

Alterações físicas em um Latossolo Roxo em função da velocidade de aração e do ângulo horizontal dos discos

Roberto da Cunha Mello

Centro de Engenharia e Automação, Instituto Agrônomo de Campinas, C.P. 26, 13201-970, Jundiaí, São Paulo, Brasil.
e-mail rcmello@iac.sp.gov.br

RESUMO. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho de um arado de discos, em função da velocidade de deslocamento e do ângulo horizontal dos discos, caracterizados através da incorporação da cobertura vegetal, da rugosidade superficial e do diâmetro médio geométrico. O delineamento utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial e os resultados mostram que a incorporação da cobertura vegetal não apresentou diferença significativa com relação ao ângulo horizontal, mas houve um acréscimo com o aumento da velocidade; o índice de rugosidade superficial não variou com a velocidade, mas aumentou com o ângulo e o diâmetro médio geométrico apresentou uma diminuição com o aumento na velocidade e ângulo. O arado ensaiado apresentou um comportamento satisfatório em relação à literatura consultada.

Palavras-chave: arado, ensaio de desempenho, cobertura vegetal, rugosidade superficial, diâmetro médio geométrico.

ABSTRACT. Physical changes in a dusk red latosol as function of plowing speed and horizontal discs angle. This project was conducted with the objective of evaluating the performance of a disc plow as function of travel speed and horizontal disk angle characterized by the crop residue cover incorporation, random roughness, and medium geometric diameter. It was adopted a factorial type randomized complete block design for the statistical analysis of the experiment. The results showed that crop residue cover incorporation did not show any significant relation to the angle but there was an increase with the travel speed. The random roughness was only related to the angle, not to the travel speed, by increasing the angle there was an increase in the random roughness. An increase in travel speed and angle resulted in a reduction in the medium geometric diameter. The plow shows a satisfactory performance when compared with the literature.

Key words: plow, test performance, crop residue cover, random roughness, medium geometric diameter.

Introdução

Entre os vários fatores que influenciam na produtividade e no custo de produção agrícola, o preparo do solo tem uma importância significativa. O objetivo básico do preparo é alterar a estrutura do solo de modo a fornecer condições físicas, químicas e biológicas à germinação, crescimento e produção das plantas.

Apesar de propiciar condições favoráveis ao crescimento e produção das plantas, o preparo intensivo do solo tem contribuído para a formação de camadas compactadas e deterioração de sua estrutura, sendo a erosão pela ação da chuva e do vento uma das mais graves conseqüências.

Segundo Balastreire (1987), o uso de arados de discos para o preparo do solo predomina no país em função de estes serem ajustados a trabalharem em

áreas onde a presença de pedras, tocos e raízes dificulta o funcionamento dos arados de hastes ou aivecas. A principal vantagem apresentada pelos arados de discos é o fato de trabalharem com movimento de rotação e, ao encontrarem um obstáculo, o disco rola sobre o mesmo diminuindo a influência do impacto sobre sua estrutura.

Tendo em vista esses fatores e a escassez de dados sobre essa forma de mobilização, procuramos neste trabalho informações básicas para desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de uso dos arados de discos.

Cobertura do solo

A cobertura do solo reduz o impacto das gotas de chuva e a velocidade de escoamento superficial e conseqüentemente a capacidade de transporte de sedimentos pela água. A eficiência de qualquer

método de preparo do solo para o controle da erosão depende da quantidade de resíduos de culturas deixada na superfície. Quanto maior a percentagem da superfície coberta com resíduos, maior a efetividade no controle da erosão (Hayes, 1984).

A quantidade de resíduos vegetais mantidos sobre o solo por um implemento, até 60 dias após o preparo, é o que influencia mais diretamente o controle da erosão, porque nesse período podem ocorrer altas precipitações pluviométricas (Moldenhauer, 1984).

Laflen *et al.* (1981) compararam 3 métodos de determinação da porcentagem de cobertura do solo com 10 tipos de resíduos culturais em 10 campos com preparo conservacionista. Os métodos foram:

- método fotográfico;
- método da régua;
- método da linha transversal (trena).

Os resultados indicaram que o método da linha transversal é o mais adequado e preciso para uso no campo.

Rugosidade superficial do solo

A rugosidade na superfície em um solo preparado influencia a quantidade de água que pode ficar retida nas depressões durante e após uma chuva. As pequenas depressões retêm por mais tempo a água empoçada na superfície, retardando o início do escoamento e reduzindo a velocidade e a energia cinética do escoamento, diminuindo, assim, o arraste e a dispersão de agregados pela enxurrada.

Allmaras *et al.* (1966) estimaram a rugosidade superficial pelas medidas de elevação dos picos colocados sobre o solo em um perfilômetro. A rugosidade superficial foi tomada como o desvio padrão entre as leituras de elevações. As elevações foram expressas de forma logarítmica.

Diâmetro médio geométrico

A caracterização da condição do solo, baseada somente na descrição do sistema de preparo utilizado é vaga e confusa. Gill e Vanden Berg (1968) recomendam que o tipo de preparo não deve ser definido apenas pelo equipamento utilizado, mas também por parâmetros que caracterizam a condição final da camada de solo mobilizada.

O dano físico do solo pode ser definido, segundo Spoor (1982), como qualquer variação no solo prejudicial ao desenvolvimento e à produção das culturas. Dentre os fatores que mais causam dano ao solo, o principal é a degradação da estrutura natural devido ao preparo.

Schafer *et al.* (1985) consideram que a operação de preparo representa essencialmente o manejo da

estrutura do solo, o qual tem efeito marcante sobre o tamanho, a distribuição e a estabilidade dos agregados.

Bavel (1949) afirma que a estabilidade estrutural representa a resistência que os agregados do solo oferecem às influências de desintegração pela água e pela manipulação mecânica. Segundo Nichols e Reaves (1955), citados por Gamero *et al.* (1986), a modificação da estrutura do solo por um determinado equipamento de preparo dependerá, em grande parte, da frequência de utilização do mesmo e da consistência do solo; os benefícios ou danos decorrentes da operação de preparo dependerão fundamentalmente da estrutura e da consistência do solo, tornando necessária a avaliação dessas propriedades. A criação de uma condição favorável no solo é um dos principais objetivos do preparo, segundo Hendrick e Gill (1971).

Para Miranda (1986), a quantificação da distribuição por tamanho dos agregados secos, após a operação de preparo do solo, permite avaliar o efeito do equipamento utilizado. Por outro lado, Hawkins e Brown (1963) afirmam que muitos pesquisadores têm avaliado parâmetros tais como a estabilidade e a distribuição por tamanho dos agregados, mas têm falhado em não mostrar relações consistentes entre estes e o desenvolvimento das plantas.

Bavel (1949) acrescenta que o diâmetro médio geométrico dos agregados, por ser um índice sensível ao estado de agregação do solo, pode ser utilizado em estudos estatísticos ou de correlação com produções das culturas e tratamentos de preparo do solo.

Gamero *et al.* (1986) sugerem que o diâmetro médio geométrico pode ser usado como um índice para determinar a distribuição do tamanho dos agregados e determiná-lo pelo método descrito por Mazurak (1950), citado por Maciel (1993).

Material e métodos

O ensaio foi realizado em Latossolo roxo, no campo experimental do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas Biológicas e Agrícolas da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo.

Foram coletadas amostras a 15cm de profundidade para determinação da densidade aparente e umidade do solo, apresentando os seguintes valores médios:

- densidade aparente: 1,27g/cm³;
- teor de umidade no dia do ensaio: 20,48%.

Os valores médios da análise granulométrica são: 60% de argila, 14% de silte e 26% de areia total.

O valor médio da resistência à penetração é: 346 N/cm².

A coesão do solo tem valor médio de 0,32 kpa e o ângulo de atrito interno 20°.

O terreno apresenta uma declividade de 0,3% e encontrava-se coberto por ervas daninhas de pequeno porte, em sua maioria do tipo Picão preto (*Bidens pilosa* L), Carrapicho (*Acanthoespermum hispidum*) e Capim (*Rhynhelitrum roseum*).

Na realização do presente trabalho, foram utilizados os seguintes materiais:

Trator

Foi utilizado para tração um trator de rodas pneumáticas, 4X2, com motor Diesel de 4 cilindros e uma potência máxima de 66,24 kW.

As diferentes velocidades foram obtidas através de prévia seleção nas marchas do trator utilizado para tração, trabalhando sempre na mesma rotação (1800 rpm). Para a velocidade denominada de V1, correspondente a uma média de 3,5km/h utilizou-se 2° reduzida; V2, correspondente à 4,9km/h, utilizou-se 4° reduzida e V3 correspondente à 6,5km/h utilizou-se 1° simples.

Arado

Foi utilizado um arado de 3 discos, montado, reversível, com as seguintes características:

- a) Diâmetro dos discos 30 polegadas (760mm) com afiação interna.
- b) Concavidade dos discos 6,52.
- c) Diâmetro da roda guia 550mm.
- d) Espaçamento entre discos 585mm.
- e) Altura da torre 345mm.
- f) Comprimento da viga principal (apo) 1430mm.

Para realização do ensaio, os discos apresentaram uma angulação de: L1=35° e corresponde a uma largura de corte de 84,0cm; L2=43° e corresponde a uma largura de corte de 92,5cm; L3=52° e corresponde a uma largura de corte de 105cm.

O ângulo vertical dos discos não apresenta regulagem e possui 22° de inclinação.

Além dos já citados, outros equipamentos e materiais foram empregados para complementação dos ensaios e para caracterização do solo, tais como: penetrógrafo para determinação da resistência à penetração; perfilômetro para determinação da rugosidade superficial e perfil do solo; caixa metálica e jogo de peneiras para análise granulométrica; trena de 20m para determinação da cobertura vegetal; anel volumétrico; balança; estufa; cronômetro e vidrarias diversas.

A área havia sido previamente demarcada e com um sulco aberto pelo próprio arado para que o trator se deslocasse com as rodas de um dos lados dentro

do sulco.

Incorporação da cobertura vegetal

Para determinação da incorporação da cobertura vegetal, foi utilizado o método da trena Laflen *et al.* (1981), que consiste em esticar uma trena de 20m de comprimento sobre a superfície do terreno no sentido diagonal dentro da parcela experimental. A cada 10cm foi feita a leitura dos pontos que coincidiram com restos vegetais, totalizando 200 leituras por parcela que divididas por 2 dá a porcentagem de cobertura da superfície do terreno com restos vegetais. Foram feitas leituras antes da passagem do implemento e após; por diferença, estima-se a incorporação da cobertura vegetal.

Rugosidade superficial

A rugosidade superficial foi determinada com o uso do perfilômetro, que contém 40 hastes espaçadas de 35mm e graduadas de 5 em 5mm, montado sobre uma base previamente nivelada. O equipamento foi deslocado em 300mm no sentido longitudinal por 2 vezes, totalizando 3 leituras, correspondente a 120 pontos após a passagem do implemento. O índice de rugosidade foi calculado pelo método proposto por Allmaras *et al.* (1966), sendo:

$I = S \cdot X$;

I= índice de rugosidade superficial;

S= desvio padrão dos logaritmos das elevações;

X= média entre as elevações.

O cálculo dos índices de rugosidade foram feitos em planilha eletrônica.

Diâmetro médio geométrico

Após a execução de cada tratamento, no centro da parcela foi cravada uma caixa metálica até alcançar a profundidade de preparo. Após a retirada do solo das laterais externas da caixa com o auxílio de uma enxada, foi introduzida uma chapa de aço que lhe serviu de fundo e o material colocado em caixa de papelão e lacrado imediatamente com fita colante.

Uma vez coletadas as amostras em todas as parcelas, as caixas foram transportadas para o laboratório, abertas e secas em estufa a 105° por 24h com o objetivo de eliminar a umidade existente e conferir resistência aos agregados durante o peneiramento.

Após a retirada de cada amostra da estufa, foram resfriadas e passadas em jogo de peneiras com as seguintes aberturas de malhas em mm: 101,60; 76,20; 30,80; 25,40; 19,05; 12,70; 5,35; 6,36; 1,68. Dessa maneira, obteve-se o peso de agregados retidos em cada classe de tamanho.

De posse dos pesos retidos em cada peneira, foi possível determinar o diâmetro médio geométrico

pelo método descrito por Mazurak (1950), citado por Maciel (1993):

$$DMG = \exp (\sum W_i \log d_i / \sum W_i)$$

em que:

W_i = peso retido em cada classe de tamanho;

d_i = diâmetro médio da classe.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi: blocos casualizados em esquema fatorial, procurando analisar o efeito do arado de disco, trabalhando em 3 velocidades e 3 ângulos de ataque horizontal (larguras de corte) e considerando 3 repetições (blocos).

Será estabelecida uma interação entre as parcelas para analisar o trabalho executado em determinadas condições conhecidas e os dados comparados, através da análise de variância, por programa computacional sanest.

As médias foram comparadas através do teste de Tukey e foi realizada uma regressão polinomial para ajustar os dados a um modelo matemático.

Resultados e discussão

Após análise e interpretação dos dados, chegou-se aos seguintes resultados:

o perfil do solo mobilizado antes e após a aração e o fundo do sulco são mostrados na Figura 1, podendo-se notar a rugosidade superficial e o tamanho de torrões. A área do perfil também é muito importante no estudo da resistência específica, volume de solo mobilizado e empolamento.

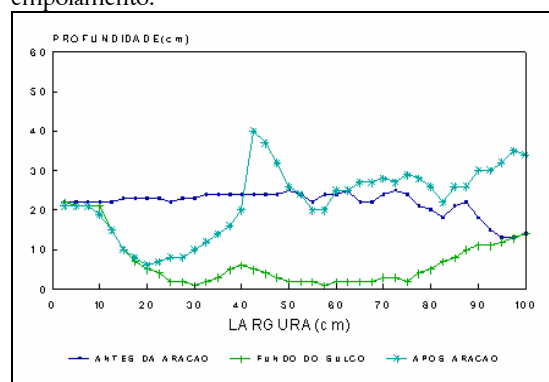


Figura 1. Perfil do solo mobilizado antes e após a aração e o fundo do sulco.

Incorporação da cobertura vegetal

Os valores dos percentuais da cobertura vegetal são apresentados na Tabela 1. Pelos resultados da análise da variância, pode-se observar que as menores médias de incorporação da cobertura vegetal ocorreram nas baixas velocidades e que a

largura de corte não influenciou significativamente na incorporação da cobertura vegetal.

Tabela 1. Valores da porcentagem da cobertura vegetal antes da aração, após a aração e incorporação.

Tratamento	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
Antes	86,5	89,0	84,0	82,0	92,5	93,0	94,0	90,5	84,5
B1 Depois	22,5	32,5	21,0	22,0	13,5	19,5	08,5	12,0	06,5
Incorporação	64,0	56,5	63,0	60,0	79,0	73,5	85,5	78,5	78,5
Antes	95,0	94,5	90,0	94,0	92,0	96,0	95,0	97,0	89,0
B2 Depois	30,0	34,0	29,0	22,5	38,0	23,0	20,0	21,5	14,5
Incorporação	65,0	60,5	61,0	71,5	54,0	73,0	75,0	75,5	74,5
Antes	92,0	98,0	91,5	96,0	92,0	84,0	98,0	88,0	99,0
B3 Depois	21,0	39,0	14,0	20,0	17,0	23,0	21,0	15,5	14,0
Incorporação	71,0	59,0	77,5	76,0	75,0	61,0	77,0	72,5	85,0

A incorporação da cobertura vegetal apresentou um valor médio de 70,46% e um coeficiente de variação de 10,17%.

Com o aumento da velocidade, houve um aumento significativo na incorporação dos restos vegetais, podendo-se deduzir que houve uma melhor inversão da leiva em função de um aumento na energia cinética das partículas de solo.

A velocidade V1 apresentou a menor média tendo o valor de 64,16% de incorporação, seguida por V2, que apresentou um valor médio de 69,22%. Ambos diferem em nível de 1% de significância de V3 que apresentou um valor médio de 78,00% de incorporação da cobertura vegetal.

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de velocidade, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear e ajustá-los segundo a equação:

$$Y = 56,106 + 3,354 \cdot X$$

Os resultados podem ser melhor visualizados na Figura 2.

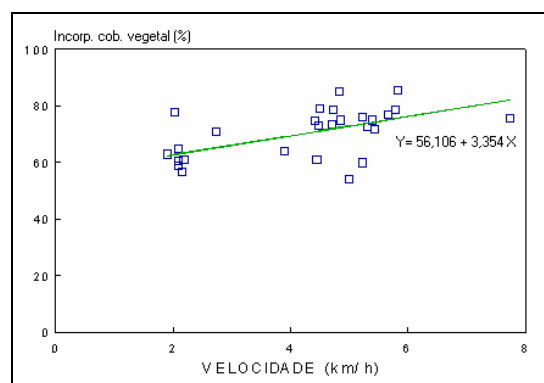


Figura 2. Variação da incorporação da cobertura vegetal em função da velocidade de deslocamento.

Esses valores mostram que, mesmo trabalhando a baixas velocidades, o arado de discos apresenta um alto percentual de incorporação da cobertura vegetal.

Rugosidade superficial

Os valores dos índices de rugosidade superficial são mostrados na Tabela 2 e, pelos resultados da análise de variância pode-se observar que a rugosidade superficial variou apenas com a largura de corte, não apresentando diferenças significativas em relação à velocidade.

Tabela 2. Índices de rugosidade superficial em mm.

Parcela	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
Bloco 1	3,44	4,16	4,59	3,21	4,83	5,77	4,37	5,36	4,90
Bloco 2	4,81	3,66	3,95	5,47	4,81	5,75	3,62	5,30	4,78
Bloco 3	3,64	4,96	6,26	3,22	5,91	5,57	4,82	6,13	6,71

A rugosidade superficial apresentou um valor médio de 4,81mm e um coeficiente de variação de 16,306%.

Com o aumento na largura de corte, ocorreu um aumento nas médias dos índices da rugosidade superficial: L3 apresentou o maior índice, com valor médio de 5,36mm e este não variou significativamente de L2 com valor médio de 5,01mm. Ambos diferem de L1 com nível de significância de 1% e este apresentou índice médio de 4,06mm.

Segundo Allmaras *et al.* (1966), dois tipos de rugosidade são produzidos por implementos de preparo do solo:

- rugosidade orientada, causada por sulcos ou camaleões e por ondulações no relevo como leivas da aração ou sulcos de cultivador;
- rugosidade aleatória, que é uma ocorrência casual de picos e depressões na superfície do solo, sem que se possa distinguir a direção em que a operação foi realizada.

A rugosidade superficial foi afetada apenas pelo ângulo horizontal dos discos. Acredita-se que se trata de rugosidade orientada, em que o aumento do ângulo horizontal dos discos provocou um aumento no tamanho dos sulcos.

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de largura de corte, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear e ajustá-los segundo a equação:

$$Y = -0,7477 + 0,0592 \cdot X$$

Os resultados podem ser mais bem visualizados na Figura 3.

Diâmetro médio geométrico

Os valores dos diâmetros médios geométricos são mostrados na Tabela 3, e, pelos resultados da análise de variância, pode-se observar que houve diferenças significativas em relação à velocidade de deslocamento e também com a largura de corte.

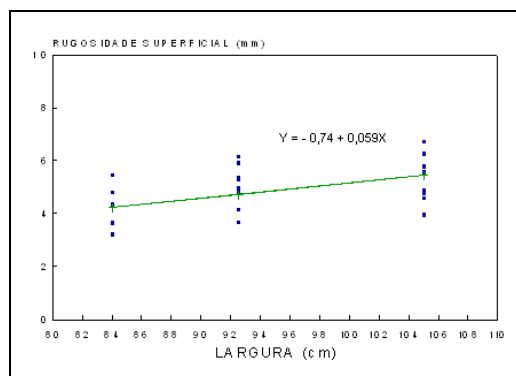


Figura 3. Variação da rugosidade superficial em função do ângulo de ataque horizontal dos discos.

Tabela 3. Valores dos diâmetros médios geométricos em mm.

Parcela	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
Bloco 1	14,4	14,2	06,1	06,1	10,7	02,8	03,1	07,1	01,9
Bloco 2	21,1	06,7	06,6	10,8	10,3	04,6	06,1	12,2	02,8
Bloco 3	28,1	10,9	13,6	16,4	15,7	03,0	04,9	04,0	05,1

O diâmetro médio geométrico apresentou um valor médio de 10,3529mm e um coeficiente de variação 54,427%.

Com o aumento da velocidade, houve uma diminuição nas médias: V3 apresentou a menor média, 6,35mm, seguida de V2, com valor médio de 8,65mm e V1 com a maior média, 15,75mm.

Com o aumento nas larguras de corte, houve uma diminuição nas médias dos diâmetros médios geométricos. A maior média dentro das larguras foi L1, com valor de 15,47mm, seguida por L2, com valor médio de 11,31mm e L3, com valor médio de 5,17mm.

Pela análise de variância da regressão polinomial, dentro dos níveis de velocidade, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear e ajustá-los segundo a equação:

$$Y = 21,332 - 2,565 \cdot X$$

Os resultados podem ser mais bem visualizados na Figura 4.

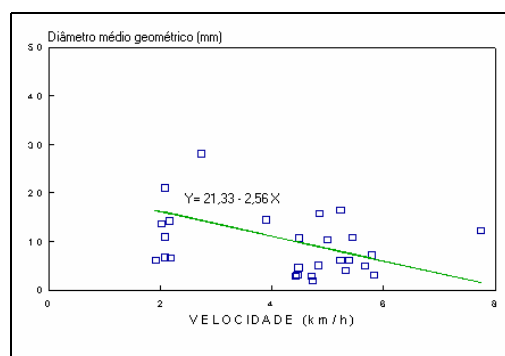


Figura 4. Variação do diâmetro médio geométrico em função da velocidade de deslocamento.

Pela análise de variância da regressão polinomial, dentro dos níveis de largura, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear e ajustá-los segundo a equação:

$$Y = 52,659 - 0,451 \cdot X$$

Os resultados podem ser mais bem visualizados na Figura 5.

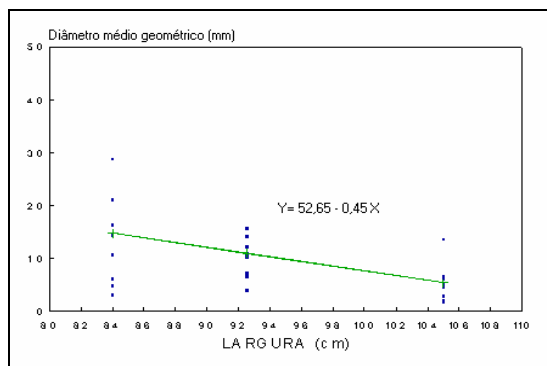


Figura 5. Variação do diâmetro médio geométrico em função do ângulo de ataque horizontal dos discos.

Observou-se que a regressão linear foi a que melhor se ajustou em todos os casos, dando valores altamente significativos e coeficientes de determinação elevados em todos os tratamentos.

Conclusão

Para as condições em que o ensaio foi desenvolvido, e com os resultados obtidos após análise e interpretação estatística, chegaram-se às seguintes conclusões:

- a incorporação da cobertura vegetal não apresentou diferença significativa com relação ao ângulo horizontal dos discos, mas variou em relação à velocidade. Com o aumento da velocidade, observou-se um acréscimo na incorporação da cobertura vegetal.
- o índice de rugosidade superficial do solo não apresentou diferenças em relação à velocidade, mas variou com o ângulo horizontal dos discos. O aumento no ângulo ocasionou um aumento nos índices de rugosidade superficial do solo.
- o diâmetro médio geométrico apresentou diferenças significativas em função da velocidade de deslocamento e do ângulo horizontal dos discos. Com o aumento da velocidade de operação e do ângulo, houve uma diminuição nos valores médios dos diâmetros médios geométricos.

- o arado ensaiado apresentou um comportamento satisfatório em relação à literatura consultada, e podemos usar tais resultados como fonte de dados.

Referências

- ALLMARAS, R. R. *et al.* Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage. Washington: Department of Agriculture, 41p (Research Report, 7) 1966.
- BALASTREIRE, L. A. *Máquinas Agrícolas*. São Paulo. Manole. 1987.
- BAVEL, C. H. M. Mean weight-diameter of soil aggregate as a statistical index of aggregation. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 14, 20-23, 1949.
- GAMERO, C. A. *et al.* Estabilidade de agregados sob diferentes tipos de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 16 1986 São Paulo. Anais: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola 46-54 1986.
- GILL, W. R.; VANDEN BERG, G. E. *Soil dynamics in tillage and traction*. Agriculture Hand Book 316. 1968.
- HAWKINS, J. C.; BROWN, N. J. Tillage practices and mechanization. *Neth. J. Agric. Sci.*, Wageningen, v.27, p.140-146, 1963.
- HAYES, W. A. Conservation tillage systems and equipment requirements. In: *Preliminary proceedings for a system approach to conservation tillage*. Michigan: Hickory Corners, 1984.
- HENDRICK, J. G.; GILL, W. R. Rotary tillage design parameters. Depth of tillage. *Trans. ASAE*, St Josef, v.14, p.675-678 1971.
- LAFLEN, J.M. *et al.* Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.36, n.6, p.341-343, 1981.
- MACIEL, A. J. S. *Requerimento energético e efeito na camada mobilizada do solo da enxada rotativa com diferentes lâminas*. 1993. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.
- MIRANDA, N. O. *Alterações físicas nos solos podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho escuro submetidos a diferentes condições de preparo reduzido*. 1986. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1986.
- MOLDENHAUER, W. C. A comparison of conservation tillage systems for reducing soil erosion. In: *Preliminary proceedings for a system approach to conservation tillage*. Michigan: Hickory Corners, 1984.
- SCHAFER, R. L. *et al.* Prescription tillage: The concept and examples. *J. Agric. Eng. Res.* London, v.32, p.123-129, 1985.
- SPOOR, G. The causes and nature of soil damage. *Agric Eng*, St Josef, v.37, p. 4-7, 1982.

Received on February 10, 2003.

Accepted on February 16, 2004.