

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**AVALIAÇÃO DE DISCOS DE CORTE DE SEMEADORA-ADUBADORA
EM DIFERENTES QUANTIDADES DE COBERTURA VEGETAL**

ALESSANDRO JOSÉ MARQUES SANTOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Energia na Agricultura)

**BOTUCATU - SP
Abril - 2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**AVALIAÇÃO DE DISCOS DE CORTE DE SEMEADORA-ADUBADORA
EM DIFERENTES QUANTIDADES DE COBERTURA VEGETAL**

ALESSANDRO JOSÉ MARQUES SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Energia na Agricultura)

**BOTUCATU - SP
Abril – 2009**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S237a Santos, Alessandro José Marques, 1976-
Avaliação de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal / Alessandro José Marques Santos.- Botucatu : [s.n.], 2009.
ix, 56 f. : il., color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Carlos Antonio Gamero
Inclui bibliografia

1. Cobertura morta. 2. Solos - Manejo. 3. Plantio direto. 4. Máquinas agrícolas. I. Gamero, Carlos Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho " (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

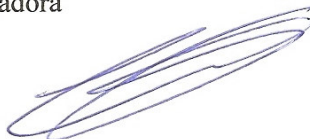
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “AVALIAÇÃO DE DISCOS DE CORTE DE SEMEADORA-ADUBADORA
EM DIFERENTES QUANTIDADES DE COBERTURA VEGETAL”**

ALUNA: ALESSANDRO JOSÉ MARQUES SANTOS

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO

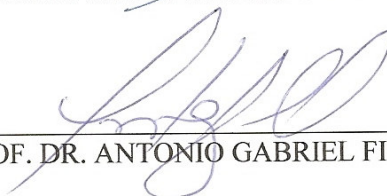
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



PROF. DR. SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA



PROF. DR. ANTONIO GABRIEL FILHO

Data da Realização: 09 de fevereiro de 2009.

DEDICO**A Deus**

No corre corre de nossa vida diária, esquecemos tantas vezes de agradecer. Obrigado Senhor, pelos meus pais e amigos, por todos aqueles que entraram na minha história de vida e me ensinaram a crescer, a ser mais humano; pelo término de mais esta jornada, o mais sincero agradecimento a ti que me confiaste à vida.

OFEREÇO**Aos meus pais Nadira e Airton**

De vocês recebi o dom mais precioso do universo: a vida. Inspiraram-me a certeza de sua presença e a segurança de seus passos guiando os meus. O carinho da sua voz, a esperança do seu sorriso, o conforto de suas lágrimas, o brilho do seu olhar me fizeram tão grande quanto o seu amor por mim.

Se eu pudesse fazê-los eternos... eternos eu os faria.

A vocês pais, dedico esta vitória.

AGRADECIMENTOS

À **Deus** por me conceder vida, saúde, coragem e amor.

À Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero, pela orientação, confiança e crescimento pessoal.

À minha querida e amada Clarice Backes, pela amizade, amor e compreensão.

Aos meus grandes amigos, Antônio Carlos da Silva, que tanto ajudou nos momentos difíceis, a Cristiano de Paula pela grande colaboração e amizade.

Ao estimado Prof. Dr. Silvio José Bicudo, pela amizade e contribuição à execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Renildo Luiz Mion, pelo auxílio na realização desse projeto.

À estagiária Andréia Correa Villen, pela ajuda na execução da parte experimental do projeto.

Aos amigos Claudinei Paulo de Lima, Tammy Aparecida Manabe Kiihl, Elisa Eni Freitag, Sandra Cristina Vigo e Rúbia Renata Marques, pelos bons momentos que passamos juntos.

Aos companheiros de república Diego, Leonardo, Jairo, Ramon, Flávio José, José Guilherme e Marcos Vinícius, pela amizade e compreensão, que foi necessário em todo este tempo em que moramos juntos.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural que sempre estiveram prontos a me receber e auxiliar no que fosse possível.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pelo apoio nesta etapa final do mestrado e incentivo para a próxima etapa que será o doutorado.

Aos professores membros da banca, Dr. Antonio Gabriel Filho e Dr. Saulo Philipe Sebastião Guerra, pela colaboração com as sugestões ao trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Sistema de Plantio Direto.....	7
2.2 Máquinas para Semeadura Direta	9
2.3 Disco de corte.....	11
2.4 Uniformidade de semeadura.....	13
2.5 Ferramentas agrícolas de corte do solo	14
2.6 Mobilização e cobertura do solo	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Área experimental	20
3.2 Caracterização do solo	20
3.3 Delineamento experimental e tratamentos	22
3.4 Instalação e execução do ensaio experimental.....	23
3.5 Variáveis avaliadas.....	28
3.5.1. Taxa de cobertura do solo pela palhada.....	28
3.5.2 Teor de água no solo.....	28
3.5.3 Velocidade de deslocamento	29
3.5.4 Determinação da área mobilizada e profundidade de penetração dos discos	29
3.5.5 Profundidade de corte dos discos.....	30
3.5.6 Força horizontal (Fx), vertical (Fy), lateral (Fz), momento transversal (My) e longitudinal (Mz).	30
3.5.7 Força horizontal por área de solo mobilizado (resistência específica).	31
3.5.8 Força horizontal específica	31
3. 8 Análise estatística.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Porcentagem de cobertura vegetal do solo.....	32

4.2 Teor de água do solo	33
4.3 Velocidade de deslocamento	34
4.4 Área de solo mobilizada.....	35
4.5 Profundidade de corte.....	37
4.6 Força vertical.....	39
4.7 Força lateral.....	40
4.8 Força horizontal.....	41
4.9 Momento transversal (M_y) e longitudinal (M_z).....	42
4.10 Força horizontal por área de solo mobilizado	44
4.11 Força horizontal específica.....	46
5 CONCLUSÕES	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição granulométrica, textura e densidade do solo e teor de água.	21
Tabela 2. Resistência à penetração e teor de água no solo na camada de 0-0,10 cm, em função das quantidades de palhada.....	22
Tabela 3. Resumo da análise de variância e valores médios de velocidade de deslocamento em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.....	35
Tabela 4. Resumo da análise de variância e valores médios de área mobilizada em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.	36
Tabela 5. Resumo da análise de variância e valores médios de profundidade de penetração dos discos de corte em centímetro para as diferentes quantidades de palhada.	38
Tabela 6. Resumo da análise de variância e valores médios de força vertical (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.....	39
Tabela 7. Resumo da análise de variância e valores médios de força lateral (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.	41
Tabela 8. Resumo da análise de variância e valores médios de força horizontal (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.....	42
Tabela 9. Resumo da análise de variância e valores médios de momento transversal e longitudinal (N m) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.	43
Tabela 10. Resumo da análise de variância e valores médios de força horizontal (N) em função dos discos de corte e da área mobilizada.....	44
Tabela 11. Resumo da análise de variância e valores médios de força horizontal específica (N cm ⁻¹) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área experimental.	23
Figura 2. Discos utilizados no experimento.	23
Figura 3. a - Saco telado acoplado ao picador de palhas; b - transporte da massa c - secagem da massa colhida.....	24
Figura 4. Vista do equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo.....	25
Figura 5. Esquema do Dinamômetro Ortogonal (Fonte: Mion, 2002).	26
Figura 6. Posição dos cabos no painel do micrologger e identificação dos canais.	27
Figura 7. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade do corte do disco.....	30
Figura 8. Taxa de cobertura do solo em função da quantidade de palhada aplicada.....	32
Figura 9. Taxa de cobertura nas diferentes quantidades de palhada.	33
Figura 10. Teor de água no solo em função das doses de palhada.	34
Figura 11. Área mobilizada do solo em função da quantidade de palhada adicionada.....	37
Figura 12. Profundidade de penetração do disco liso (DL) em função da quantidade de palhada.....	38
Figura 13. Força horizontal por área de solo mobilizado em função da quantidade de palhada.	45
Figura 14. Força horizontal específica em função da quantidade de palhada.	47

RESUMO

A qualidade e eficiência no corte da palha realizado pelos mecanismos de corte das semeadoras-adubadoras são elementos determinantes no processo de semeadura, em função da ocorrência de “embuchamentos” e de paradas, no afastamento da palhada ou mesmo no conhecido efeito do “envelopamento” da semente que ocasiona a deposição sobre a palha enterrada pelo mecanismo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes mecanismos de corte de palha de uma semeadora-adubadora de maneira individualizada em diferentes quantidades de cobertura vegetal adicionadas artificialmente em um solo de textura argilosa. Para a realização do trabalho foi utilizado um dinamômetro (anel ortogonal), projetado, construído e calibrado numa célula de carga padrão. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp de Botucatu. O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas de cinco quantidades de palhada de aveia preta, adicionadas artificialmente ao solo em área conduzida em plantio direto e as subparcelas de três mecanismos de abertura de sulco, sendo estes: disco liso (DL), disco corrugado (DC) e disco ondulado (DO). O disco ondulado proporcionou maior resistência ao rolamento, reduzindo a velocidade do conjunto (trator e equipamento). A mobilização do solo avaliada nos diferentes tratamentos principais (quantidade de palhada) e secundários (configuração de discos) apresentou diferenças de volume de solo mobilizado, as maiores quantidades de palhada proporcionaram maior taxa de cobertura do solo e conseqüentemente menor evaporação de água aumentando a área mobilizada. Os discos

estriados e ondulados apresentam comportamento semelhante em relação às forças laterais, horizontal, momento longitudinal e força horizontal em função da área mobilizada. Nas configurações dos discos estudadas, verificou-se que o disco plano liso necessitou de menor carga para uma maior penetração no solo, devido aos valores encontrados da força vertical da componente de reação, demonstrando uma maior eficiência. O disco de corte liso apresentou os maiores valores de área de solo mobilizado, maior profundidade de penetração no solo, exigindo menores valores de força vertical e maiores valores de força lateral. Quanto ao tipo de cobertura vegetal e quantidades utilizadas, não ofereceram resistência ao corte, não ocorrendo variação na força horizontal em relação à palhada.

Palavras-chaves: Eficiência de corte, mecanismos de corte, esforço tridimensional, taxa de cobertura.

EVALUATION OF SEEDER DISK COULTER IN DIFFERENT AMOUNTS OF CROP COVERAGE. Botucatu, 2009, 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ALESSANDRO JOSÉ MARQUES SANTOS

Adviser: CARLOS ANTÔNIO GAMERO

SUMMARY

The quality and efficiency in straw cutting are determinants in the sowing process, according to the occurrence of "tamp" and stops, the magnitude of the straw removal or even the known effects of the seed "envelopment" where the cutting mechanism can not cut the remaining straw. Thus, the objective of this study was to evaluate the performance of different mechanisms for straw cutting of a seeder individualized in different amounts of crop coverage artificially added in a clay soil. It was used a dynamometer (orthogonal ring), designed, built and calibrated in a standard load cell to carry out the work . The experiment was conducted at Unesp – Sao Paulo State University in the Experimental Farm Lageado, belonging to the College of Agricultural Sciences - Unesp, Botucatu. The experimental design was split plot with four replications, with main plots consisting of five quantities of black oat straw, artificially added to the soil in area with no-tillage system and subplots of three opening furrows mechanisms, which are: plane disk (PD), corrugated disk (CD) and wavy disk (WD). The wavy disk provided greater rolling resistance, reducing the speed of the set (tractor and equipment). The evaluation of the soil in the different main treatments (amount of straw) and secondary treatments (setting disks), showed differences in the volume. The largest quantities of straw provided higher rate of soil cover and consequently less water evaporation by increasing the mobilized area. The striated and wavy disks showed similar behavior with respect to lateral and, horizontal forces and longitudinal time and horizontal force in function of the mobilized area. In the settings of the studied disks, it was found that the plane disk needed less load to greater penetrate into the soil, due to the values found in the vertical force in the component of reaction, demonstrating higher efficiency. The plane cutting disk showed the highest values of mobilized soil area, deeper penetration into the

soil, requiring lower values of vertical force and higher values of lateral force. Regarding the type of waste and doses used, they offered no resistance to cutting and there was no change in the horizontal force on straw.

Key-words: Cutting mechanism, 3-D load, crop coverage, cover rate.

1 INTRODUÇÃO

Para manutenção de uma agricultura sustentável, a utilização de técnicas de conservação do solo, da água e do meio ambiente são imprescindíveis. Dentre estas, o sistema de plantio direto (SPD) surgiu como uma opção viável de manejo e conservação dos solos quer na sustentabilidade da produção, quer na preservação dos ambientes e dos recursos naturais. Atualmente o SPD encontra-se amplamente difundido no Brasil.

No SPD, algumas mudanças surgiram na concepção e na utilização das máquinas semeadoras. As semeadoras-adubadoras de plantio direto possuem conjuntos de componentes que desempenham funções, tais como: cortar a palha, dosar as sementes e o adubo, cobrir o solo e compactar levemente o sulco de semeadura.

Na operação de semeadura, a mobilização do solo ocorre somente na linha onde a semente é depositada, sob a camada de cobertura morta remanescente advinda de uma cultura anterior, ou de uma adubação verde.

Um dos grandes desafios dos fabricantes nacionais está em desenvolver maquinários e componentes que possam operar satisfatoriamente nas mais diversas situações de palhada e solo no país.

A grande dificuldade na operacionalidade do SPD ocorre, principalmente, devido aos fatores edáficos (tipo de solo, compactação, relevo) e à cobertura vegetal no que se refere ao tipo e quantidade, sendo esta bastante significativa.

O mecanismo de corte da palha é constituído por discos planos simples podendo ter diferentes configurações quanto ao formato e diâmetro, sendo responsáveis pelo corte da palha superficial e pela abertura de uma estreita fenda por onde o sulcador realiza a deposição da semente.

A realização de pesquisas sobre o conhecimento da funcionalidade dos mecanismos envolvidos no processo de semeadura é de grande interesse científico e tecnológico.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de tipos de discos de corte de palha que são utilizados em semeadoras-adubadoras em diferentes quantidades de cobertura vegetal adicionadas artificialmente em um solo de textura argilosa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de Plantio Direto

Segundo Derpsch (1998), a implantação do SPD começou a partir de experiências realizadas no início da década de setenta por uma missão alemã, junto ao extinto órgão do Ministério da Agricultura, o Instituto de Pesquisas e Experimentação Meridional – IPEAME, no município de paranaense de Londrina.

Fancelli e Favarin (1989) destacam, que no estado de São Paulo, os primeiros trabalhos com plantio direto começaram a ser desenvolvidos, à título de experimentação no ano agrícola de 1975/1976, na UNESP, Campus de Jaboticabal, sendo realizados, em seguida, no Instituto Agrônomo de Campinas-IAC. Ainda no final da década de setenta, registraram-se os primeiros estudos sobre o assunto no norte do estado, na UNESP, Campus de Ilha Solteira. No início da década de oitenta, as demais universidades estaduais, por meio de suas faculdades na área de ciências agrárias, incorporaram o plantio direto em suas linhas de pesquisa.

Segundo Novak et al. (1992), o agricultor, como elemento responsável pela produção agrícola, vem sofrendo pressões sociais e econômicas que o levam a mudar de tecnologia, com vistas a aumentar a produtividade e minimizar a degradação do solo. Frente a

esse processo de evolução obrigatório, no setor rural, os agricultores têm sido obrigados a abandonar progressivamente a agricultura tradicional. A adoção do (SPD) é uma alternativa que tem despertado interesse dos agricultores, os quais têm buscado aplicação de tecnologia.

Dados da Federação Brasileira de Plantio Direto na palha (2005) demonstram que a adoção do sistema plantio direto é crescente, sendo que, atualmente a área brasileira cultivada nesse sistema é de aproximadamente 22 milhões de hectares.

De acordo com Dallmeyer (2001), os sistemas de manejo do solo são classificados como intensivo (convencional com uso de arados e grades), cultivo mínimo ou preparo reduzido e (SPD), sendo os dois últimos denominados de manejos conservacionistas. Segundo a ASAE (1996) para ser considerado um preparo conservacionista o mesmo deve ter mais de 30% de cobertura do solo. Dallmeyer (2001) ressalta ainda que no sistema plantio direto, apesar da operação executada ser de semeadura, foi convencionado pela Federação de Associações de Plantio Direto na Palha que o sistema seria denominado Plantio Direto, cujo termo é de uso comum.

É pressuposto do (SPD) a existência de considerável quantidade de palha sobre a superfície do solo. Esta deve ser fornecida por espécies que possuem, entre outras características, grande capacidade de produção de matéria seca, elevada taxa de crescimento, resistência ao frio e à deficiência hídrica, além de não ser infestante, ser de fácil manejo, possuir sistema radicular profundo e vigoroso, capacidade de reciclar nutrientes, produzir sementes e ter elevada relação carbono/nitrogênio (HERNANI; SALTON, 1997).

Diversos autores conceituam de diferentes formas (SPD). Para Muzilli (1981), a técnica de plantio direto (PD) pode ser definida como um sistema conservacionista de manejo do solo, em que a colocação da semente é realizada em sulco ou cova em solo não revolvido, o qual deve ter largura e profundidade suficiente para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra. Essa técnica elimina as operações de aração, gradagem, escarificação e outros métodos convencionais de preparo do solo.

De acordo Hernani e Salton (1997), “o Sistema Plantio Direto (SPD) baseia-se em sistemas de rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em terreno coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado”. Nesse sistema, utilizam-se semeadoras específicas para o corte da palha, abertura de pequeno sulco e deposição de sementes e fertilizantes.

Segundo Peche Filho et al. (2000), o plantio direto é um sistema de manejo, onde não ocorre mobilização do solo, sendo assim, só se utilizam máquinas para manejar os restos vegetais da cultura anterior ou para manejar a fitomassa proveniente do plantio de culturas destinadas à produção de cobertura morta, como é o caso de picadoras e roçadoras. As picadoras promovem uma maior uniformidade do tamanho de fragmento do material orgânico e regulariza a deposição dos mesmos sobre a superfície do solo.

Segundo Borges Filho (2001), o sistema introduzido, no início da década de 70, apresentou uma série de dificuldades como à ausência de máquinas para a semeadura com desempenho satisfatório, controle das plantas daninhas e atraso nas pesquisas em relação à demanda dos agricultores.

Cardoso (2001) relatou que em encontro realizado para debater a questão de semeadura direta, produtores rurais revelaram que os maiores problemas, em relação à semeadura, relacionavam-se à deficiência de germinação, estresse de plântulas, excessiva mobilização do solo e desgaste dos órgãos ativos das máquinas.

2.2 Máquinas para Semeadura Direta

As operações semeadura/adubação são decisivas para o estabelecimento de culturas anuais para produção de grãos. Em preparos conservacionistas sua importância aumenta, visto que as condições de solo e cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes que às verificadas nos preparos com intensa mobilização.

Quanto às lacunas a serem preenchidas, o Projeto Plataforma Plantio Direto (2006) apresentou, entre outros, os seguintes problemas a serem solucionados: adequação de semeadoras-adubadoras para grandes áreas; baixa eficiência e durabilidade dos componentes presentes no maquinário; dificuldades na operação de máquinas e implementos em geral; falta de semeadoras-adubadoras adequadas ao (SPD); falta de equipamentos adequados para pequenas áreas; adequação do aperfeiçoamento de mecanismos de corte da palha e de rompimento do solo para distribuição de insumos; distribuição desuniforme de fertilizantes e sementes devido à problemas nos mecanismo distribuidor e regulagens;

dificuldade de acesso à reposição de peças; plantio desuniforme pela inadequação dos terrenos; semeadora deficiente (ou embuchamento e amontoamento.)

As semeadoras-adubadoras, utilizadas em preparos conservacionistas, dentre eles a semeadura direta, além de serem adaptadas à semeadura de diferentes espécies, cultivares, profundidades, densidades e espaçamentos, devem ser robustas e resistentes, possuírem discos de corte e abridores de sulcos capazes de cortar a vegetação e os restos culturais, depositar as sementes em profundidade uniforme, cobrindo-as e compactando o solo ao redor da mesma (PORTELLA et al., 1993).

Coelho (1996) ressalta que a grande diversidade de tipos de solo exigiu dos fabricantes um significativo e árduo trabalho de adequação de projetos, principalmente no que se refere aos elementos sulcadores e estruturas das semeadoras-adubadoras desenvolvidas para operar no plantio direto.

Segundo Coelho (1998), numa segunda geração de semeadoras adubadoras, no final da década de 70 e início dos anos 80, a indústria nacional disponibilizou os sulcadores do tipo disco triplo para a unidade semeadora. Essa configuração é composta de um disco de corte associado a um sulcador de disco duplo, na forma de “V”. O disco de corte, normalmente, é plano e afiado.

Segundo Portella (2001), o trabalho de rompimento do solo, inicialmente, foi realizado com a enxada rotativa, passando mais tarde ao sistema de triplo disco, sistema de facas, sistema múltiplo, sistema dupla de discos desencontrados e sistemas combinados, gerando, ao longo dos anos, um pacote tecnológico responsável pelos inúmeros modelos comerciais disponíveis no mercado para SPD.

Gadanha Júnior et al. (1991) afirmam que as semeadoras-adubadoras para o SPD são constituída de maneira semelhante às semeadoras-adubadoras convencionais, tanto as de precisão como as de fluxo contínuo, mas, possuem algumas modificações que permitem seu uso em solos não preparados e com cobertura vegetal. De acordo com esses autores, uma das modificações é a introdução de um sistema de corte, colocado à frente da máquina, que realiza o corte da cobertura vegetal, abrindo caminho para o sulcador, ou funcionando como o próprio.

Landers (1995) apresenta também algumas características que podem diferenciar a maioria das semeadoras-adubadoras destinadas ao SPD. São elas: discos

cortadores de palha em frente dos discos de adubo e semente; emprego de discos duplos desencontrados, defasados ou facão para a deposição de adubo e semente; maior rusticidade e peso, com chassi reforçado para evitar empenamento, molas mais resistentes; sistemas de regulação de profundidade de maior precisão e individualizadas em cada unidade semeadora; rodas duplas anguladas para fechamento do sulco; disposição deslocada das unidades semeadoras (metade deles para frente, metade para trás), para evitar embuchamento e amontoa.

Segundo Dallmeyer (2001), as máquinas para semeadura direta passaram por grandes modificações, sendo que as indústrias fabricantes têm realizado nos últimos anos, altos investimentos em desenvolvimento tecnológico.

De acordo com a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994), as semeadoras são classificadas, segundo a forma de distribuição de sementes, em semeadoras de precisão e semeadoras de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão são máquinas que distribuem as sementes no sulco de semeadura, uma a uma ou agrupadas, em linha e intervalos regulares de acordo com a densidade de semeadura estabelecida.

2.3 Disco de corte

Para realizar a instalação adequada da cultura, deve ser dada uma atenção especial para os mecanismos rompedores do solo e de corte dos restos vegetais, principalmente, pelas dificuldades impostas pela técnica do SPD, conforme Sattler (2000).

Segundo Portella (2001), os discos de corte podem ser encontrados em diferentes diâmetros e formatos. Quanto ao formato, os mais usuais são do tipo liso, estriado, corrugado, ondulado e recortado. Os discos lisos, quando devidamente afiados, cortam melhor os resíduos vegetais e requerem menor peso e pressão das molas para penetração no solo.

O disco de corte tem por função cortar os resíduos superficiais e abrir uma estreita fenda no solo, por onde o sulcador de disco duplo iniciará seu trabalho. Esse sistema recebeu várias derivações, como por exemplo, a utilização do sulcador de disco duplo defasado, utilizando dois discos com diâmetros diferentes, na tentativa de fazer com que o

disco maior corte a palha e o menor promova a abertura do sulco, dispensando o disco de corte (SATTLER, 2000).

O corte da palha está relacionado com as condições do solo, da palha e da semeadora. Para o corte adequado, o solo deve ser um anteparo à ação do disco de corte e as coberturas do solo devem estar verdes ou secas, já que aquelas que se encontram murchas apresentam maior resistência ao corte (SIQUEIRA e CASÃO JUNIOR, 2004).

Jasa et al. (2006) relatam que o disco de corte deve operar numa faixa menor do que a profundidade de deposição da semente, evitando que o solo fique solto e haja a formação de bolsas de ar, o que seria prejudicial para a germinação da semente. Dependendo do tipo de solo, pode-se utilizar disco de corte liso, ondulado, estriado. Relatam ainda que a função das rodas compactadoras é de promover contato entre solo e a semente.

Chang e Donald (1986) testaram diferentes formas de discos para corte de resíduos de milho em duas profundidades e três teores de água. Para uma profundidade de trabalho de 0,076 m, eles requereram valores médios para a força horizontal de 321 N e de 1045 N para a força vertical. Os autores concluíram que a forma e o diâmetro dos discos não influenciaram significativamente no corte dos resíduos de milho, e que, tanto a força horizontal como a força vertical aumentou, quando houve incremento das seguintes características de operação: profundidade de trabalho, diâmetro do disco ou resistência à penetração.

Tice e Hendrick (1992) avaliaram as características de operação de discos de corte e concluíram que os discos com larguras pequenas necessitaram de menores forças horizontal e vertical, melhorando ainda quando o ângulo da cunha é pequeno, pelo qual aumenta a eficiência de corte.

Kushwaha et al. (1993) afirmaram que a velocidade de operação, no corte da palha, não apresentou diferença significativa nos requerimentos de força e nem mesmo na eficiência de corte. Kushwaha et al. (1986) fizeram testes em caixa de solo, com palhicho de trigo, encontrando que o processo de corte foi influenciado pelo diâmetro do disco, profundidade de trabalho, teor de água, índice de cone do solo, densidade e umidade do palhicho. O melhor comportamento foi atribuído para o disco de 0,46 m de diâmetro, com profundidades de trabalho de 0,05 a 0,07 m, conseguindo-se uma eficiência de 100%. A força vertical, reportada para o corte de palhicho de trigo no solo foi de 35 e 200 N. Já a força

horizontal apresentou valores de 30 e 100 N. Comparando-se os dois últimos trabalhos apresentados por Chang e Donald (1986) e Kushwaha et al. (1986), observou-se uma grande variação nos resultados e nas forças horizontal e vertical, sendo que uma possível explicação para esta divergência seria a influência dos diferentes equipamentos de avaliação utilizados.

2.4 Uniformidade de semeadura

Segundo Delafosse (1986), a qualidade da semeadura fica comprometida à medida que se aumenta a velocidade de deslocamento, associando tal fato às características dos sistemas de dosagem de sementes e fertilizantes, aos mecanismos sulcadores e de corte da palha, e às condições de preparo do solo. O autor afirma que a qualidade da semeadura interfere no desenvolvimento das culturas, seja por disponibilidade água, luz ou nutrientes, reduzindo a produtividade.

A emergência de plantas é afetada pela evaporação da água do solo, como foi observado por Baker (1976); Choudhary e Baker (1982); Tessier et al. (1991 a, 1991 b); Mead et al., (1992). Estes autores verificaram que um dos fatores que mais influenciam a perda de água pelo solo, na maioria dos estudos, foi a maior mobilização do mesmo pelos mecanismos de abertura de sulco.

Márquez (2004) relata que a qualidade da semeadura é obtida pela combinação de inúmeros fatores, dentre eles, o adequado preparo do sulco de semeadura, a cobertura das sementes e o contato com o solo e a água, a localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura e o espaçamento entre linhas.

As semeadoras-adubadoras de plantio direto, conforme Casão Júnior et al. (1998), têm apresentado problemas de desempenho em solos com altos teores de argila, enfatizando que a alta resistência à penetração dos componentes rompedores, associada à sua grande retenção de água, tem exigido constantes adaptações das máquinas à realidade regional, recomendando a utilização da haste sulcadora nos solos com alta resistência superficial, mas que o projeto dessas máquinas deve ser otimizado, no sentido de reduzir a área mobilizada no sulco.

Para Araújo et al. (1999) o teor de água foi o agente mais importante na definição da demanda de força de tração e de potência da semeadora nos diferentes solos estudados, salientando ser fundamental o conhecimento do teor de água do solo no momento da semeadura, além da configuração da semeadora.

2.5 Ferramentas agrícolas de corte do solo

Choi e Herbach (1986) utilizaram o pêndulo de Charpy e discos lisos de corte de rolamento para estudarem o comportamento dos colmos de milho ao corte. Os autores observaram que o conteúdo de água dos colmos de milho exerceu significativo efeito na percentagem de colmos cortados pelo disco, tendo um pequeno efeito na energia de corte, obtido pelo ensaio com o dispositivo pendular. Colmos úmidos tendem a serem mais difíceis de cortar pelo disco liso que os colmos secos. Afirmaram, também, que os colmos de milho tendem a ficar mais duros e mais resistentes à flexão com o decréscimo de sua umidade.

Os mecanismos de abertura de sulco do tipo discos são mais indicados para solos em que a cobertura vegetal permanece na superfície. Kepner et al. (1972) mencionam que os discos simples são os mais indicados para maior penetração no solo e corte dos restos culturais quando comparados aos discos duplos, sendo que este último é mais utilizado para profundidade de semeadura médias e rasas.

Entre os diferentes mecanismos de abertura de sulco, os discos triplos são os mais usados para a semeadura em condições com preparo convencional, devido ao desenho e menor mobilização do solo (KRALL et al., 1979; OZMERI, 1986; TAJJUDDIN e BALASUBRAMANIAM, 1995). Entretanto para o plantio direto, o desempenho não é satisfatório devido à presença de restos culturais na superfície (BAKER, 1976; CHOUDHARY e BAKER, 1982; WILKINS et al. 1983; CHOUDHARY et al., 1985; CHAUDHRY e BAKER, 1988) e dificuldades de penetração (BAKER, 1976). Para Choudhary e Baker (1982) o desempenho do disco triplo é influenciado pela variação do teor de água no solo. Wilkins et al. (1983) relataram que os mecanismos de abertura de sulco do

tipo disco afetaram a emergência de plantas ocasionadas pela cobertura com solo seco próximo à semente.

Outro fator que pode ser considerado na operação de semeadura e adubação é a distância entre o disco de corte e o sulcador que deposita o fertilizante em torno de 100 mm, apresentando bom desempenho, não sendo identificado pontos de embuchamento na máquina, exceção feita quando a palha da cultura do milho não estava distribuída uniformemente pelo picador da colhedora (CASÃO JUNIOR et al., 1998).

Para Wilkins et al. (1983), os discos duplos e simples transportam o solo seco da superfície para dentro do sulco, na região próxima às sementes; as hastes deslocam o solo úmido do fundo do sulco para perto das sementes, além de lançarem solo para fora e lateralmente ao sulco.

A semeadura deve ser realizada quando o solo se encontra no estágio de friabilidade com teores de água no solo que resultem em boa capacidade operacional de trabalho (GASSEN e GASSEN, 1996). A semeadura, realizada quando o solo encontra-se com excesso de água, pode causar compactação e, conseqüente, redução na infiltração de água. Quando a semeadura é realizada em solo seco, obtém-se menor eficiência dos dispositivos sulcadores, ocasionando uma compactação deficiente, diminuindo desta forma o contato solo-semente.

Reis et al. (2004) estudando o efeito do teor de água do solo e tipos de mecanismos de abertura do sulco no desenvolvimento inicial da cultura do milho, verificaram que o mecanismo de abertura do sulco tipo disco duplo proporcionou maiores valores de profundidade de plantio nos maiores teores de água e menor percentagem de emergência.

Conforme Iqbal et al. (1998), a compactação das paredes laterais do sulco de semeadura, proporcionada pelos discos duplos em solos argilosos, úmidos e compactados, representa uma limitação, observando-se que à medida que aumenta o teor de água do solo, aumenta a compactação lateral dos sulcos.

O desempenho de semeadoras em solos argilosos foi estudado por Casão Júnior et al. (2000), que observaram que os resultados da força específica média evidenciam uma correlação positiva entre a força específica e a consistência do solo, fazendo com que os componentes de abertura de sulco da semeadora demandassem mais energia para

promover sua ruptura, devido às deformações promovidas pelo efeito de plasticidade do mesmo, sendo que o aumento do teor de água induziu ao aumento na força de tração.

Segundo Faganello et al. (1992), as semeadoras de plantio direto podem apresentar discos de corte de diferentes diâmetros e formatos, que têm a função de cortar os restos culturais e abrir um sulco, facilitando a ação dos mecanismos depositórios de fertilizantes e/ou sementes. Contudo, os mecanismos normalmente utilizados nas semeadoras nacionais de plantio direto, são ineficientes para operarem nas diferentes condições de solos e restos culturais, necessitando, portanto, do desenvolvimento de mecanismos de abertura de sulco mais eficientes. O autor salienta que os discos planos e corrugados cortam melhor os restos culturais depositados na superfície do solo e demandam menor peso para penetração, contrastando com os discos estriados e ondulados que possuem maior superfície específica, contudo, estão menos sujeitos ao deslizamento.

Siqueira e Casão Júnior (2004) relatam que os discos estriados e corrugados possuem ranhuras/estrias no disco e borda lisa e afiada, proporcionando o aumento da aderência do disco ao solo e reduzindo seu deslizamento. Os discos ondulados apresentam maior superfície de contato e, com isso, necessitam de maior peso para penetração e, ao cortar o material, abrem sulcos mais largos mobilizando maior volume de solo.

De acordo com Dickey (1992), os discos de corte se destinam primeiramente ao corte dos resíduos vegetais e não ao preparo de solo. O autor afirma que, geralmente, os discos estriados largos ou os ondulados aumentam a ação de preparo (mobilização) do leito da semeadura, requerendo maior peso para penetração no solo (178 a 267 N por disco). O autor salienta ainda que discos mais largos requerem menor velocidade de deslocamento e recomenda que os discos não ultrapassem uma polegada de largura de corte.

Ao estudar o desempenho de discos de corte acoplados a sulcadores, Benez et al. (1979) concluíram que a utilização dos mecanismos de corte foi altamente eficiente na abertura de sulcos, não sendo influenciado pela cobertura vegetal, ao passo que sem os discos de corte ocorreu alto grau de embuchamento em solos com densa cobertura vegetal.

Harrison (1977) conduziu estudos de campo, usando discos esféricos de 508 mm, montados na vertical para medir forças em duas profundidades: 0,05 e 0,076 m. O

autor verificou que com o aumento na profundidade de corte do solo, ocorreu um incremento de força horizontal da ordem de 42%, de força vertical de 31% e de força lateral de 29%.

Silva (2007) ao avaliar os discos de corte ondulado (402 mm) liso (381 mm) e estriado (355 mm) verificou que os tratamentos com o disco de corte ondulado obtiveram os maiores valores de área de solo mobilizado, força horizontal, força vertical e força horizontal por profundidade de corte dos discos (força específica); e menores valores de força horizontal por área de solo mobilizado e profundidade de corte dos discos.

Em condições de campo e de laboratório, Munkholm et al. (2003) avaliaram por meio da resistência à penetração e da densidade do solo na região próxima à semente, o efeito temporal (três anos após o início do plantio direto) e espacial de elementos de corte (disco simples e lâminas de corte). Os autores verificaram que, independentemente do elemento de corte, ocorreu uma leve compactação na camada do solo abaixo da profundidade de semeadura. No entanto, a lâmina proporcionou ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas e, por outro lado, o uso de disco de corte, tanto em laboratório quanto em campo, indicou um efeito direto de compactação no sulco de semeadura. Ressaltaram também que havia evidências que sugeriam que eventualmente seria necessário um preparo vertical do solo abaixo da camada onde atuavam os elementos de corte.

Smith et al. (1967) relatam que o comportamento dos dispositivos de abertura de sulcos do tipo discos com formato ondulado, à medida que a profundidade de trabalho aumenta, a necessidade de energia para tração por unidade de volume também aumenta. Esse aumento é atribuído ao aumento na área de contato entre o disco de corte e o solo, ocasionando maior requerimento de energia. Os autores afirmam que discos de corte planos, com diferentes diâmetros, são os mais comuns em projetos de semeadoras, salientando que as semeadoras devem permitir adição de peso extra para obter penetração em solos não mobilizados.

Kushwaha et al. (1986) avaliaram nove discos diferentes em condições de laboratório sem palha, concluindo que a penetração do disco no solo é diretamente proporcional ao seu diâmetro e inversamente proporcional a força vertical.

Mahl (2006), analisando o efeito de diferentes discos de corte de uma semeadora-adubadora, na cultura do milho, observou que o uso de discos lisos e ondulados proporcionaram, respectivamente, 28 e 24% a mais de produtividade de grãos de milho em

relação ao uso de discos recortados. A autora afirma ainda que a menor produtividade obtida com o uso do disco de corte recortado está diretamente associada ao menor estande de plantas e ainda à menor área de solo mobilizada, provenientes do uso deste tipo de disco.

Em condições de laboratório, Gebresenbet e Jönsson (1992) concluíram que a profundidade do disco de corte não é constante e que, em condições de campo, ocorre flutuação nos diferentes tipos de disco, resultando em variação na germinação e número de plantas por área.

Para Ribeiro et al. (1999), um corte eficaz da palha está relacionado às condições do solo, da palha e da própria semeadora, sendo que um corte ineficiente acarretará em embuchamento da máquina, causando problemas na deposição de sementes e abertura de sulco.

2.6 Mobilização e cobertura do solo

Conforme Araújo et al. (2001), quanto maior o teor de argila e de água no solo, na operação de semeadura, maior é a aderência do mesmo nos sulcadores (independentemente de seu tipo), fato este responsável pela abertura de sulcos mais largos, aumentando a mobilização do solo e a possibilidade de ocorrência de embuchamentos. Os autores afirmaram que as hastes sulcadoras, em relação aos discos duplos, promovem maior mobilização de solo nos sulcos de semeadura, aumentando a incidência de plantas daninhas, possibilidade de falhas no aterramento do sulco e ocorrência de erosão.

Cepik (2006) testando hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras verificou que a mobilização do solo efetuada pelo sulcador foi influenciada pelas doses de resíduos, sendo a maior área de solo mobilizado com doses maiores de resíduos culturais.

Coelho (1998), testando diferentes combinações de sulcadores para fertilizantes e sementes em solo Argissolo Vermelho Escuro Eutrófico, conduzido sob (SPD), avaliou a área de secção transversal mobilizada, através de um microperfilômetro composto de 45 hastes espaçadas de 10 mm. O autor observou que os elementos sulcadores e cortadores de palha compostos por discos, apresentaram menor mobilização de solo na operação de sulcamento em relação aos sulcadores compostos por hastes.

Araújo et al. (2000) avaliaram em Nitossolo, a profundidade e a área mobilizada de solo no sulco, a profundidade de deposição de sementes de soja e milho, semeadas com quatro diferentes semeadoras diretas comerciais, equipadas com sulcadores tipo haste com diferentes características de projeto, em duas velocidades de deslocamento. Os discos de corte utilizados foram do tipo lisos com diâmetros variáveis; os sulcadores para fertilizantes foram do tipo haste com variações na largura da ponteira e, o sulcador de sementes foi do tipo disco duplo desencontrado com variações no diâmetro. Os autores concluíram que o desempenho dos sulcadores foi diferenciado quanto à mobilização do solo e que a interação entre a velocidade e a semeadora, influenciou a profundidade do sulco e a área de solo mobilizada para a cultura da soja.

Mion e Benez (2007) testando cinco mecanismos de abertura de sulco (disco liso, disco corrugado, disco ondulado, disco duplo e haste sulcadora) e quatro cargas verticais (750, 1500, 2250 e 3000 N), verificaram que em relação aos mecanismos de discos, o ondulado mobilizou maior área quando comparado aos demais devido à área de contato solo-ferramenta, necessitando de maior peso para cortar o material da superfície do solo, resultando em sulcos mais largos e com conseqüente aumento na área e volume de solo mobilizado.

Araújo et al. (2001) constataram que, quando o volume de palha na superfície é grande, ou seja, acima de 6 Mg ha^{-1} e o espaçamento entre as linhas de plantio é reduzido (menor ou igual a 500 mm), aumenta a possibilidade de embuchamento, principalmente quando se utilizam sulcadores de haste.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em área pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, na Fazenda Experimental Lageado (Botucatu, SP), no ano de 2008.

A área se localiza geograficamente entre as coordenadas 22° 41' Latitude Sul e 48° 34' de Longitude Oeste, altitude média de 770 m e declividade média de 10% sendo o clima classificado no sistema Köopen, como Cwb.

O experimento foi instalado em área mantida sob plantio direto em esquema de sucessão de culturas, sendo cultivada, predominantemente com aveia preta no inverno e, em determinados anos, triticales, e no verão culturas anuais (milho ou soja). O início do experimento se deu no período de colheita da cultura da aveia preta.

3.2 Caracterização do solo

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico conforme nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2006).

Para a caracterização física foram coletadas amostras de solo, Tabela 1 compostas de 20 amostras simples nas camadas de 0-0,10 e 0-0,20 m utilizando-se um trado tipo sonda. Essas amostras foram homogeneizadas em balde e acondicionadas para análise granulométrica no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas, conforme metodologia da Embrapa (1997).

Para determinação da densidade do solo foram retiradas 40 amostras na forma de torrão na profundidade de 0-0,10 m, utilizando um enxadão e acondicionando-se em sacos plásticos. Concomitantemente, retiraram-se 40 amostras para determinação do teor de água do solo. Estas foram acondicionadas em cápsulas de alumínio numeradas e lacradas com fita adesiva. Ambas foram enviadas para o Laboratório de Análise Física do Departamento de Engenharia Rural da FCA/Botucatu, onde a densidade foi obtida pelo método do torrão parafinado, de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análises do Solo-Embrapa (1979), e o teor de água do solo foi determinado pelo método gravimétrico conforme Embrapa (1979). Os dados de textura e densidade do solo e teor de águas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição granulométrica, textura e densidade do solo e teor de água.

Prof. m	Composição granulométrica da terra fina					Textura do solo	Densidade do solo	Teor de água
	AG (2,00-0,05 mm)	AF (0,25-0,10 mm)	Areia (2,00-0,05 mm)	Silte (0,05- 0,002 mm)	Argila (<0,002 mm)			
	g kg ⁻¹						g cm ⁻³	%
0-0,10	20	83	103	567	330	Argilosa	1,24	30,84
0,10-0,20	17	70	87	588	325	Argilosa	-----	-----

AG-areia grossa; AF- areia fina

O levantamento da resistência mecânica do solo à penetração, para fins de caracterização da área, foi realizado com um penetrômetro hidráulico-eletrônico, desenvolvido no NEMPA - Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas do Departamento de Engenharia Rural, da FCA/UNESP, Campus de Botucatu/SP. O equipamento é constituído de cilindro hidráulico, haste com cone sólido na ponta obedecendo as características estruturais e operacionais definidas pela norma ASAE S313.3 (1999). A haste está conectada a uma célula de carga com capacidade de 20000N e a um sensor de profundidade do tipo potenciométrico, ambos conectados a um sistema eletrônico de aquisição

e armazenamento de dados composto por um Microllogger CR23X, da Campbell Cientific. O penetrômetro está instalado sobre uma Unidade Móvel de Amostragem do Solo (UMAS). Como fonte de potência, o equipamento utiliza a tomada do controle remoto do trator agrícola.

A grade amostral do índice de cone (IC) foi realizada com 4 amostras por parcela, na profundidade de 0-0,10m.

Concomitantemente foram retiradas amostras de solo para determinação dos teores de água nas profundidades de 0-0,10 m, pelo método gravimétrico conforme Embrapa (1979). Os dados de resistência à penetração juntamente com os teores de água estão representados na Tabela 2.

Tabela 2. Resistência à penetração e teor de água no solo na camada de 0-0,10 cm, em função das quantidades de palhada.

Quantidade de palhada	Resistência à penetração	Teor de Água
-----Mg ha ⁻¹ -----	-----Mpa-----	-----%-----
0	2,85	20,20
1	2,91	22,67
2	2,82	24,05
4	2,61	24,23
6	2,79	25,01

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas por 5 diferentes quantidades de aveia aplicadas sobre o solo (0; 1; 2; 4 e 6 Mg ha⁻¹) e as subparcelas de 3 mecanismos de corte da semeadora (disco liso, estriado e ondulado). O croqui da área experimental é apresentado na Figura 1.



Figura 1. Croqui da área experimental.

Foram utilizados três discos de corte comerciais da empresa Marchesan de 508 mm de diâmetro e 4,5 mm de espessura, e ângulos de corte de 10,8°; 11° e 10°, para os discos lisos, estriados e ondulados respectivamente, com peso unitário aproximado de 70 N(Figura 2).



Figura 2. Discos utilizados no experimento.

Para compor as quantidades de palhada utilizaram-se os resíduos da cultura da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb).

3.4 Instalação e execução do ensaio experimental

Antecedendo o ensaio, foi realizada a colheita da cultura da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) por uma colhedora de grãos, marca Massey Ferguson, modelo MF 1630 com plataforma de 3,9 m de largura, composta por picador e distribuidor de palha e massa total de 54590 N.

Na parte posterior do mecanismo picador de palhas da colhedora foi acoplado um dispositivo para coleta do material, que consistiu de uma manta telada de alta

resistência, costurada, formando-se um saco como reservatório da massa expulsa pelo mecanismo. A escolha deste material teve por finalidade permitir a saída do ar, com volume suficiente para coleta de aproximadamente 170 kg de massa e comprimento que não promovesse o estrangulamento e não interferisse no processamento (Figura 3a). Este mecanismo permitiu a coleta em quantidade total aproximada de 1,5 Mg, suficiente para a necessidade do experimento, sendo posteriormente transportada (Figura 3b) e depositada (Figura 3c) em terreiro, iniciando assim o processo de desidratação, finalizado após 15 dias de intensa insolação.



Figura 3. a - Saco telado acoplado ao picador de palhas; b - transporte da massa c - secagem da massa colhida

Realizou-se em seguida o ensacamento da massa, pesagem e armazenando em ambiente protegido nos níveis pré-definidos (0; 1; 2; 4 e 6 Mg ha⁻¹).

A palhada remanescente na superfície da área experimental foi removida por um ancinho de rotor dentado acoplado a um trator. Com a área devidamente limpa determinou-se à declividade média em 4 pontos equidistantes através de um nível óptico e uma régua topográfica.

As parcelas foram demarcadas em formato retangular com 6 m de largura por 20 m de comprimento perfazendo uma área por parcela de 120 m². Entre parcelas, no sentido longitudinal, foi mantido um carreador de 5 m para manobras e estabilização do conjunto trator-equipamento antes do início da aquisição de dados. No sentido transversal manteve-se 1 m entre parcelas.

O espalhamento manual da palha, nas parcelas, ocorreu após 10 dias do armazenamento, nas quantidades de cobertura definidos anteriormente, de maneira uniforme.

Para a obtenção dos dados de força foi utilizado um equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo, desenvolvido por Mion (2002), que tem as seguintes dimensões: 1,24 m de comprimento, 0,98 m de largura e 1,28 m de altura, e peso total de, aproximadamente, 4000 N. Este equipamento foi acoplado e nivelado no sistema de engate de 3 pontos do trator John Deere, modelo 6600, motor de 6 cilindros, potência no motor de 89 kw (121cv) a 2100 rpm, peso total 49300N, com tração dianteira auxiliar (TDA), conforme Figura 4.



Figura 4. Vista do equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo.

Para mensurar as forças dos mecanismos de corte de palha, foi utilizado um dinamômetro marca MSI (Micro Sensores Industriais), equipado com extensômetros elétricos de resistência, com as seguintes dimensões: 400x400x400 mm e peso

total de 800N (Figura 5). Estes extensômetros são ligados em pontes de wheatstone, uma para cada força medida e momento, ou seja, F_x , F_y , F_z , M_y , M_z . A capacidade de carga do dinamômetro é de 25000 N para cada variável. Os sinais gerados pelos sensores foram armazenados e monitorados por um sistema de aquisição de dados fabricados pela Campbell Scientific, Inc. modelo 'Micrologger CR 23 X'.

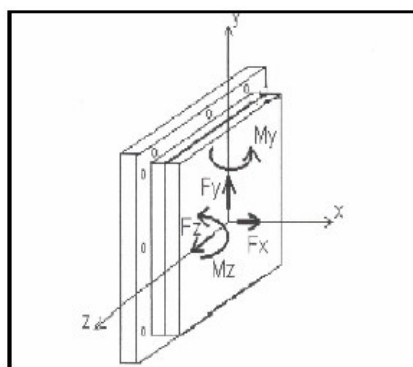


Figura 5. Esquema do Dinamômetro Ortogonal (Fonte: Mion, 2002).

As forças horizontal, vertical e lateral do dinamômetro e momento da força estavam calibradas, conforme descrito Mion (2002).

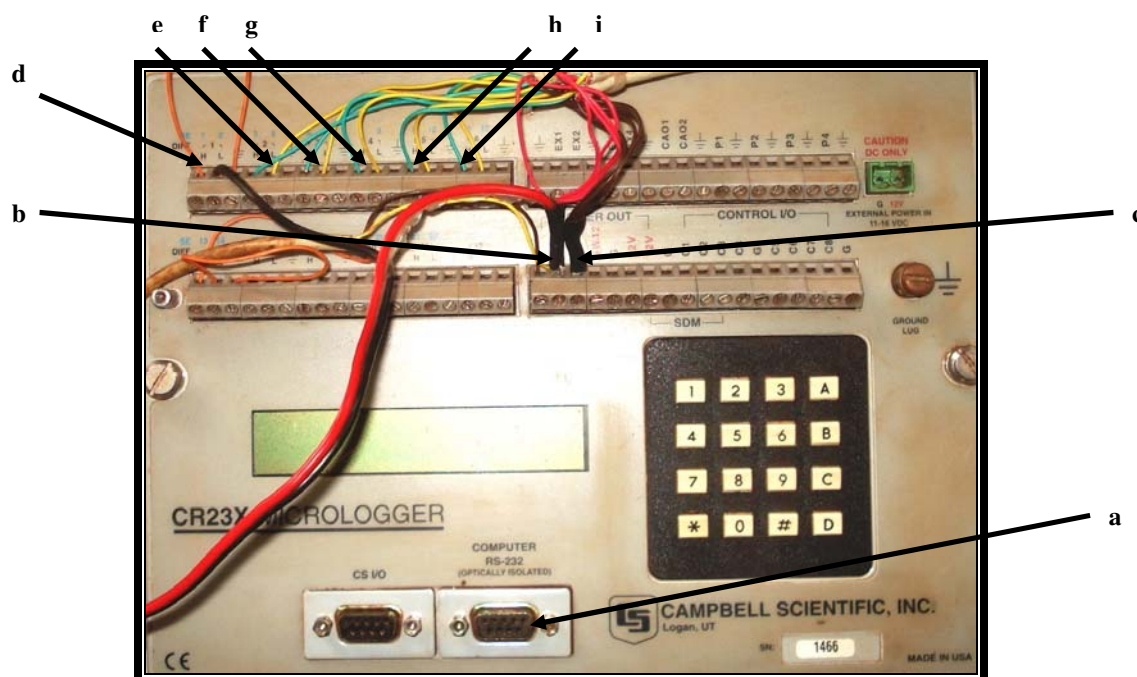
O sistema de aquisição de dados possibilita executar medições dos mais variados tipos de sensores, registrando e armazenando seus resultados. Estes dados podem ser transferidos através de uma porta serial para um microcomputador.

Através de uma programação pré-estabelecida no programa PC208W, o sistema de aquisição de dados, com o programa em sua memória ou ainda compartilhado com um computador, possibilita monitorar e gravar, continuamente, os sinais gerados pelos sensores do tipo analógico (dinamômetro).

As instruções específicas para coletas dos dados de força foram enviadas para o programa, sendo configurada a frequência de 2 Hz para aquisição de dados, devido ao tamanho da parcela, quantidade de dados e segurança na coleta. As ligações físicas foram conectadas de acordo com o seguinte esquema:

- Os cabos receptores das conexões externas da célula ortogonal foram ligados no canal 2(F_x),3(F_y),4(F_z), M_y (5) e M_z (6), seguindo a ordem: Verde nos canais 'H' e Amarelo nos canais 'L';

- Os cabos vermelhos do acionamento de coleta de dados, 'on' e 'off' e das conexões da célula ortogonal, foram ligados no conector POWER OUT em 5V.
- Os cabos pretos das conexões da célula ortogonal, foram ligados no conector POWER OUT em G (Ground), sendo que o cabo do acionamento de coleta de dados foi conectado no canal 1 'L'. O esquema de ligações no painel do micrologger esta apresentado na Figura 6.



a – Comunicação com o Computador (porta serial) ; b – cabos vermelhos: conector POWER OUT em 5V ; c – cabos pretos: conector POWER OUT em G (Ground) das conexões da célula ortogonal ; d – canal 1: cabo preto do acionamento de coleta de dados ; e – canal 2 (Fx); f – canal 3 (Fy); g – canal 4 (Fz); h – canal 5 (My); i – canal 6 (Mz).

Figura 6. Posição dos cabos no painel do micrologger e identificação dos canais.

Uma semana após a aplicação da palha, foram realizados testes preliminares em área adjacente ao experimento, com o equipamento acoplado e nivelado no sistema de engate de 3 pontos do trator, por meio do conjunto torre-braços articulados. Após a retirada das rodas metálicas, ajustou-se a profundidade de corte dos discos. A velocidade de deslocamento do conjunto (trator + equipamento) foi definida conforme escalonamento de marchas do trator utilizado (John Deere 6600). Desta forma, utilizou-se a marcha 1B na rotação de 2100 rpm para obtenção de velocidade de 4,5 km/h.

Com o sistema de aquisição de dados devidamente instalado e colocado na parte traseira superior do trator, procedeu-se o deslocamento do conjunto (trator + equipamento), antecedendo aproximadamente 10 m do marco inicial da primeira parcela com o primeiro disco (liso) fixado a barra porta ferramenta do equipamento e na profundidade de corte definida anteriormente. Em seguida foram utilizados os discos ondulado e estriado, respectivamente. Foram registradas pelo sistema de aquisição de dados as forças e instantaneamente o tempo de deslocamento nas respectivas parcelas.

3.5 Variáveis avaliadas

3.5.1. Taxa de cobertura do solo pela palhada

Após a aplicação da palha determinou-se a taxa de cobertura do solo através da análise de imagem digital. Uma câmera digital Sony DSC-W30 6.0 mega pixels foi fixada na extremidade de uma estrutura na forma de um “L” invertido para que as imagens fossem obtidas paralelas à superfície da palhada, na mesma altura (1,6m).

As imagens foram descarregadas em um computador e cada uma dessas figuras foi analisada no programa Corel Photo Paint v.10.410 que permite contar o número de pontos (pixels) de uma determinada cor (e suas tonalidades) existentes na imagem.

Selecionando o número de pixels palha na imagem, foi possível determinar a porcentagem de cobertura nos níveis definidos, conforme metodologia citada por Godoy (2005).

3.5.2 Teor de água no solo

Para determinação dos teores de água no solo no momento do ensaio foram coletadas amostras na profundidade de 0-0,10 m, utilizando-se o método gravimétrico conforme Embrapa (1979).

3.5.3 Velocidade de deslocamento

A velocidade média de deslocamento foi obtida pelo método indireto através da frequência de aquisição (2 Hz) do coletor de dados, sendo de dois registros por segundo. O tempo gasto para percorrer cada parcela correspondeu ao número de registros obtidos, que foram armazenados no intervalo de 0,5 s cada, sendo a velocidade média de deslocamento calculada pela Equação 1:

$$Vel = (L.t^{-1}).3,6 \quad (1)$$

Onde:

Vel = velocidade de deslocamento (km h^{-1})

L = comprimento da parcela (20 m)

t = tempo gasto para percorrer a parcela (s)

3,6 = constante

3.5.4 Determinação da área mobilizada e profundidade de penetração dos discos

Para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade dos discos foi utilizado um perfilômetro de varetas, descrito por Mahl (2002), composto por 37 hastes de 0,5 m, espaçadas de 0,015 m (Figura 7).

Logo após a passagem dos discos, marcou-se o perfil da superfície do solo em folhas sulfite tamanho A3, com o uso de canetas porosas, virando-se em seguida o perfilômetro num ângulo de 90°, mantendo-se a base fixa ao solo, para a retirada manual do solo mobilizado no sulco e, voltando-se novamente o perfilômetro na posição vertical, remarcou-se o perfil do sulco na mesma folha.

Para determinar a área de solo mobilizado, traçou-se uma linha ligando as extremidades dos pontos coletados em cada folha, que forneceram o perfil natural do solo em cada linha de semeadura. A área de solo mobilizado correspondeu à área existente entre a união dos pontos demarcados após a abertura do sulco e a linha que representou o perfil natural do solo em cada linha de semeadura e foi obtida através de digitalização em escala real

por uma mesa digitalizadora, sendo codificada e calculada em unidade de cm^2 pelo programa computacional SPLAN – Sistema de Planimetria, desenvolvido pelo STI – Serviço Técnico de Informática, na FCA/UNESP.



Figura 7. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade do corte do disco.

3.5.5 Profundidade de corte dos discos

A profundidade de penetração dos discos foi obtida do perfil demarcado no perfilômetro, correspondendo à medida em centímetros obtida como uso de uma régua graduada em milímetros, entre a linha que representou o perfil natural do solo e o ponto extremo do sulco aberto.

3.5.6 Força horizontal (F_x), vertical (F_y), lateral (F_z), momento transversal (M_y) e longitudinal (M_z).

Para a obtenção das forças, o dinamômetro foi alimentado com uma tensão constante de 5 Volts proveniente de um circuito regulador de tensão conectado a bateria do “micrologger”, através de cabo elétrico.

A determinação das variáveis foi calculada através da média aritmética de todos os valores armazenados em cada parcela pelo número de dados que foram coletados de acordo com a frequência utilizada nos sensores.

3.5.7 Força horizontal por área de solo mobilizado (resistência específica).

Para a determinação da força horizontal por área de solo mobilizado, foi utilizada a razão entre a média da força horizontal requerida em cada tratamento dividido pela média da área de solo mobilizado (Equação 2).

$$Re = Fx/Am \quad (2)$$

Onde:

Re = resistência específica ($N\ cm^{-2}$);

Fx = força horizontal média (N);

Am = área mobilizada (cm^2).

3.5.8 Força horizontal específica

Para determinação deste parâmetro foi utilizado o produto da divisão dos valores médios da força horizontal requerida por cada tratamento e a média da profundidade de trabalho dos discos (Equação 3).

$$Fxe = Fx/P \quad (3)$$

Onde:

Fhe = força horizontal específica ($N\ cm^{-1}$);

Fx = força horizontal (N);

P = profundidade de trabalho (cm).

3. 8 Análise estatística

Após a coleta dos dados, foram realizadas análises estatísticas por meio do programa SISVAR, e quando houve diferença significativa, foi estudado o fator mecanismo de corte pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e o fator níveis de cobertura do solo pela análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porcentagem de cobertura vegetal do solo

Houve aumento da taxa de cobertura do solo com a adição das diferentes quantidades de palhada, demonstrando que o tamanho e a forma de distribuição das mesmas sobre a superfície do solo proporcionaram uma boa cobertura da área. A máxima taxa de cobertura foi de 96,25% quando foi aplicado 6 Mg ha⁻¹ da palhada de aveia preta (Figura 8)

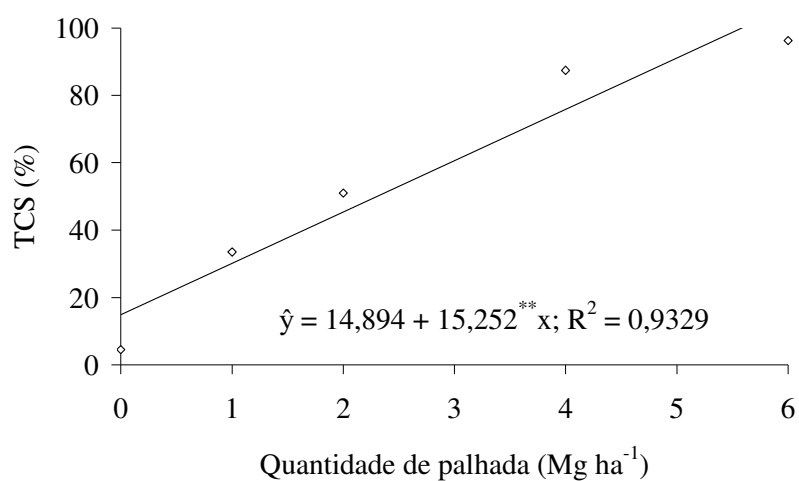


Figura 8. Taxa de cobertura do solo em função da quantidade de palhada aplicada.

Pode-se observar na Figura 9 que a aplicação de apenas 1 Mg ha⁻¹ proporcionou mais de 30% de taxa de cobertura, podendo ser considerado um sistema conservacionista de acordo com ASAE (1996).

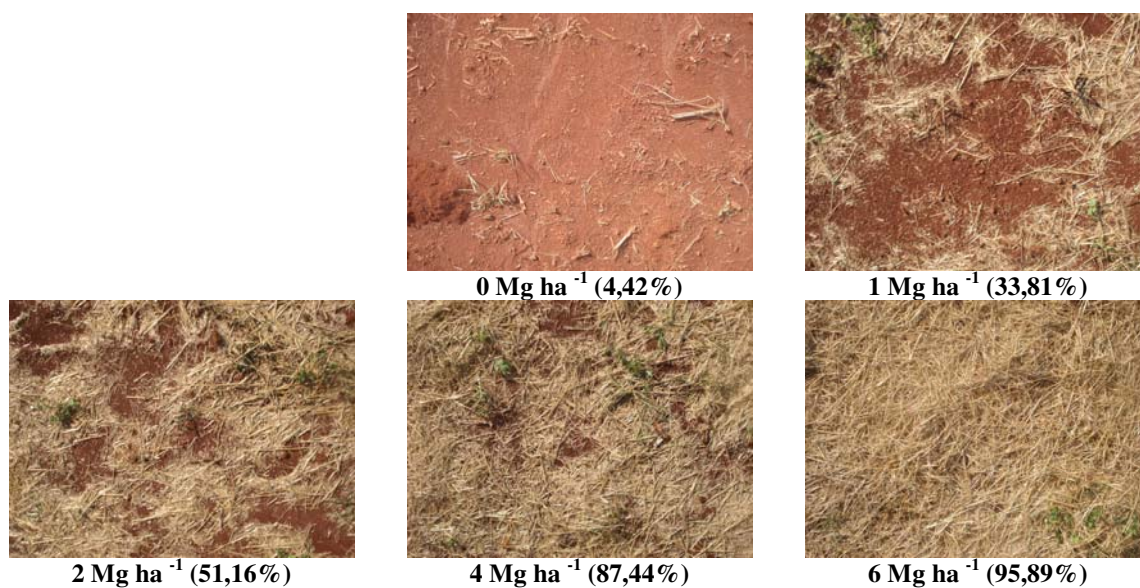


Figura 9. Taxa de cobertura nas diferentes quantidades de palhada.

4.2 Teor de água do solo

Em função das diferentes quantidades de palhada, houve aumento do teor de água no solo na camada de 0-0,10m. O máximo teor de água foi de 24,75% com a aplicação de 6 Mg ha⁻¹ (Figura 10). Silva (2007) com uma quantidade de aproximadamente 7 Mg ha⁻¹ de palhada de aveia preta verificou uma umidade média no solo de 25,10%.

Dados de demanda energética são diretamente proporcionais ao teor de água no solo. Para Araújo et al. (1999) o teor de água foi o agente mais importante na definição da demanda de força de tração e de potência da semeadora em diferentes solos estudados, salientando ser fundamental o conhecimento do teor de água do solo no momento da semeadura, além da configuração da semeadora. Casão Júnior et al. (2000) observaram que o aumento do teor de água induziu aumento na força de tração.

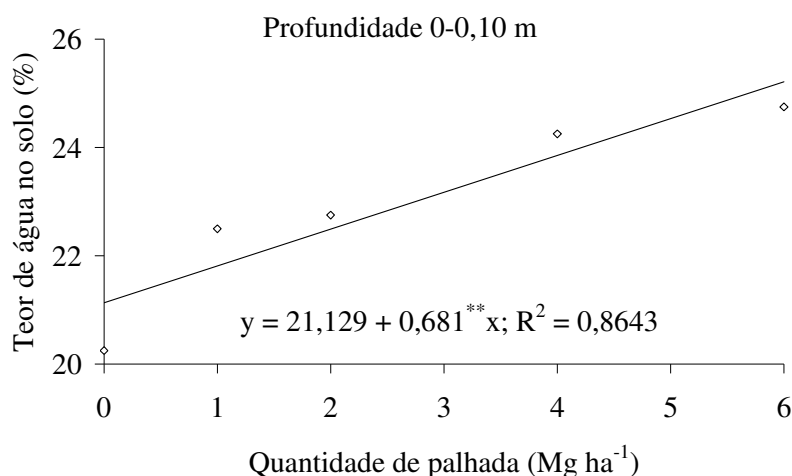


Figura 10. Teor de água no solo em função das doses de palhada.

4.3 Velocidade de deslocamento

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise de variância e a média dos valores da velocidade de deslocamento do conjunto (trator + equipamento) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada. Verifica-se que houve diferença significativa apenas para os discos de corte, não sendo observada a influência da palhada e nem da interação entre estes fatores.

Em relação aos discos de corte, os maiores valores de velocidade foram obtido com os discos liso e estriado. O disco ondulado proporcionou maior resistência ao rolamento diminuindo a velocidade do conjunto. Essa menor velocidade de deslocamento para este disco se deve ao formato da ferramenta, pois discos ondulados possuem maior área de contato com o solo, ou seja, maior superfície específica, provocando uma maior resistência ao rolamento. Como apresentam maior superfície específica, os discos ondulados estão menos sujeitos ao deslizamento (FAGANELLO et al., 1992). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2007), ao utilizar disco ondulado de 402 mm comparado com discos liso e estriado de diferentes diâmetros, 381mm e 355 mm, respectivamente. Segundo Dickey (1992) os discos mais largos requerem menor velocidade de deslocamento e não devem ultrapassar 2,5 cm de largura de corte.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e valores médios de velocidade de deslocamento em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Fonte de variação	G.L.	Velocidade de deslocamento		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	0,1114 **		
Palhada	4	0,0007 ns		
Disco x Palhada	8	0,0004 ns		
Bloco	3	0,0079 ns		
Erro 1	12	0,0058		
Erro 2	30	0,0016		
Total	59			
CV1 (%)		1,76		
CV2 (%)		0,94		
Média		4,36		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----km h ⁻¹ -----		
0		4,36	4,42	4,26
1		4,36	4,43	4,29
2		4,38	4,44	4,28
4		4,37	4,42	4,29
6		4,36	4,45	4,29
Média		4,37 a	4,43 a	4,28 b

*, significância a 5 % **, significância a 1% e ns, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.4 Área de solo mobilizada

Na Tabela 4 observa-se que houve influência significativa dos discos de corte e da palhada na área mobilizada de solo, não ocorrendo interação. Nos tratamentos onde se utilizou o disco de corte do tipo ondulado houve menor mobilização de volume de solo, seguido do disco estriado e do liso, independente das doses de palhada utilizada.

Segundo Siqueira e Casão Júnior (2004) os discos ondulados apresentam maior superfície de contato, com isso, necessitam maior peso para penetração e, ao cortar o material, abrem sulcos mais largos mobilizando maior volume de solo. Entretanto, como neste experimento não foi adicionada carga vertical na estrutura do equipamento a penetração desde disco foi reduzida, ocorrendo assim uma menor mobilização do solo.

Verifica-se na Figura 11 que houve aumento da área mobilizada com o aumento do nível de palhada, independente do disco utilizado. Este maior volume de solo mobilizado com o aumento da palhada pode ser justificado pela maior umidade do solo determinada no dia da instalação do experimento, permitindo maior penetração dos discos. Cepik (2006) avaliando sulcadores, também verificou que maiores quantidades de resíduo resultaram em maiores quantidades de solo mobilizado.

Reis et al. (2004), Ao avaliar diferentes mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta, em três níveis de umidade do solo, concluíram que o mecanismo disco duplo apresentou maior profundidade de sulco na maior umidade de solo observada.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e valores médios de área mobilizada em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Fonte de variação	G.L.	Área mobilizada		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	954,15*		
Palhada	4	705,71*		
Disco x Palhada	8	127,29 ns		
Bloco	3	145,48 ns		
Erro 1	12	160,61		
Erro 2	30	81,13		
Total	59			
CV1 (%)		15,50		
CV2 (%)		11,02		
Média		81,75		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----cm ² -----		
0		69,75	67,75	72,25
1		89,00	67,50	86,25
2		82,75	71,50	88,00
4		99,00	78,75	88,75
6		96,50	84,75	83,75
Média		87,40 a	83,80 a	74,05 b

*, significância a 5 % **, significância a 1% e ns, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto as quantidades de palhada, estas não ofereceram resistência ao corte com relação ao aumento da área mobilizada. Silva (2007), trabalhando com diferentes

coberturas de solo e possuindo para aveia preta uma maior quantidade de massa seca por área, afirmou que esta apresentou facilidade ao corte e manejo.

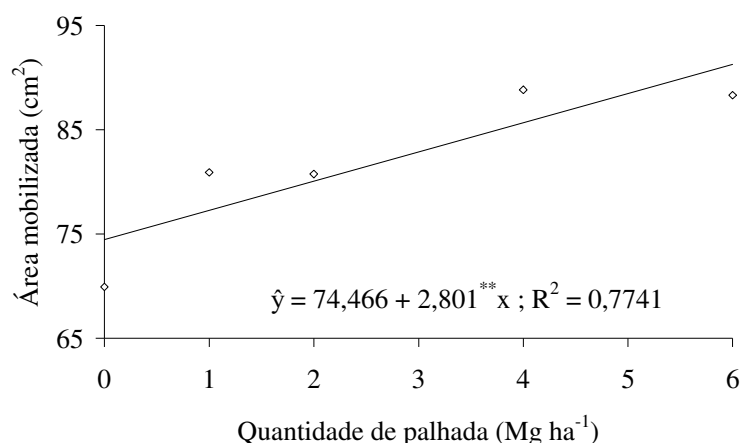


Figura 11. Área mobilizada do solo em função da quantidade de palhada adicionada.

4.5 Profundidade de corte

Na Tabela 5 pode se verificar que o disco liso apresentou significativamente maior profundidade de penetração do que o estriado e ondulado respectivamente. De acordo com Dickey (1992) os discos estriados largos ou os ondulados requerem maior peso para penetração no solo (178 a 267 N por disco). Mion e Benez (2008) utilizando as cargas verticais de 750 e 1500 N verificaram que os discos liso de diâmetro de 381 mm e ondulado de 402 mm proporcionaram maior profundidade de corte. Silva (2007) observou que o disco ondulado obteve os menores valores de profundidade de penetração em relação aos discos liso e estriado, atribuindo esse resultado ao menor ângulo de corte desse disco, aumentando assim o corte da palha.

De acordo com a Figura 12 o disco liso foi o único que apresentou significância com relação à profundidade de corte em função da quantidade de palhada. Houve maior penetração de discos possivelmente pela maior retenção de umidade do solo proporcionada pela palhada adicionada.

Assim como para a área mobilizada a palhada de aveia não ofereceu resistência para penetração do disco no solo.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e valores médios de profundidade de penetração dos discos de corte em centímetro para as diferentes quantidades de palhada.

Fonte de variação	G.L.	Profundidade de corte		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	44,45**		
Palhada	4	1,86 ns		
Disco x Palhada	8	0,97*		
Bloco	3	0,59 ns		
Erro 1	12	1,23		
Erro 2	30	0,99		
Total	59			
CV1 (%)		16,92		
CV2 (%)		15,18		
Média		6,5		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----cm ² -----		
0		6,7 a	6,0 a	5,0 a
1		7,7 a	6,0 a	5,5 a
2		8,7 a	6,2 b	5,2 b
4		8,7 a	6,2 b	5,5 b
6		9,0 a	6,2 b	5,2 b
Média		8,2 a	6,1 b	5,3 b

*, significância a 5 % **, significância a 1% e ns, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

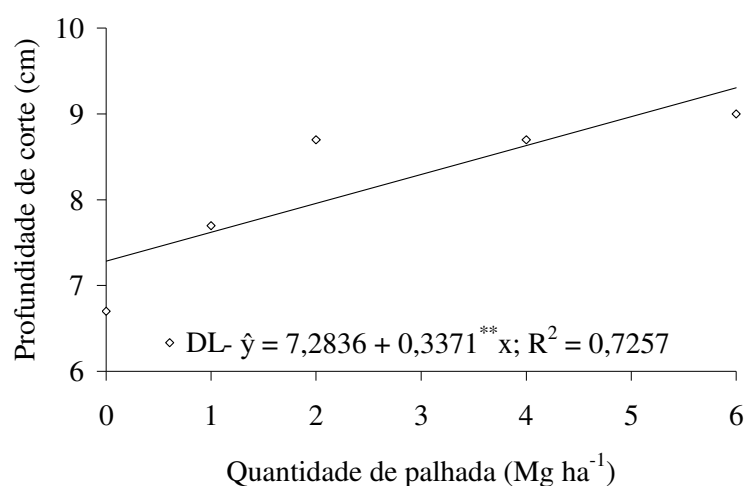


Figura 12. Profundidade de penetração do disco liso (DL) em função da quantidade de palhada.

4.6 Força vertical

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de força vertical (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Tabela 6. Resumo da análise de variância e valores médios de força vertical (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.				
Fonte de variação	G.L.	Força vertical		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	7784580,1**		
Palhada	4	8,77,8 ns		
Disco x Palhada	8	10073,4 ns		
Bloco	3	176658,7 ns		
Erro 1	12	17383,3		
Erro 2	30	22882,2		
Total	59			
CV1 (%)		8,40		
CV2 (%)		9,64		
Média		160,09		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----N-----		
0		851,00	1781,75	2107,25
1		833,25	1776,75	2096,75
2		860,00	1833,50	2001,50
4		867,00	1859,50	1993,75
6		893,75	1785,25	1993,00
Média		861,00 c	1807,35 b	2038,45 a

*, significância a 5 % **, significância a 1% e ns, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Quando se utilizou o mecanismo de abertura do sulco do tipo disco liso foi obtida a menor força vertical em relação aos demais mecanismos (discos estriado e ondulado). O disco ondulado mostrou a maior força, com média de 2038,45 N. Os mesmos resultados foram observados por Silva (2007) quando utilizou uma carga vertical de 1500 N e por Mion e Benez (2008) ao aplicar uma carga vertical de 750 N.

Kushwaha et al. (1986) avaliaram nove discos diferentes em condições de laboratório sem palha, e concluíram que a penetração do disco no solo é diretamente proporcional ao seu diâmetro e inversamente proporcional a força vertical. Dessa forma pode-

se justificar os resultados obtidos, visto que o disco liso proporcionou maior profundidade de penetração e menor força vertical. Portella (1983) observou uma redução de 30% na força unitária vertical com a duplicação da profundidade de trabalho.

O disco liso que apresentou um ângulo de cunha maior do que o disco ondulado e semelhante ao estriado, teve uma maior eficiência no corte necessitando de menores forças verticais.

Possivelmente o resultado obtido neste experimento está relacionado aos diferentes formatos dos discos de corte. A influência de ângulos de cunha menores na eficiência do corte e na redução das forças verticais e horizontais poderia ser mais bem visualizada quando comparados discos de mesmo formato.

Tice e Hendrick (1992) avaliaram as características de operação de discos de corte e observaram que discos com larguras pequenas apresentaram menores forças horizontal e vertical, melhorando ainda quando o ângulo da cunha é pequeno, pelo qual aumenta a eficiência de corte.

4.7 Força lateral

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de análise de variância e valores médios da força lateral para os diferentes discos em função da quantidade de palhada. Verifica-se que houve efeito apenas dos discos, onde a palhada não proporcionou aumento nem diminuição dessa força.

Independente da palhada, o disco liso apresentou valores de força lateral superior aos demais discos utilizados. Provavelmente essa maior força lateral do disco liso se deve a maior profundidade de corte proporcionado pelo mesmo. Os discos estriado e ondulado tiveram comportamento semelhante.

Mion e Benez (2008) também verificaram que os discos liso e ondulado proporcionaram profundidade de corte semelhantes e maiores quando comparado ao disco estriado. Dessa forma pode haver uma relação da força lateral com a profundidade de trabalho do disco, além de se considerar o formato da ferramenta, já que o disco ondulado trabalhando na mesma profundidade do disco liso proporcionou maior força lateral.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e valores médios de força lateral (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Fonte de variação	G.L.	Força lateral		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	18379,85*		
Palhada	4	22429,64 ns		
Disco x Palhada	8	10065,08 ns		
Bloco	3	2766,76 ns		
Erro 1	12	3044,22		
Erro 2	30	1503,12		
Total	59			
CV1 (%)		1,49		
CV2 (%)		1,10		
Média		3526,40		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----N-----		
0		3617,00	3448,75	3466,25
1		3533,75	3578,25	3594,50
2		3476,50	3497,75	3421,00
4		3567,00	3484,00	3510,75
6		3610,00	3564,00	3526,50
Média		3560,85 a	3514,55 b	3503,80 b

**, ns – significância a 1%, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.8 Força horizontal

Os resultados de força horizontal em função dos discos de corte e das quantidades de palhada são apresentados na Tabela 8. Verifica-se que houve influência apenas dos discos de corte, onde os tratamentos com o disco estriado obtiveram o maior requerimento de força horizontal para vencer a resistência do solo, não diferindo porém do disco ondulado.

Harrison (1977), conduzindo estudos de campo, usando discos esféricos, concluiu que com o aumento na profundidade de corte do solo, ocorreu um incremento de força horizontal da ordem de 42%, pois quanto maior a profundidade de trabalho maior a resistência oferecida pelo solo ao equipamento. O disco liso mesmo apresentando maior profundidade de penetração necessitou de menor força horizontal possivelmente pelo desenho do disco e por sua dinâmica no solo ser diferente dos demais.

Mion e Benez (2008) ao utilizarem uma carga vertical de 750 N verificaram que não houve diferença entre o disco liso, estriado e ondulado na força horizontal requerida.

Tabela 8. Resumo da análise de variância e valores médios de força horizontal (N) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Fonte de variação	G.L.	Força horizontal		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	427460,12*		
Palhada	4	54504,02 ns		
Disco x Palhada	8	56156,95 ns		
Bloco	3	461526,48 ns		
Erro 1	12	100672,50		
Erro 2	30	69816,18		
Total	59			
CV1 (%)		6,78		
CV2 (%)		5,65		
Média		4678,13		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----N-----		
0		4549,50	4781,00	4682,50
1		4522,00	5025,75	4811,00
2		4391,50	4916,50	4581,50
4		4537,50	4612,75	4694,75
6		4592,75	4693,00	4780,00
Média		4518,65 b	4805,80 a	4709,95 ab

**, ns – significância a 1%, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.9 Momento transversal (My) e longitudinal (Mz)

Na Tabela 9 são apresentados os resultados da análise de variância e valores médios de momento transversal e longitudinal em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Para o momento transversal, não houve influência dos discos de corte e da quantidade de palhada adicionada sobre o solo. Silva (2007) comparou discos de corte sobre a palhada de aveia preta e verificou que os maiores valores foram obtidos com a utilização do disco de corte liso. O autor atribuiu este fato ao disco liso possuir uma menor

área de contato com o solo, com isso, qualquer deslocamento lateral do disco, implica em maior momento transversal.

Tabela 9. Resumo da análise de variância e valores médios de momento transversal e longitudinal (N m) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

		Momento transversal (My)	Momento longitudinal (Mz)			
		-----Quadrado médio (significância)-----				
Disco	2	96079,12 ns	810360,6**			
Palhada	4	40778,35 ns	32676,5 ns			
Disco x Palhada	8	66621,57 ns	8702,35 ns			
Bloco	3	114388,33 ns	59064,4 ns			
Erro 1	12	65418,03	4695,1			
Erro 2	30	37635,57	5911,1			
Total	59					
CV1 (%)		6,32	10,96			
CV2 (%)		4,79	12,30			
Média		4047,43	625,00			
Quantidade de palhada	Disco	Disco	Disco	Disco	Disco	Disco
	Liso	estriado	ondulado	Liso	estriado	ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----	-----N m-----			-----N m-----		
0	4232,50	3998,75	3909,00	854,00	505,00	503,25
1	4014,50	4296,75	4120,00	936,25	571,25	637,00
2	4024,75	4189,00	3875,00	915,00	423,50	496,25
4	4088,50	3898,75	3972,25	807,25	488,25	480,75
6	4137,00	3987,25	3967,50	774,00	522,50	460,75
Média	4099,45	4070,10	3968,75	857,30 a	502,10 b	515,60 b

**, ns – significância a 1%, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O disco liso tendo proporcionou maior profundidade de corte (8,2 cm) quando comparado aos discos estriado (6,1 cm) e ondulado (5,3 cm), mas a área de contato do disco liso com o solo pode ter sido semelhante aos demais discos devido aos seus diferentes formatos, justificando assim os resultados obtidos.

Para o momento de força longitudinal, houve influência apenas dos discos de corte. Os resultados mostraram que o disco de corte liso obteve os maiores valores em relação aos demais, confirmando o valor obtido pela força lateral, uma vez que o momento é o produto da força pelo diâmetro do disco. Silva (2007) verificou que o disco de corte

ondulado obteve os maiores valores em relação aos demais, sendo que este disco proporcionou também maiores valores de força lateral.

Observa-se que os valores de momento longitudinal foram semelhantes para os discos de corte estriado e ondulado, o que também ocorreu com os dados de força lateral.

4.10 Força horizontal por área de solo mobilizado

Na Tabela 10 são apresentados os resultados da análise de variância e média dos resultados da força horizontal em função da área mobilizada. Observa-se que houve influência significativa tanto dos discos como da quantidade de palhada, sendo que a interação não foi significativa.

Tabela 10. Resumo da análise de variância e valores médios de força horizontal (N) em função dos discos de corte e da área mobilizada.

Fonte de variação	G.L.	Força horizontal em função da área mobilizada		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	906,98*		
Palhada	4	534,74*		
Disco x Palhada	8	100,47 ns		
Bloco	3	39,34 ns		
Erro 1	12	153,66		
Erro 2	30	56,44		
Total	59			
CV1 (%)		21,03		
CV2 (%)		12,75		
Média		58,95		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----N cm ⁻² -----		
0		69,47	72,06	65,80
1		50,88	74,35	57,13
2		53,42	69,92	53,30
4		44,79	60,01	53,11
6		48,15	55,73	56,06
Média		53,34 b	66,42 a	57,08 ab

**, ns – significância a 1%, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao fator disco de corte, os tratamentos com o disco do tipo estriado resultaram em maiores valores de força horizontal por área de solo mobilizado, diferindo apenas do disco de corte liso, que obteve os menores valores. Isto se deve aos maiores valores de área de solo mobilizado pelo disco de corte liso.

Os maiores valores de força horizontal foram obtidos quando utilizou-se os discos de corte estriados e ondulados. Como a área mobilizada por estes discos foi menor, a força requerida por área mobilizada de solo é maior, o que não é benéfico em se tratando de gasto energético de uma ferramenta por área.

Silva (2007) verificou, porém que os tratamentos com o disco do tipo liso resultaram nos maiores valores de força horizontal por área de solo mobilizado nas coberturas de aveia preta e o disco ondulado obteve os menores valores, visto que este disco proporcionou maior área mobilizada, possivelmente pelo maior diâmetro dessa ferramenta. O autor ressalta ainda a vantagem da utilização do disco ondulado que diminui o espelhamento das laterais do sulco, característico do uso de disco liso, e com conseqüente diminuição da perda de água na linha de semeadura.

A quantidade de palhada influenciou de maneira significativa a força horizontal por área de solo mobilizada. A palhada proporcionou uma maior umidade no solo favorecendo a redução da força requerida por área mobilizada (Figura 13). Em solo mais seco o gasto energético de uma ferramenta por área é maior.

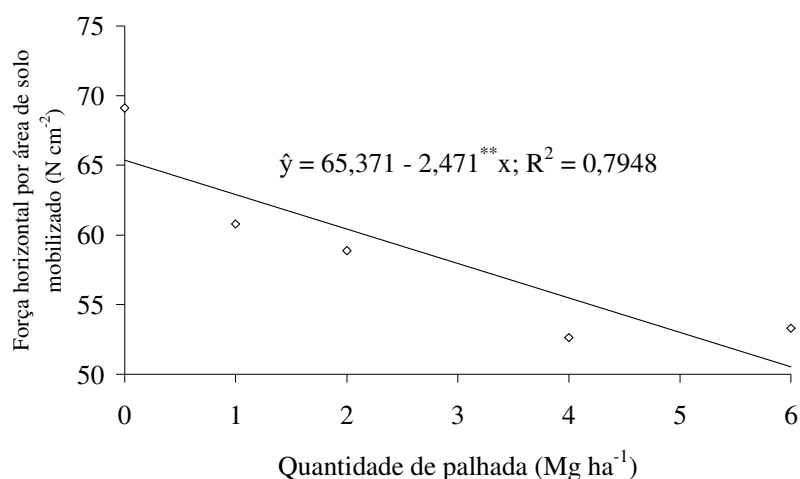


Figura 13. Força horizontal por área de solo mobilizado em função da quantidade de palhada.

4.11 Força horizontal específica

Verifica-se na Tabela 11 que para a força específica houve influência dos discos de corte e da quantidade de palhada, não ocorrendo à interação entre estas duas fontes de variação. O disco ondulado apresentou os maiores valores de força específica quando comparado aos demais discos, sendo seguido pelo disco estriado e liso, que apresentou as menores forças. Os valores da força horizontal foram maiores no disco estriado, porém a menor profundidade de ação foi obtida com o disco ondulado, justificando, dessa forma, os resultados obtidos.

Verifica-se na Figura 14 que houve diminuição da força específica com o aumento da umidade do solo em função da quantidade de palhada adicionada. Segundo Silva (2007) dados de demanda energética são diretamente proporcionais aos teores de água no solo, explicando os resultados obtidos.

Tabela 11. Resumo da análise de variância e valores médios de força horizontal específica (N cm^{-1}) em função dos discos de corte e das diferentes quantidades de palhada.

Fonte de variação	G.L.	Força Específica		
		-----Quadrado médio (significância)-----		
Disco	2	5722,66 ^{**}		
Palhada	4	365,05 [*]		
Disco x Palhada	8	83,10 ns		
Bloco	3	125,97 ns		
Erro 1	12	161,52		
Erro 2	30	187,44		
Total	59			
CV1 (%)		16,39		
CV2 (%)		17,65		
Média		77,65		
Quantidade de palhada		Disco Liso	Disco estriado	Disco ondulado
-----Mg ha ⁻¹ -----		-----N cm ⁻¹ -----		
0		75,61	85,35	99,08
1		61,05	82,35	90,21
2		53,05	81,41	95,27
4		52,27	75,63	89,34
6		53,47	81,70	87,59
Média		59,09 c	81,29 b	92,30 a

^{**}, ns – significância a 1%, não significativo; Médias seguidas de mesmas letras na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

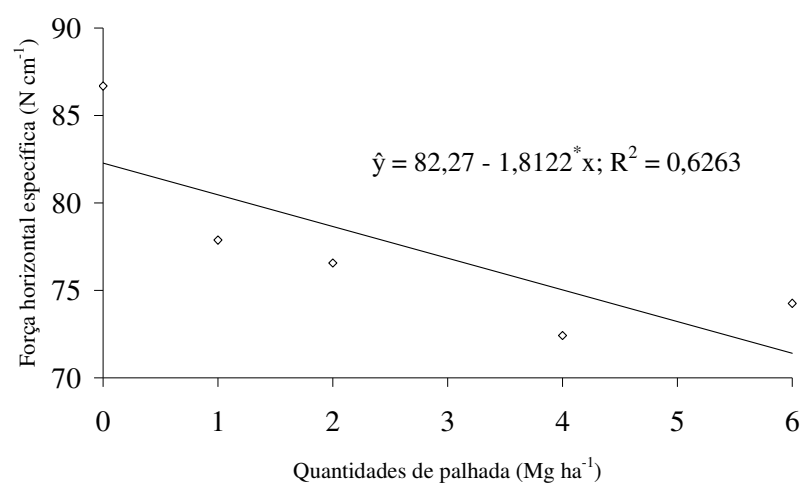


Figura 14. Força horizontal específica em função da quantidade de palhada.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o experimento, pode-se concluir que:

- O disco ondulado proporcionou maior resistência ao rolamento, reduzindo a velocidade do conjunto trator e equipamento.
- A mobilização do solo avaliada nos diferentes tratamentos principais (quantidade de palhada) e secundários (configuração de discos), apresentou diferenças de volume de solo mobilizado, as maiores quantidades de palhada proporcionaram maior taxa de cobertura do solo e conseqüentemente menor evaporação de água aumentando a área mobilizada.
- Os discos estriados e ondulados apresentam comportamento semelhante em relação às forças laterais, horizontal, momento longitudinal e força horizontal em função da área mobilizada.
- Nas configurações dos discos estudadas, verifica-se que o disco plano liso necessita de menor carga para uma maior penetração no solo, devido aos menores valores encontrados da força vertical da componente de reação, possibilitou os maiores valores de área de solo mobilizado, maior profundidade de penetração no solo, e maiores valores de força lateral.
- Quanto ao tipo de resíduo e doses utilizadas, não ofereceram resistência ao corte, não ocorrendo variação na força horizontal em relação a palhada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation-tillage planters, drills and seeders. In: _____. **ASAE standards 1996**: standards engineering practices data. San Joseph, 1996. p. 309-314.

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto: Problemas e soluções. **Informativo de Pesquisa Instituto Agrônômico de Paraná**, Londrina, n. 137, p. 1-18, 2001.

ARAÚJO, A. G. et al. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja (*Glycine max L.*) e milho (*Zea mays L.*) em solos argilosos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, p. 226-37, 1999.

_____. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja e milho em solos argilosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de norma 04: 015. 06-004**: semeadora de precisão: ensaio de laboratório: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994. 7 p.

BAKER, C. J. Experiments relating to techniques for direct drilling of seeds into untilled dead turf. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 21, p. 133-134, 1976.

BENEZ, S. H.; PIEDADE JÚNIOR, C. P.; GAMERO, C. A. Estudo da aplicação de sega circular em sulcadores com dupla aiveca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9., 1979, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1979. p. 342-347.

BORGES FILHO, E. L. **O desenvolvimento do plantio direto no Brasil: a conjunção de interesses entre agricultores, indústrias e o estado**. 2001. 141 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente)–Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

CARDOSO, F. P. Semeadura de precisão em plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 64, p. 16-17, 2001.

CASÃO JÚNIOR, R. et al. Análise tridimensional de esforços em semeadora de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Pelotas. **Anais....** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

CASÃO JÚNIOR, R. et al. **Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 PD no basalto paranaense**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1998. (Circular, n. 105).

CEPIK, C. T. C. **Parâmetros de solo e máquinas em semeadura direta com doses de cobertura e configuração de deposição de fertilizante**. 2006. 104 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CHANG, H. C, DONALD, C. E. Cornstalk residue shearing by rolling coulters. **Trans. American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 29, p. 1530-35, 1986.

CHAUDHRY, A. D.; BAKER, C. J. Barley seeding establishment by direct drilling in black soil. 1. Effect openers under simulated rainfall and high water table conditions. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, p. 43-61, 1988.

CHOI, C. H.; ERBACH, D. C. Cornstalk residue shearing by rolling coulters. **Transactions American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 29, p. 1530-5, 1986.

CHOUDHARY, M. A., BAKER, C. J. Effects of drill coulter design and soil moisture status on emergence of wheat seedlings. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 2, p. 131-42, 1982.

CHOUDHARY, M. A.; YU, G. P.; BAKER, C. J. Seed placement effects on seedling establishment in direct drilled fields. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 6, p. 79-83, 1985.

COELHO, J. L. D. **Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 1998. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 551-570.

DALMEYER, A. U. Opções na semeadura. **Cultivar máquinas**, Pelotas, n. 7, p. 6-9, 2001.

DELAFOSSÉ, R. M. **Máquinas sembradoras de grano grueso**. Santiago: Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe, 1986. 48 p.

DERPSCH, R. Historical review of no-tillage cultivation of crops. In: JAPAN INTERNATIONAL RESEARCH CENTER FOR AGRICULTURAL SCIENCES, 1998, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu, 1998. p. 1-18.

DICKEY, E. C. No-till planting equipment. In: _____. **Conservation tillage systems and management**. Iowa State University, 1992. chap. 17, p. 93-95.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF; Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: _____. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.

_____. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAGANELLO, A.; KOCHHANN, R. A.; PORTELLA, J. A. Desenvolvimento de mecanismos de corte para semeadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 1262-1271.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. Realidade e perspectivas para o sistema de Plantio Direto no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1989, Assis, FEALQ, 1989. p. 15-34.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Brasil: expansão da área cultivada em plantio direto de 1992/93 a 2003/04: safra verão/safrinha/inverno.** Ponta Grossa, 2005. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br%20evolucao%20pd%2093-04.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2005.

GADANHA JÚNIOR, C. D. et al. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil.** São Paulo: NSI; IPT; CIENTEC, 1991. 468 p.

GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro.** Passo Fundo: Aldeia do sul, 1996. 207 p.

GEBRESENBET, G.; JOHNSON, H. Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, p. 121- 45, 1992.

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama santo agostinho e esmeralda.** 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

HARRISON, H. P. Soil reaction forces for disks from field measurements. **Transactions American Society of Agricultural Engineers.** St. Joseph, v. 20, p. 836-838, 1977.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: MILHO: informações técnicas. EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste, 1997. p. 39-67 (Circular técnica, n. 5).

IQBAL, M. et al. An evaluation of seed furrow smearing. **Transactions American Society of Agricultural Engineers**. St. Joseph, v. 41, p. 1243-1248, 1998.

JASA, P. J. et al. Conservation tillage and planting systems. Disponível em: <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops/g1046.htm>>. Acesso em: 1 out. 2006.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. Crop planting. In: _____. **Principles of farm machinery**. Westport: Avi, 1972. p. 201-226.

KRALL, J.; DUBBS, A.; LARSEN, W. No till drills for recropping. **Bulletin Montana Agricultural**, Stan, n. 76, p. 1-18, 1979.

KUSHWAHA, R. L.; FOSTER, R. K. Field evaluation of grain drill furrow openers and press wheels for no till seeding. **Canadian Journal Agricultural Engineers**, Ottawa, v. 35, p. 253-7, 1993.

KUSHWAHA, R. L.; VAISHANAV, A. S.; ZOERB, G. C. Soil bin evaluation of disc coulters under no-till crop residue conditions. **Transactions American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 29, p. 40-44, 1986.

LANDERS, J. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. 2. ed. Goiânia: APDC, 1995. 261 p.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

_____. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema de plantio direto**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid: B&H, 2004. 700 p.

MEAD, J. A.; BALMER, A. L.; CHAN, K. Y. Effect of seedbed conditions on sowing point performance. **Soil Tillage Research, Amsterdam**, v. 22, p. 13-25, 1992.

MION, R. L. **Desenvolvimento de equipamento para ensaio a campo de ferramentas de rompimento do solo testado com mecanismos de abertura de sulco de semeadoras.** 2002. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MION, R. L.; BENEZ, S. H. Esforços em ferramentas rompedoras de solo de semeadoras de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 32, n. 5, p. 1594-1600, 2008.

MUNKHOLM, L. J. et al. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, n. 71, p. 163-173, 2003.

MUZILLI, O. Princípios e perspectivas de expansão. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná.** Londrina, 1981. p. 11-17. (Circular técnica, 23).

NOVAK, L. R. et al. Efeito do tráfego de trator e pressão de contato pneu/solo na compactação de um latossolo vermelho escuro álico, em dois níveis de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Ponta Grossa, v. 27, p. 1587-1595, 1992.

OZMERI, A. Seed distribution performance of furrow openers used on drill machines. **Agriculture Mechanization Asia**, v. 17, p. 32-34, 1986.

PECHE FILHO, A.; LINO, A. C. L.; STORINO, M. **Considerações técnicas sobre mecanização e manejo de solos.** Jundiaí: Centro de Mecanização e Automação Agrícola, 2000. (Boletim, n. 10).

PLATAFORMA Plantio direto: problemas e soluções: semeadora, plantadeira motomecanizada. Disponível em:
<http://www.embrapa.br/plantiodireto/ProblemaSolucao/PsDemCon.htm?id_subtema=52>.
Acesso em: 2 set. 2006.

PORTELA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil.** Passo Fundo, 1993. p. 29-36.

PORTELLA, J. A. **Semeadoras-adubadoras para plantio direto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 252 p.

PORTELLA, J. A. **Um estudo preliminar de forças atuantes de elementos rompedores desemeadoras comerciais**. 1983. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Mecanização Agrícola)–Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1983.

REIS, E. F. et al. Avaliação de mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 212-221, 2004.

RIBEIRO, M. F. S. et al. **Máquinas para semeadura direta em solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1999. (Circular técnica, n. 108).

SATTLER, A. **Regulagem estática de vazão de sementes em semeadoras de precisão: método da relação de transmissão**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000. 24 p.

SILVA, P. R. A. **Semeadora-adubadora: mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas** 2007. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JÚNIOR, R. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto**. Curitiba: SENAR, 2004. (Coleção SENAR).

SMITH, E. M.; VERMA, B. P.; TAYLOR, T. H. Energy required to operate disk furrower in Kentucky Bluegrass sod. **Transactions American Society of Agricultural Engineers**. St. Joseph, v. 10, p. 333-336, 1967.

TAJJUDDIN, A.; BALASUBRAMANIAM, M. Comparative performance of different types of furrow openers. **Agriculture Mechanization**, v. 26, p. 18-20, 1995.

TESSIER, S. et al. No till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence. **Trans. American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 34, p. 729-733, 1991a.

TESSIER, S. et al. Zero tillage furrow opener effects environment and wheat emergence. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 21, p. 347-360, 1991b.

TICE, E. M.; HENDRICK, J. G. Disc coulter operating characteristics. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v. 35, n. 1, p. 3-10, 1992.

WILKINS, D. E. et al. Grain drill opener effects on wheat emergence. **Trans. American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 26, p. 651-660, 1983.