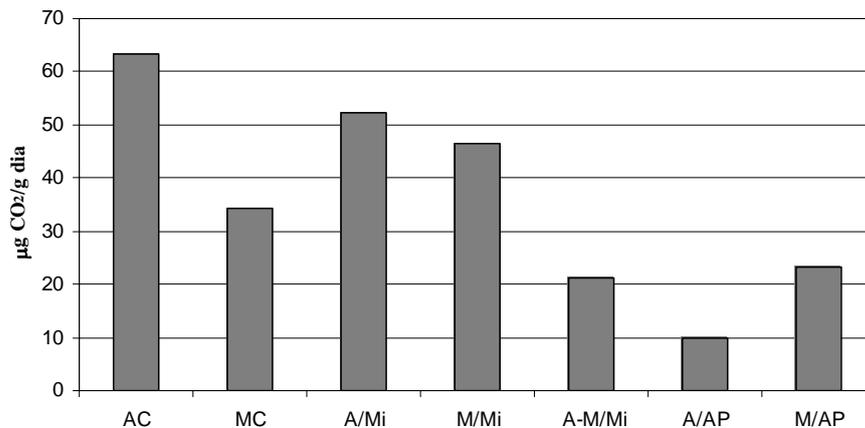


Figura 28. Respiração basal, medida em laboratório, em sistema semeadura direta em julho de 2006. Campinas, SP. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

Para os resultados da respiração basal, em novembro de 2005 (Tabela 26), à semelhança dos de carbono da biomassa (Tabela 24), não se verificaram diferenças significativas entre tratamentos e nem entre macro e microagregados. Já, em abril de 2006, no tratamento algodão contínuo (AC) obteve-se a maior liberação de CO₂ entre os tratamentos, valor muito distinto dos demais, em cada categoria de agregados, mas sem diferenças significativas entre os valores médios de macro e microagregados, dentre os tratamentos. É possível que o pleno estabelecimento da cultura de algodão em abril, tenha favorecido o incremento da atividade microbiana, proporcionando as maiores perdas de CO₂ no tratamento com algodão contínuo (AC), caracterizado por menores porcentagens de cobertura e quantidades de palha em superfície em relação aos tratamentos com plantas de cobertura.

De maneira geral, pelos resultados de respirometria, evidenciou-se elevada variabilidade entre as épocas de amostragem e os tratamentos, pela influência dos fatores climáticos e pelas diferenças nos atributos físicos e químicos do solo nos tratamentos avaliados, confirmando-se ser um indicador microbiológico sensível às alterações no manejo das culturas.

Tabela 26. Respiração basal em macro (9,52-2,00 mm) e microagregados (< 2 mm) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

<i>Tratamento</i>	<i>Macroagregados</i> <i>Microagregados</i> <i>Média</i>		
	$\mu\text{g CO}_2 \text{ g/dia}$		
Novembro de 2005			
Algodão contínuo	34 aA	35 aA	35 a
Milho contínuo	21 aA	16 aA	18 a
Sucessão algodão/milheto	45 Aa	33 aA	39 a
Sucessão milho/milheto	25 Aa	56 aA	40 a
Rotação algodão-milho/milheto	41 aA	41 aA	41 a
Sucessão algodão/aveia preta	26 aA	27 aA	27 a
Sucessão milho/aveia preta	46 aA	46 aA	46 a
Abril de 2006			
Algodão contínuo	73 aA	64 aA	68 a
Milho contínuo	35 bA	35 bA	35 b
Sucessão algodão/milheto	35 bA	37 bA	36 b
Sucessão milho/milheto	31 bA	37 bA	34 b
Rotação algodão-milho/milheto	32 bA	28 bA	30 b
Sucessão algodão/aveia preta	28 bA	26 bA	27 b
Sucessão milho/aveia preta	20 bA	30 bA	25 b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O quociente metabólico das comunidades microbianas presentes nas amostras de solo dos tratamentos não foi diferente estatisticamente na amostragem em novembro de 2005 (Tabela 27). Em abril de 2006, o valor médio entre classe de agregados e para macroagregados no tratamento algodão contínuo (AC) foi estatisticamente diferente daqueles dos outros tratamentos, com o maior quociente. Para microagregados, o maior valor, constatado também no tratamento algodão contínuo (AC), foi similar apenas aos dos tratamentos milho contínuo (MC) e milho em sucessão com aveia preta (M/AP).

A comunidade microbiana presente no tratamento algodão contínuo (AC) deve ter menos eficiência metabólica na incorporação de carbono orgânico na própria biomassa, ocorrendo mais perdas de carbono, considerando-se os menores valores de carbono da biomassa e os maiores de respiração basal em abril de 2006. À semelhança dos dados obtidos para carbono da biomassa e respiração basal, não houve diferença estatística entre

os resultados de macro e dos microagregados nas avaliações efetuadas nesse mesmo período. Na tabela 28 está resumida a variação temporal dos indicadores microbiológicos analisados.

Tabela 27. Quociente metabólico das comunidades microbianas presentes nos macro (9,52-2,00 mm) e microagregados (< 2 mm) de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

<i>Tratamento</i>	<i>Macroagregados</i>	<i>Microagregados</i>	<i>Média</i>
Novembro de 2005			
Algodão contínuo	0,13 aA	0,14 aA	0,14 a
Milho contínuo	0,10 aA	0,07 aA	0,08 a
Sucessão algodão/milheto	0,18 aA	0,19 aA	0,18 a
Sucessão milho/milheto	0,10 aA	0,18 aA	0,14 a
Rotação algodão-milho/milheto	0,19 aA	0,15 aA	0,17 a
Sucessão algodão/aveia preta	0,09 aA	0,10 aA	0,09 a
Sucessão milho/aveia preta	0,15 aA	0,21 aA	0,18 a
Abril de 2006			
Algodão contínuo	0,71 aA	0,58 aA	0,64 a
Milho contínuo	0,19 bA	0,34 abA	0,27 b
Sucessão algodão/milheto	0,23 bA	0,19 bA	0,21 b
Sucessão milho/milheto	0,14 bA	0,12 bA	0,13 b
Rotação algodão-milho/milheto	0,16 bA	0,12 bA	0,14 b
Sucessão algodão/aveia preta	0,15 bA	0,14 bA	0,14 b
Sucessão milho/aveia preta	0,13 bA	0,19 abA	0,16 b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela

28. Variação temporal de indicadores microbiológicos estudados em sistema de semeadura direta. Campinas, SP.

<i>Indicador microbiológico</i>	<i>Época de amostragem</i>		<i>AC</i>	<i>MC</i>	<i>A/Mi</i>	<i>M/Mi</i>	<i>A-M/Mi</i>	<i>A/AP</i>	<i>M/AP</i>	<i>CV %</i>	
Respiração basal, $\mu\text{g CO}_2 \text{ g/dia}$	Julho de 2005	Média	14 c	18 bc	19 bc	26 a	22 ab	24 ab	27 a	12	
		Média	35 a	18 a	39 a	40 a	41 a	27 a	46 a		
	Novembro de 2005	Macroagregados	34 a	21 a	45 a	25 a	41 a	26 a	46 a	40	
		Microagregados	35 a	16 a	33 a	56 a	41 a	27 a	46 a		
	Abril de 2006	Média	68 a	35 b	36 b	34 b	30 b	27 b	25 b	21	
		Macroagregados	73 a	35 b	35 b	31 b	32 b	28 b	20 a		
			Microagregados	64 a	35 b	37 b	37 b	28 b	26 b	30 b	
	Julho de 2006	Média	63 a	34 bcd	52 ab	46 abc	21 d	10 d	23 cd	31	
	Carbono da biomassa, $\mu\text{g C/g solo}$	Novembro de 2005	Média	250 a	237 a	233 a	280 a	246 a	291 a	287 a	25
			Macroagregados	261 a	247 a	249 a	260 a	221 a	296 a	320 a	
Microagregados			240 a	228 a	216 a	300 a	270 a	285 a	253 a		
Abril de 2006		Média	128 c	166 bc	171 bc	258 a	216 ab	200 abc	153 bc	25	
		Macroagregados	113 b	204 ab	156 ab	224 a	194 ab	178 ab	151 ab		
		Microagregados	143 bc	128 c	185 abc	292 a	237 ab	222 abc	155 bc		
Quociente metabólico ($q\text{CO}_2$)	Novembro de 2005	Média	0,14 a	0,08 a	0,18 a	0,14 a	0,17 a	0,09 a	0,18 a	42	
		Macroagregados	0,13 a	0,10 a	0,18 a	0,10 a	0,19 a	0,09 a	0,15 a		
		Microagregados	0,14 a	0,07 a	0,19 a	0,18 a	0,15 a	0,10 a	0,21 a		
	Abril de 2006	Média	0,64 a	0,27 b	0,21 b	0,13 b	0,14 b	0,14 b	0,16 b	68	
		Macroagregados	0,71 a	0,19 b	0,23 b	0,14 b	0,16 b	0,15 b	0,13 b		
		Microagregados	0,58 a	0,34 ab	0,19 b	0,12 b	0,12 b	0,14 b	0,19 ab		

Médias seguidas da mesma letra minúscula não são diferentes estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. AC: algodão contínuo; MC: milho contínuo; A/Mi: sucessão algodão/ milho; M/Mi: sucessão milho/milho; A-M/Mi: rotação algodão-milho/milho; A/AP: sucessão algodão/aveia preta; M/AP: sucessão milho/aveia preta.

5 CONCLUSÕES

Em sistema semeadura direta em um Latossolo Vermelho Distroférico típico em dois anos agrícolas em Campinas, SP conclui-se que:

1. A quantidade de palha produzida na sucessão milho com milho (M/Mi), é suficiente para determinar elevados valores de cobertura do solo, de diâmetro médio ponderado e de carbono da biomassa.

2. A erosão é mais eficientemente controlada em sistemas de produção com maiores porcentagens de cobertura vegetal do solo como na sucessão milho com milho (M/Mi), algodão com aveia preta (A/AP) e milho com aveia preta (M/AP), reduzindo as perdas de terra e de água a 20% e 40% respectivamente.

3. Dentre os parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo avaliados, o diâmetro médio ponderado (DMP) e a emissão de CO₂ são índices eficientes na avaliação da qualidade do solo.

4. O curto tempo de avaliação impede concluir adequadamente em relação aos outros parâmetros avaliados.

6 REFERÊNCIAS

ADDISCOT, T.M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, Dordrechster, v. 46, p. 161-168, 1992.

AGNELLI, A.; UGOLINI, F.C.; CORTI, G.; PIETRAMELLARA, G. Microbial biomass-C and basal respiration of fine earth and highly altered rock fragments of two forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33, p. 613-620, 2001.

ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C.; PASSOS,

BERTONI, J. Sistemas coletores para determinações de perdas por erosão. **Bragantia**, Campinas, v. 9, p. 147-155, 1949.

BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico. Campinas, Instituto Agronômico, 1972, 56p. (Circular 20).

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho-Escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1663-7, set. 1999.

BOSSUYT, H.; DENEFF, K.; SIX, J.; FREY, S.D.; MERCKX, R.; PAUSTIAN, K. Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam 16: 195-208, 2001.

BRAIDA, J.A.; & CASSOL, E.A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 711-721, 1999.

CAMARGO O.A. & ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Piracicaba: O.A.Camargo, L.R.F. Alleoni, 1997. 132 p.

CAMPINAS. Instituto Agronômico. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. FAHL, J.I.; CAMARGO, M.P.B.; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.; DeMARIA, I.C. & FURLANI, A.M.C. (eds.) 6. ed. rev. atual. Campinas, 1998. 396 p. (Boletim, 200)

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 383-391, 1999.

CARTER, M.R.; GREGORICH, E.G.; ANDERSON, D.W.; DORAN, J.W.; JANZEN, H.H.; PIERCE, F.J. Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich, E.G. & Carter, M.R. (eds.). Soil quality for crop production and ecosystem health. Amsterdam: Elsevier, 1997. p.1-19.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 257-265, fev. 1999.

CASSOL, E.A. & LIMA, V.S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003.

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

CECÍLIO, R.A. & PRUSKI, F.F. Reforço contra a erosão. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 35, p. 10-13, 2004.

CERRI, C.C., BERNOUX, M.; CERRI, C.E.P.; FELLER, C. Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: the case of Brazil. **Soil Use and Management**, v. 20, p. 248-254, 2004.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 365-371, 1994.

CURL, E.A. & RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions. In: Wilkinson, R.E. (ed.). *Research methods in weed science*. Atlanta: Southern Weed Science Society, 1972. p. 162-194.

DE MARIA, I.C.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Análise de parâmetros indicadores da qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ecologia**, Rio Claro, v. 1, p. 32-34, 1997.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of Agronomy, 1994. p. 3-21. (Soil Science Society of Agronomy Special Publication, 35)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de Métodos de Análise de Solos*. 2ª edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa, 1997. 212 p.

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

FAHL, J.I.; CAMARGO, M.P.B.; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.; DeMARIA, I.C.; FURLANI. *Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas*. Campinas, Instituto Agronômico. A.M.C. (eds.) 6. ed. rev. atual, 1998. 396 p. (Boletim, 200)

FERREIRA, D.F. Sisvar, versão 4,2 (Build 39). Copyright Daniel Furtado Ferreira – 1999-2003.

FREY, S.D. Aggregation - Microbial Aspects. In: Hillel, D. (ed.). *Encyclopedia of soils in the environment*. Oxford, UK: Elsevier Academic Press, v. 1, p. 22-28, 2005.

GENRO JÚNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 477-484, 2004.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; DEDECEK, R.; ALVES JÚNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 667-676, 1997.

HUDSON, N. Soil conservation. London: BT Batsford Ltd., 1971. 304 p.

JENKINSON, D.S. & LADD, J.M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E.A. & Ladd, J.N. (eds.). Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker, 1981. v. 5, p. 415-471.

JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effect of biocidal treatment on metabolism in soil. V. A method of measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, p. 209-213, 1976a.

JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effect of biocidal treatment on metabolism in soil - I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, p. 167-177, 1976b.

JORGE, L.A.C.; DE MARIA, I.C.; CRESTANA, S. Aquisição de imagens de cobertura vegetal. In: Jorge, L.A.C. (ed.). Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS. São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1996. Cap. 2. (EMBRAPA-CNPDIA, Circular técnica, 1)

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clark, F.E. (eds.). Methods of soil analysis - Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

KUSHWAHA, C.P.; TRIPATHI, S.K.; SINGH, K.P. Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dryland agroecosystem. **Applied soil ecology**, v. 16, p. 229-241, 2001.

LA SCALA JÚNIOR, N.; MARQUES, JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; CORÁ, J.E. Carbon dioxide emission related to chemical properties of a tropical bare soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 32, p. 1469-1473, 2000.

LAL, R. Management of clay soils for erosion control. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 59, p. 133-138, 1982.

LAURANI, R.A.; RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J.; SOARES, D.S; RIBON, A.A. Distribuição de poros de um latossolo vermelho eutroférico na fase de implantação de um sistema de plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n. 2, p. 347-354, mai/ag 2004.

- LIBARDI, P.L. Retenção e cálculo da água no solo. In: Libardi, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005, p. 41-68.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo, Campinas, 1975, 12 p. (Boletim técnico, 28).
- LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 71-75, 1988.
- LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S.C.F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J. Rotação de culturas: análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-123, 2002.
- LOPES, E.S.; PERON, S.C.; PORTUGAL, E.P.; CAMARGO, O.A.; FREITAS, S.S. Atividade respiratória de solo tratado com vinhaça e herbicida. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 1, p. 205-210, 1986.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 71-75, 1987a.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 193-197, 1987b.
- MANNERING, J.V. & MEYER, L.D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 27, p. 84-86, 1963.
- MARQUES, J.Q.A. Determinação de perdas por erosão. *Archivo Fitotecnico del Uruguay*, Montevideo, v. 4, n. 3, p. 505-556, 1951.
- MARTINHO, R.R.R. Amostragem e análise geoestatística das propriedades do solo em dois Latossolos Vermelhos sob plantio direto para aplicação em agricultura de precisão. 2001. 175 p. Dissertação (Mestrado). – Instituto Agrônomo / Pós Graduação, Campinas.
- McINTYRE, D.S. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. **Soil Science**, Baltimore, v.85, p. 185-9, 1958.
- MENDES, I.C., SOUZA L.V., RESCK D.V.S.; GOMES A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 435-443, 2003.
- MESQUITA, M.G. & MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 963-969, maio-jun, 2004.

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: Gênese, p. 1-8, 1999.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Ecologia do solo. In: Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. p. 81-152.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 863-871, 2001.

PANKHURST, C.E.; KIRKBY, C.A.; HAWKE, B.G. Impact of a change in tillage and crop residue management practice on soil chemical and microbiological properties in a cereal-producing red duplex soil in NSW, Australia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 189-196, 2002.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico,100)

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. A água em equilíbrio. In: Reichardt, K. & Timm, L.C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 87-145.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; ROSA, G.M.; CERETTA, C.A., eds. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, 2001. p. 114-133.

REYNOLDS, W.D. & ELRICK, D.E. A method for simultaneous *in situ* measurements in the vadose zone of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity-pressure head relationship. **Ground Water Monitoring Review**, Westerville, v. 6, p. 84-95, 1986.

REYNOLDS, W.D.; VIEIRA, S.R. & TOPP, G.C. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. *Canadian Journal Soil Science*, Ottawa, v. 72, p. 489-501, 1992.

ROSOLEN, C.A.; ALMEIDA, A.C.S.; SACRAMENTO, L.V.S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, p. 259-266, 1994.

SÁ, J.C.M. Evolução da matéria orgânica do solo no sistema plantio direto. In: Curso sobre Aspectos Básicos de Fertilidade do Solo em Plantio Direto, 4., Passo Fundo, 2001. Resumo de palestras. Passo Fundo, UFSM, 2001. p. 5-20.

SALES, L.E. DE O; FERREIRA, M.M; OLIVEIRA, M.S.; CURTI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2091-2095, nov. 1999.

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, maio 2002.

SCHÄFER, M.J.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; CASSOL, E.A. Erosão em entressulcos em diferentes preparos e estados de consolidação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 431-441, 2001.

SCHLESINGER, W.H. Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: Trabalka, J.R. & Reichle, D.E. (eds.). The changing carbon cycle : A global analysis. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 194-200.

SETZER, J. Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. CESP, 1966. 61 p.

SIDIRAS, N. & ROTH, C.H. Infiltration measurements with double-ring infiltrometers and a rainfall simulator under different surface conditions on an Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 9, p. 161-168, 1987.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCHE, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. In: Conference of the International Soil Tillage Research Organization, 9., Osijek, 1982. p. 537-544.

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

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Passo Fundo, v. 30, p. 795-801, 2000.

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**, v. 32, p. 2099-2103, 2000.

SLONEKER, L.L. & MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 32, n. 5, p. 231-236, 1977.

SMITH, J.L. & PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: Bollag, J.M. & Stotsky, G. (eds.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. v. 6, p.357-396.

SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F.S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de tabuleiros costeiros. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29., Ribeirão Preto, SP, 13-18 julho 2003. Anais em CD-Rom. Ribeirão Preto, UNESP – Campi Botucatu, Jaboticabal e Ilha Solteira. 2003.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, v. 49, p. 1-24, 1999.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 229-235, 1991.

STONE, L.F. & SILVEIRA P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, jan. 1999.

STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação d47 da rot ária dia5e3S81,1

VARGAS, L.K. & SCHOLLES D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 35-42, 2000.

VIEIRA, S.R. Permeâmetro: novo aliado na avaliação de manejo do solo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 47-50, p. 32-33, 1995-1998.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)