

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

**SEMEADORA-ADUBADORA: MECANISMOS DE CORTE DE PALHA E CARGAS  
VERTICAIS APLICADAS**

**PAULO ROBERTO ARBEX SILVA**

Engenheiro Agrônomo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para a obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP  
Fevereiro – 2007

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

**SEMEADORA-ADUBADORA: MECANISMOS DE CORTE DE PALHA E CARGAS  
VERTICAIS APLICADAS**

**PAULO ROBERTO ARBEX SILVA**

**Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP  
Fevereiro – 2007

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

Silva, Paulo Roberto Arbex , 1972-  
S586s Semeadora-adubadora: mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas / Paulo Roberto Arbex Silva. - Botucatu : [s.n.], 2007.  
xii, 93 f. : il. color., gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007

Orientador: Sérgio Hugo Benez

Inclui bibliografia

1. Plantio direto. 2. Máquinas agrícolas. 3. Semeadura 4. Cobertura morta. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "SEMEADORA ADUBADORA : MECANISMOS DE CORTE DE PALHA  
E CARGAS VERTICAIS APLICADAS"


ALUNO: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO HUGO BENEZ

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. SÉRGIO HUGO BENEZ

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. KLÉBER PEREIRA LANÇAS

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. SILVÍO JOSÉ BICUDO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO RENAN BERCHOL DA SILVA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ELCIO HIROYOSHI YANO

Data da Realização: 23 de fevereiro de 2007.

DEDICO

A meus pais José Airton e Ivone;

A minha esposa Alessandra;

Principalmente, a minha filha Júlia.

OFEREÇO

A meus irmãos José Nicolau, Marcos e Carlos Augusto.

## AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo por ter me dado o dom da vida.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, por intermédio do Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade e pelos ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES), pela concessão de auxílio através de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, pela orientação, dedicação, compreensão, sinceridade, amizade, confiança, incentivo, sugestões e ensinamentos ao longo do curso.

Aos professores Dr. Carlos Antonio Gamero, Dr. Kleber Pereira Lanças, Dr. Ulisses Rocha Antuniassi e Dr. Sílvio José Bicudo pela amizade e incentivo durante o curso.

Ao Prof. Dr. Zacharias Xavier de Barros, coordenador do curso de pós-graduação Energia na Agricultura, pelo incentivo e colaboração durante o curso.

Ao Prof. Dr. Ângelo Cataneo pela amizade e pelos ensinamentos na parte estatística do trabalho.

Aos colegas professores Dr. Antonio Renan Berchol da Silva, Dr.<sup>a</sup> Denise Mahl, Dr. Élcio Hiroyoshi Yano, Dr. Carlos César Breda e ao Eng. Agr. Rogério Germino, pela amizade, companheirismo e colaboração neste trabalho.

Aos colegas do grupo de plantio direto: André Satoshi Seki; Cássio Piffer; Erick Vinicius Bertolini, Jairo da Costa Fernandes, José Guilherme Lança Rodrigues e Miriam Correa da Costa, sem os quais não seria possível a concretização deste trabalho.

Aos amigos Ana Cristina Ensinas de Oliva, Fernando Alves dos Santos, Fernando Tibali de Mello, Guilherme da Costa Nunes, José Eduardo Melli, Tainá Barcelos Sipos e Thiago Oliveira Decicino, pela amizade e o respeito.

Aos Técnicos Agrícolas, Marcos J. Gonçalves e Mário O. Munhoz, pelo auxílio técnico e agilidade no atendimento.

A todos os funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção, em especial à Aparecido Bessa Ramon, Acássio Tavares, Luciano Alves e Milton Prudente.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, principalmente Benedito Fernando Camargo, Silvio Sabatine Scolastici, Maury Torres da Silva, Gilberto Winkler, Rosângela Cristina Moreci, Rita de Cássia Miranda Gomes, Pedro Alves, Eduardo Biral e Ailton de Lima Lucas, pela atenção, amizade e serviços prestados.

As secretárias da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, em Botucatu, Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas e Jaqueline de Moura Gonçalves, pela atenção doada durante o curso.

À funcionária da Biblioteca “Prof. Paulo Carvalho de Mattos”, Maria Inês Andrade e Cruz, pelas correções bibliográficas.

Aos grandes amigos Manuel Lopes dos Santos e Adiléia Ana Rosa Breve, pela amizade de tanto tempo e pela convivência dentro da FCA.

Enfim, a todas as pessoas e instituições que, de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
1 RESUMO .....	1
2 SUMMARY .....	3
3 INTRODUÇÃO .....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
4.1 Sistema de plantio direto .....	7
4.2 Requerimento energético .....	11
4.3 Semeadoras-adubadoras.....	13
4.4 Interação solo-ferramenta.....	16
4.5 Discos de corte de palha.....	17
4.6 Dinamômetros.....	21
4.7 Cobertura vegetal.....	25
5 MATERIAL E MÉTODOS .....	30
5.1 Material .....	30
5.1.1 Área experimental .....	30
5.1.2 Solo .....	31
5.1.3 Densidade do solo .....	31
5.1.4 Teor de água do solo .....	32
5.1.5 Massa seca da cobertura vegetal.....	32
5.1.6 Porcentagem de cobertura do solo.....	32
5.1.7 Área de solo mobilizado.....	32
5.1.8 Máquinas agrícolas.....	33
5.1.9 Mecanismos de corte da palha.....	34
5.1.9.1 Disco de corte liso.....	34
5.1.9.2 Disco de corte corrugado.....	34
5.1.9.3 Disco de corte ondulado.....	35
5.1.10 Dinamômetro.....	35



5.1.11	Sensor de profundidade de corte dos discos.....	37
5.1.12	Sistema de aquisição de dados.....	38
5.1.13	Barra porta ferramentas.....	39
5.1.14	Carga sobre a barra porta ferramentas.....	41
5.2	Métodos.....	41
5.2.1	Delineamento experimental.....	41
5.2.2	Descrição dos tratamentos.....	41
5.2.3	Cronograma de condução dos experimentos.....	42
5.2.4	Instalação e condução dos experimentos.....	43
5.2.5	Teor de água do solo.....	43
5.2.6	Densidade do solo.....	44
5.2.7	Massa seca da cobertura vegetal.....	44
5.2.8	Porcentagem de cobertura do solo.....	44
5.2.9	Velocidade de deslocamento .....	44
5.2.10	Área de solo mobilizado.....	45
5.2.11	Força horizontal ( $F_x$ ), vertical ( $F_y$ ), lateral ( $F_z$ ), momento transversal ( $M_y$ ), longitudinal ( $M_z$ ).....	46
5.2.12	Profundidade de corte dos discos.....	47
5.2.13	Força horizontal por área de solo mobilizado.....	47
5.2.14	Força horizontal específica.....	48
5.2.15	Análise estatística.....	48
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
6.1	Teor de água do solo.....	50
6.2	Densidade do solo.....	51
6.3	Massa seca da cobertura vegetal.....	51
6.4	Porcentagem de cobertura do solo.....	53
6.5	Velocidade de deslocamento.....	53
6.6	Área de solo mobilizado.....	55
6.7	Profundidade de corte dos discos.....	57
6.8	Força horizontal.....	60

6.9 Força vertical.....	62
6.10 Força lateral.....	64
6.11 Momento transversal.....	66
6.12 Momento longitudinal.....	68
6.13 Força horizontal por área de solo mobilizado.....	70
6.14 Força horizontal específica.....	72
6.15 Considerações Finais.....	74
7 CONCLUSÕES.....	75
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÊNDICE.....	90

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro</b>	<b>Página</b>
1. Resultado da análise granulométrica do solo na área experimental.....	31
2. Resultado da análise química do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.....	31
3. Fatores de conversão para cada variável em função da frequência de aquisição.....	38
4. Cronograma de atividades desenvolvidas em campo e laboratório.....	42
5. Teor de água do solo (%), nas diferentes coberturas vegetais, na camada de 0-10 cm de profundidade, no momento da instalação do experimento.....	50
6. Densidade do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ ), na camada de 0-10 cm de profundidade para as diferentes coberturas vegetais.....	51
7. Valores médios da massa seca da cobertura vegetal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.....	52
8. Valores médios de porcentagem de cobertura do solo (%) nas diferentes coberturas vegetais.....	53
9. Valores médios de velocidade de deslocamento ( $\text{km h}^{-1}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.....	54
10. Valores médios de área de solo mobilizado ( $\text{cm}^2$ ) para as diferentes coberturas vegetais.....	56
11. Valores médios de profundidade de penetração dos discos de corte (mm) para as diferentes coberturas vegetais.....	58
12. Valores médios de força horizontal (N) para as diferentes coberturas vegetais.....	61
13. Valores médios de força vertical (N) para as diferentes coberturas vegetais.....	63
14. Valores médios de força lateral (N) para as diferentes coberturas vegetais.....	65
15. Valores médios de momento transversal (N m) para as diferentes coberturas vegetais.....	67
16. Valores médios de momento longitudinal (N m) para as diferentes coberturas vegetais.....	69

17. Valores médios de força horizontal por área de solo mobilizado ( $\text{N cm}^{-2}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.....	71
18. Valores médios de força horizontal específica ( $\text{N mm}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.....	73

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Esquema do sistema de medição, sendo a, b e c braços de acoplamento do trator, A, B e C elementos detectores-dinamômetros com extensômetros elétricos de resistência, (Scholtz,1966).....	23
2. Esquema simplificado do dinamômetro de Ferretti (1992).....	25
3. Disco de corte liso.....	34
4. Disco de corte corrugado.....	34
5. Disco de corte ondulado.....	35
6. Dinamômetro.....	36
7. (a) Dinamômetro, (b) Chapa fixada ao dinamômetro para acoplamento das ferramentas rompedoras do solo.....	36
8. Dinamômetro montado na barra porta ferramenta. ....	37
9. Sensor de profundidade.....	37
10. Sistema de aquisição de dados (Micrologger 21 X) .....	39
11. Esquema do equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo.....	40
12. Vista do equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo.....	40
13. Descrição dos tratamentos instalados no experimento.....	41
14. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado.....	46

## 1 RESUMO

Para o sistema de semeadura direta obter o sucesso desejado deve haver a seleção adequada dos componentes das semeadoras-adubadoras, entre os quais os mecanismos de corte de palha. Além disso, o estudo das características do solo e da cultura de cobertura implantada na área são importantes itens que definem a eficiência destas máquinas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho dos mecanismos de corte de palha de uma semeadora-adubadora em diferentes coberturas vegetais e cargas verticais aplicadas. Para a realização do trabalho foi utilizado um dinamômetro (anel ortogonal), projetado, construído e calibrado numa célula de carga padrão. Os experimentos de campo foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp de Botucatu, durante o ano agrícola de 2005-2006. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso e esquema fatorial 3 x 4, com 4 repetições. Os trabalhos foram realizados com 3 diferentes mecanismos de corte de palha, sendo estes: disco liso (DL), disco corrugado (DC) e disco ondulado (DO), utilizando 4 diferentes cargas verticais, sendo estas: 750 (C1), 1500 (C2), 2250 (C3) e 3000 N (C4). Todos os tratamentos foram instalados em 5 diferentes coberturas de palha: milho, sorgo, aveia preta,

triticale e nabiça. Os resultados mostraram que quanto maior a quantidade de matéria seca da cobertura vegetal, maior a demanda de forças horizontal e vertical. Quanto maior a carga vertical aplicada, maior a área de solo mobilizado; maiores são as forças horizontal, vertical e lateral; maior a profundidade de penetração dos discos no solo e menores são a força horizontal por profundidade de corte dos discos (profundidade específica) e a força horizontal por área de solo mobilizado. O disco de corte ondulado possibilita os maiores valores de área de solo mobilizado, exige maiores valores de 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. Os menores valores de força horizontal obtidos quando utilizado o disco liso, proporcionaram maiores valores de velocidade de deslocamento do conjunto. O tratamento com disco liso exigiu maiores valores de força horizontal por área de solo mobilizado e de força vertical nas coberturas de milho e sorgo. Baseado nos dados de profundidade de corte dos discos, indica-se regular a semeadora com carga mínima de semente e adubo, possibilitando manter uma maior uniformidade na profundidade de corte dos discos durante o processo de semeadura.

**SEEDERS: DISK COULTER COVERING MECHANISM AND APPLIED VERTICAL LOADS.** 2007, 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

Author: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Adviser: SÉRGIO HUGO BENEZ

## **2 SUMMARY**

For the no-tillage system obtain the wanted success should have the appropriate selection of the seeders components, among the ones which the cut mechanisms. Besides, the study of the characteristics of the soil and of the crop covering implanted are important items that define the efficiency of these machines.

This work had as objective evaluates the acting of mechanisms of cut of the no-tillage seeders in different vegetable coverings and applied vertical loads. A dynamometer was used, projected, built and gauged in a cell of load. The field experiments were installed in Experimental Farm Lageado, belonging University of Agronomic Sciences - Unesp of Botucatu. The used experimental design was in blocks at random and factorial outline 3 x 4, with 4 repetitions. Rehearsals were accomplished with 3 different mechanisms of cut of the straw, being these: plane disc (DL), corrugated disc (DC) and wavy disc (DO), using 4 different vertical loads, being these: 750 (C1), 1500 (C2), 2250 (C3) and 3000 N (C4). All of the treatments were accomplished in 5 different straw coverings: corn, sorghum, triticale, black oats and nabiça. The results showed that as larger the amount of mass dry, larger the demand of horizontal and vertical force. As larger the applied vertical load larger the area of mobilized soil; larger the forces horizontal, vertical and lateral; larger the depth of penetration of the discs and smaller the specific horizontal force and the horizontal force for area of mobilized soil. The wavy disc obtained the largest values of area of mobilized soil, it forces horizontal, it forces vertical and specific horizontal force; and smaller values of



horizontal force for area of mobilized soil and depth of cut of the discs. The plane disc obtained the largest values of displacement speed, it forces horizontal for area of mobilized soil and of vertical force in the corn coverings and sorghum. The seeders should be regulated with minimum load of seed and fertilizer so that there are not differences in the depth of cut of the discs during the sowing process.

---

**Keywords:** covering crops; interaction tools-soil and no-tillage seeders

### **3 INTRODUÇÃO**

As estratégias de manejo de solo estão sendo submetidas a significativas remodelagens face às novas informações, tendências e conhecimentos gerados dentro do enfoque sistêmico de produção. Nesse particular, o sistema de plantio direto, quando adequadamente conduzido, pode contribuir significativamente para tal feito, pois envolve a interação entre máquina, solo, clima, planta, atmosfera e todos os organismos presentes no sistema.

As semeadoras-adubadoras existentes no mercado, antes do advento do sistema de plantio direto, estavam adequadas ao sistema de preparo periódico do solo, caracterizado pelo intenso revolvimento da camada superficial do solo com reduzida ou nenhuma camada de palha. Com o surgimento do sistema de plantio direto na palha, surgiram problemas de penetração dos elementos rompedores e de corte de palha em solos densos, prejudicando a adequada colocação do adubo e semente no solo, ficando estas sobre a superfície do solo ou entre a palha. Portanto, houve a necessidade do desenvolvimento de semeadoras adequadas às diferentes condições de trabalho, que fossem capazes de cortar a

palha, romper o solo, depositar as sementes e o adubo na profundidade e condições corretas, fechar o sulco e compactar o solo sobre a semente.

A qualidade de semeadura depende, dentre outros fatores, do desempenho das máquinas utilizadas no processo, principalmente da adequada configuração e regulagem das semeadoras-adubadoras, que devem ser utilizadas de acordo com o tipo de solo, condições do terreno e da cobertura vegetal implantada anteriormente.

A importância de conhecer dinamicamente e individualmente ferramentas constituintes de uma semeadora-adubadora, em condições de campo, motivou a realização deste trabalho, cujo objetivo foi avaliar o desempenho de diferentes mecanismos de corte de palha de semeadora-adubadora em diferentes coberturas vegetais e cargas verticais aplicadas em um solo de textura argilosa.

## **4 REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Sistema de plantio direto**

O sistema de plantio direto é pesquisado nos Estados Unidos desde a década de 40 (mais intensamente no final da década de 50) e na Europa nas décadas de 60 e 70, mas, somente em 1971 que as pesquisas com plantio direto começaram no Brasil e na América Latina (DERPSCH, 1998).

As primeiras pesquisas com Sistema de Plantio Direto na Palha (SPD) no Brasil, foram realizadas por técnicos do Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional do Ministério da Agricultura - IPEMEA, com ensaios realizados nas Estações Experimentais do Instituto nas cidades de Ponta Grossa e Londrina (SADE, 2000).

Técnicos da Imperial Chemical Industries (ICI) da Inglaterra, em 1961, começaram a desenvolver máquinas capazes de cortar a vegetação e os restos culturais depositados na superfície do solo não mobilizado, bem como, introduzir a semente na profundidade correta, para ocorrer uma germinação uniforme (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1981). Segundo o IAPAR, no início da década de 70, foi comercializada a

primeira semeadora de plantio direto no Brasil, com o nome comercial de “Rotacaster”, semeadora cuja diferença para uma convencional se restringia aos elementos sulcadores do tipo facas rotativas, cujo mecanismo era resistente e trabalhava eficientemente, em diversas condições. O corte do material de cobertura e a formação de sulcos com 5 a 10 cm de largura eram feitos através de lâminas estreitas montadas na flange de um rotor acionado pela tomada de força do trator. A profundidade de semeadura regulada pela altura da roda de chão. As caixas de fertilizantes e sementes montadas acima do rotor. O fertilizante distribuído em faixas estreitas sobre o terreno na frente do rotor e, posteriormente, incorporado com o avanço da máquina.

De acordo com Daniel et al. (1999), era comum ocorrer processos erosivos nas linhas de semeadura nos plantios realizados pela “Rotacaster”, pois o sistema de facas rotativas mobilizava uma faixa grande de solo e também provocava uma compactação no fundo do sulco de plantio. Estas máquinas também apresentavam baixo rendimento, requeriam alta potência do trator, não acompanhavam as ondulações do terreno e, em solos abrasivos, ocorria um rápido desgaste das lâminas de corte. Havia insuficiência de conhecimento e a pesquisa brasileira iniciava os seus trabalhos nessa área propriamente dita. As restrições estavam associadas a qualidade das máquinas, controle de plantas daninhas, gerência e rotação de culturas. Do início da década de 70 até 1994, a área com sistema de plantio direto no Brasil passou por ciclos sucessivos de expansão e redução devido a restrições manifestadas em nível de agricultor e assistência técnica. Através das dificuldades apresentadas com relação às máquinas pelos agricultores pioneiros na adoção do sistema, estas passaram a ser adequadas para as especificidades do SPD, tendo como base para adequação o aprimoramento dos sulcadores / rompedores do solo.

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

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. Em função do tipo de solo, pode ter bordas onduladas, estriadas ou lisas e são recomendados para solos de textura arenosa, média e argilosa, respectivamente. 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.

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 plantio direto, sendo os dois últimos denominados de manejos conservacionistas. O autor ressalta 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.

Segundo Kochhann e Denardin (2000), a mobilização do solo exclusivamente na linha de semeadura para o sistema de plantio direto, reduziu custos de produção na agropecuária do Rio Grande do Sul, com alterações radicais no cronograma de atividades da propriedade rural, com menor demanda de potência de tratores por unidade de área, mão de obra, consumo de combustível e custo de manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas. Os autores mencionam que a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo associado à rotação de culturas, potencializou a atividade agrícola a curto prazo na estruturação física do solo com menores perdas de solo, água e nutrientes pelo processo de erosão.

Coelho (1996) ressalta a grande diversidade de tipos de solo que, 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.

Quanto às lacunas a serem preenchidas, o Projeto Plataforma Plantio Direto 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 para palha e rompimento do solo para distribuição de insumos; distribuição desuniforme de fertilizantes e sementes devido a problemas nos mecanismo distribuidor e regulagens; dificuldade de acesso à reposição de peças; plantio desuniforme pela inadequação dos terrenos; semeadora deficiente (embucha e amontoa); entre outros (PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2006).

O sistema de plantio direto passa por uma grande expansão em várias regiões do Brasil. No estado de São Paulo apesar de haver uma predominância de culturas perenes, as regiões tradicionais na produção de grãos como o Sudoeste do Estado e o Vale do Paranapanema, desde alguns anos tiveram um desenvolvimento expressivo do plantio direto. Embora a expansão do sistema no Estado seja recente, estudos realizados desde a década de 40, especialmente no Instituto Agrônomo de Campinas, demonstram que o enfoque principal era o controle da erosão. Mais recentemente, houve a preocupação em ampliar os estudos para atender a demanda por informações mais específicas como adubação, manejo de culturas de cobertura, opções de culturas e cultivares, manejo de pragas e doenças e controle de plantas invasoras (CASTRO, 2002).

Segundo dados da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2006), a adoção do sistema plantio direto é crescente, sendo que em 2004 a área brasileira cultivada neste sistema é de aproximadamente 22 milhões de hectares.

Gassen e Gassen (1996) afirmam que tem ocorrido mudança significativa na visão da sociedade sobre a necessidade de se manter e recuperar os recursos naturais; e tem surgido questionamentos sobre a perda de solo por erosão e a poluição da água. Uma das razões para adoção do plantio direto está relacionada à exigência do mercado internacional por produtos agrícolas obtidos sob condições de menor impacto ambiental, que minimizem perdas de solo e contaminação de água. Esses princípios são preconizados como base filosófica deste sistema de manejo.

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 da técnica do plantio direto é uma alternativa que tem despertado interesse dos agricultores, os quais têm buscado aplicação de tecnologia.

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 a deficiência de germinação, estresse de plântulas, excessiva mobilização do solo e desgaste dos órgãos ativos das máquinas.

Para Baker et al. (1996) um dos principais fatores da adoção do plantio direto em vários países é o controle da erosão; sendo que este manejo mostrou-se eficiente para essa finalidade. Além disso, tem conseguido manter os níveis adequados de produtividade quando comparados a outros sistemas de produção.

## **4.2 Requerimento energético**

Segundo Garcia et al. (2005) é importante conhecer a capacidade da máquina a fim de selecionar a potência e os equipamentos que desempenharão as operações agrícolas em tempo hábil, evitando, desta forma, custos adicionais com máquinas superdimensionadas, que são comuns nas propriedades agrícolas.

Righes et al. (1990) avaliaram oito mecanismos de mobilização de solo para plantio direto quanto a demanda energética total e concluíram que os mecanismos de corte inicial, ou seja, os discos de corte da palha, foram os responsáveis pela maior parcela do trabalho específico ativo demandado pelas máquinas de semeadura direta. Dentre os mecanismos de corte inicial, o que demandou maior trabalho específico foram as facas rotativas, seguido, em ordem decrescente, pelos discos ondulados, discos corrugados e discos planos. Concluíram ainda que dentre os diferentes discos de corte testados, os discos lisos foram os que mobilizaram menor volume de solo e os discos ondulados o maior volume.

Hetz e Barrios (1997) desenvolveram um trabalho com o objetivo de estabelecer o custo energético de algumas operações mecanizadas de preparo do solo e semeadura, quantificando a sua possível redução, através da utilização dos sistemas de preparo conservacionistas. Concluíram que o consumo energético horário ( $\text{MJ h}^{-1}$ ) das operações



mecanizadas de preparo e semeadura está diretamente relacionado com o tamanho do conjunto trator-implemento, pois o consumo da área trabalhada ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ) é independente do tamanho do conjunto. O consumo energético dos sistemas de preparo reduzido e plantio direto é notadamente menor que o do sistema convencional, sendo possível economizar entre 793 e 1178  $\text{MJ ha}^{-1}$ , equivalentes a 16,6 e 24,6  $\text{L ha}^{-1}$  de combustível.

Ao realizar um estudo comparativo do consumo de energia e dos custos de produção de três sistemas que foram ensaiados simultaneamente Hernanz et al. (1992) concluíram que, em relação ao preparo convencional, o consumo de energia nos sistemas de preparo mínimo e plantio direto reduzem de modo semelhante. As proporções se situam entre 10 % e 11% em trigo, 5% e 8% em cevada, e entre 11% e 15% para a soja.

Ao conduzir experimentos em três diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja, ao longo de quatro safras agrícolas, num Latossolo Roxo Eutrófico, Mesquita et al. (1982) concluíram que o sistema de preparo convencional teve um consumo de 57,3 % da energia total na forma de diesel, enquanto que o preparo reduzido consumiu 49,2% e a semeadura direta 30,2 %. O consumo de combustível na semeadura direta correspondeu a 33,6 % do consumo no sistema de preparo convencional e a 50,72% do consumo do sistema de preparo reduzido. A redução do consumo de energia na semeadura direta reflete a diminuição das operações de preparo de solo que representam cerca de 60% do combustível consumido, sendo que a aração é responsável por 40 %.

Bombardelli et al. (1999) avaliando o desempenho de semeadoras em três diferentes teores de água (33, 37 e 39%) e em dois sistemas de preparo do solo, observaram maior requerimento de força para o sistema de plantio direto quando comparado ao preparo reduzido, sendo que o valor de 37% do teor de água obteve o menor requerimento.

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.

### 4.3 Semeadoras-adubadoras

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (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 linhas e intervalos regulares de acordo com a densidade de semeadura estabelecida.

Para Mialhe (1996) e Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994) a caracterização do local para ensaios de máquinas deve incluir no roteiro dados de tipo de solo; no preparo da área para máquinas que operam em “plantio direto” deve incluir o tipo de cobertura e quantidade de matéria seca; declividade da área não deve ser superior a 7%; histórico da área; teor de água no solo e outros fatores.

Gadanha Júnior et al. (1991) afirmam que a semeadora-adubadora para o SPD é constituída de maneira semelhante às semeadoras-adubadoras convencionais, tanto as de precisão como as de fluxo contínuo, mas, possui algumas modificações que permitem seu uso em solos não preparados e com cobertura vegetal. De acordo com esses autores, uma modificação 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. 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 regulagem de profundidade de maior precisão e individualizadas em cada carrinho; rodinhas duplas anguladas para fechamento do sulco; disposição deslocada dos carrinhos (metade deles para frente, metade para trás), para evitar embuchamento e amontoa.

Segundo Dalafosse (1986) a qualidade de semeadura fica comprometida à medida que se aumenta a velocidade de deslocamento e associa tal fato às características dos sistemas de dosagem de sementes e fertilizantes, dos mecanismos sulcadores e de corte da palha, e das condições de preparo do solo. O autor afirma que a qualidade de semeadura

interfere no desenvolvimento das culturas seja por água, luz ou nutrientes, reduzindo a produtividade.

Márquez (2004) relata que a qualidade de semeadura é obtida pela combinação de inúmeros fatores, dentre eles, da qualidade das sementes, do adequado preparo do sulco de semeadura, da cobertura das sementes e do contato com o solo e a água, da localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura, e, do 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 nestes solos, associada a sua grande retenção de água, têm exigido constante adaptação das máquinas à realidade regional, recomendando a utilização da haste sulcadora nos solos com alta resistência superficial, mas que o projeto da mesma deve ser otimizado, no sentido de reduzir a área mobilizada de sulco.

De acordo com Janke e Herbach (1985), no sistema de plantio direto, os dispositivos de abertura de sulco e de controle de profundidade, quando são submetidos a cargas, sofrem um esforço maior no rompimento do solo devido a variação da resistência do solo à penetração, irregularidades da superfície e a presença da cobertura vegetal.

Os mecanismos de abertura de sulco do tipo discos são mais indicados para solos em que a cobertura vegetal permaneça na superfície. Kepner et al. (1972) mencionam que os discos simples são 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 mais usados para a semeadura em condições com preparo convencional, devido ao desenho e menor mobilização do solo, conforme salientam (KRALL et al., 1979; OZMERI, 1986; CHAUDHURI, 1993; TAJJUDDIN e BALASUBRAMANIAM, 1995). Entretanto para o plantio direto, o desempenho não é satisfatório devido a 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 do 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 a semente.

Casão Junior et al. (1998) estudando a semeadura em restos vegetais da colheita de milho, verificaram que a distância entre o disco de corte e o sulcador que deposita o fertilizante em torno de 100 mm, apresentou 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.

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

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 próximo das sementes, além de lançarem solo para fora e lateralmente ao sulco.

A semeadura deve ser realizada no estágio de friabilidade quando os teores de água no solo 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.

Conforme Iqbal et al. (1998) a compactação das paredes laterais do sulco de semeadura proporcionado pelos discos duplos em solos argilosos, úmidos e compactados, representa uma limitação, observando 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) o qual observaram que os resultados da força específica média, evidenciam a correlação positiva entre a força específica e a consistência do solo, e fazendo com que os componentes de abertura de sulco da semeadora demandassem mais energia para

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

#### **4.4 Interação solo-ferramenta**

Na investigação das ações das relações solo-ferramenta tem sido demonstrado que a variação dos fatores de geometria da ferramenta está associada também a fatores externos, tais como a velocidade de deslocamento, a profundidade de trabalho e as condições do solo. Variações na geometria dos sistemas solo-ferramenta, resultam em diferentes necessidades de esforço de tração e em diferentes reações do solo. A natureza exata das forças alteradas por tais mudanças não é bem conhecida, embora se reconheça que devem variar (PORTELLA, 1983).

Segundo Singe e Singe (1986), o elevado consumo de energia de máquinas agrícolas se deve ao desenho de muitas ferramentas que são baseadas em experiências práticas, ainda que conhecimentos científicos das características do solo e das forças possam influenciar a interação solo-ferramenta; e usam quantidade excessiva de energia ou não são tão eficientes quanto poderiam ser.

Sattler (2005) empregou um sistema pneumático para transferir, aos elementos rompedores de solo, a força vertical necessária para o corte de restos culturais e abertura do sulco de semeadura. O desempenho das semeadoras foi observado na instalação de experimentos de trigo, sobre resteva de soja colhida e de milho, sobre ervilhaca dessecada. Em ambas as situações, o circuito pneumático usado foi eficiente para transferir, aos elementos rompedores de solo, força vertical necessária ao corte de palha e à abertura dos sulcos de semeadura.

O valor das forças horizontal e vertical em discos de corte aumenta com o aumento da profundidade de penetração, maior diâmetro de discos, reação do solo e a presença de palha na superfície (SCHAAF et al. 1981, VAISHANAV et al. 1982).

Para Choi et al. (1986) a velocidade angular do disco de corte está diretamente relacionada com o seu diâmetro e a velocidade de deslocamento, porém não está influenciada pela força de reação do solo e profundidade de operação do disco de corte.

Koronka (1973), pesquisou elementos rompedores de solos aplicados à semeadoras de plantio direto e observou que a força de tração alterava-se ao usar hastes de corte em diferentes velocidade de deslocamento; ao empregar discos de corte havia variação considerada insignificante. Analisando a força vertical, notou não haver variação com a velocidade, embora a haste de corte exigisse mais força para romper o solo.

A relação do desenho da ferramenta e a velocidade de trabalho tem resultado em vários tipos de equações: linear, polinômio de segunda ordem, parabólico e exponencial, conforme (ROWE e BARNES, 1961; SIEMENS et al., 1965; STAFFORD, 1979; OWEN, 1989). Estas diferenças acontecem como resultado das forças de inércia, corte e a taxa de corte em fricção do solo-metal, variando com o tipo e condição do solo.

Para solos arenosos, o efeito das forças inerciais é mais significativa, de acordo com Luth e Wismer (1971). Em solos argilosos o efeito da taxa de corte e a força adesiva são mais significantes (ROWE e BARNES, 1961; WISMER e LUTH, 1972).

Estudando a previsão de forças atuantes em sulcadores Godwin e Spoor (1977) desenvolveram um modelo na qual abrangeram uma gama razoável de variações entre profundidade de trabalho e largura da ferramenta. Este modelo foi denominado de região de ruptura crescente do solo (ruptura na camada superficial) e região de ruptura lateral do solo (ruptura nas camadas profundas do solo). Na região de ruptura crescente o solo desloca-se em três direções; à frente, acima e aos lados da ferramenta. Já na região de ruptura lateral o solo desloca-se apenas em duas direções, à frente e aos lados da ferramenta. É proposto também um método para determinação da profundidade crítica, ou seja, a profundidade abaixo da qual a ruptura muda de crescente para lateral.

#### **4.5 Discos de corte de palha**

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).

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.

Silva (2003) fez um estudo em 278 modelos diferentes de semeadoras-adubadoras comercializadas no Brasil. Concluiu que várias são as opções para o tipo de disco de corte disponíveis no mercado: ondulado, corrugado, liso, estriado e o recortado. De acordo com a distribuição percentual observou que 94,2% dos modelos possuíam a opção de disco liso; 6,1% disco ondulado; 3,6% disco corrugado; 7,0% disco estriado e 0,4% possuíam a opção disco recortado. Com relação ao diâmetro do disco de corte observou que 95 modelos apresentavam a opção de diâmetro de 18”, 5 a opção de diâmetro de 14”; 24 a opção de diâmetro de 15”; 41 a opção de 16”; 27 a opção de 17”; 36 a opção de 20”; e 50 modelos não continham esta informação.

Segundo Faganello et al. (1992) as semeadoras de plantio direto podem apresentar discos de corte de diferentes diâmetros e formatos. Eles têm a função de cortar os restos culturais e abrir um sulco, facilitando a ação dos mecanismos depositores de fertilizantes e ou sementes. Contudo, os mecanismos normalmente adotados pelas semeadoras nacionais de plantio direto são ineficientes para operar nas diferentes condições de solos e restos culturais, portanto, necessitam 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 menos 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) comentam 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, com isso, necessitam maior peso para penetração e, ao cortar o material, abrem sulcos mais largos mobilizando maior volume de solo.

Jasa et al. (2006) comentam 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 formação de bolsas de ar, o que seria prejudicial para a germinação da semente. Os

mesmos autores relatam que, dependendo do tipo de solo, pode-se utilizar disco de corte liso, ondulado ou estriado.

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

Visando melhorar a eficiência do disco de corte de uma semeadora adubadora, à tração animal, Almeida e Silva (2000) desenvolveram uma roda limitadora de profundidade com encaixe no disco de corte. Assim, no exato momento do corte, a palha se encontraria presa pelos dois lados da roda dupla limitadora, o que facilitaria seu corte, evitando que fosse dobrada e enterrada no sulco.

Harrison (1977) conduziu estudos de campo usando discos esféricos de 508 mm, montados na vertical para medir forças em duas profundidades: 51 e 76 mm. Com o aumento na profundidade de corte do solo, ocorreu um incremento de força horizontal da ordem de 42%, força vertical de 31% e na força lateral de 29%.

Em condições de campo e laboratório, Munkholm et al. (2003) avaliaram por meio da resistência do solo 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, ocorre uma leve compactação na camada do solo abaixo da profundidade de sementeira. 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 sementeira. Ressaltam



que há evidências que sugerem que eventualmente seja necessário um preparo vertical do solo abaixo da camada onde atuam os elementos de corte.

Chang et al. (1986) testaram formas diferentes de discos para o corte de resíduos de milho em três teores de água e duas profundidades e observaram que para a profundidade de 7,6 cm a força horizontal média foi de 32 kgf e a força vertical foi de 104,5 kgf. Os autores concluíram também que a força horizontal e vertical são afetadas pela profundidade de operação, diâmetro do disco e a resistência do solo a penetração.

Conforme Colombino et al. (1985), os discos possuem reação dinâmica negativa, ou seja, para penetrar no solo necessitam uma carga superior à componente vertical de reação do mesmo.

De acordo com Weed (1981) a colocação de um disco de corte ondulado em substituição ao disco liso, reduziu o espelhamento nas laterais do sulco e, com conseqüente diminuição da perda de água na linha de semeadura.

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, e concluíram 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 de corte 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 diz ainda que a menor produtividade obtida com o uso do disco de corte recortado está diretamente associada ao menor estande de plantas e ainda a 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 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 pela semeadora está relacionado às condições do solo, da palha e da semeadora, sendo que um corte ineficiente acarretará em embuchamento da máquina, causando problemas na deposição de sementes e abertura de sulco.

Kushwaha et al. (1993) afirmam que a velocidade de operação no corte não apresenta diferença significativa nos requerimentos de força nem mesmo na eficiência de corte. Kushwaha et al. (1986) fizeram testes em caixa de solo, com palhicho de trigo e encontraram que o processo de corte é influenciado pelo diâmetro do disco, profundidade de trabalho, teor de água no solo, índice de cone do solo, densidade e umidade do palhicho. O melhor comportamento foi atribuído para o disco de 0,46 m de diâmetro, 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.

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.

#### **4.6 Dinamômetros para equipamentos agrícolas**

A grandeza que representa a capacidade de uma força girar um corpo é o momento da força ou torque, que é dado pelo produto da multiplicação entre a força e a distância da força ao centro de giro. Para um corpo estar em equilíbrio, a soma de todas as forças nele aplicadas deve ser nula e a soma dos momentos das forças com relação a um ponto também. O equipamento que mede as forças e momentos de força é denominado dinamômetro.

Para realização de testes de campo sem a utilização de instrumentação eletrônica, a quantidade de área demandada para a avaliação de desempenho dos equipamentos é muito grande, o que dificulta a obtenção dos dados e exige a necessidade de realização de muitas repetições. Com a disponibilidade da instrumentação eletrônica, de custo razoável, montada em máquinas e implementos, pode-se ter aquisição automática dos dados, propiciando, com isso, maior facilidade na realização dos testes, com melhorias na obtenção de dados mais precisos medidos no campo, e com um conseqüente aumento na quantidade destes testes.

Mion (2002) desenvolveu um equipamento para medição de forças horizontal, vertical e lateral; além de momentos longitudinal e transversal e concluiu que o equipamento para ensaiar os mecanismos de abertura de sulco mostrou-se apto para a obtenção da força horizontal (Fh), lateral (Fl) e vertical (Fv); do momento longitudinal (Z) e transversal (Y) e da profundidade de trabalho, sendo que o dinamômetro apresentou linearidade de resposta com a célula de carga padrão com  $R^2$  médio superior a 99%. O autor relata também que o desenvolvimento construtivo do equipamento proporcionou equilíbrio longitudinal corroborado pelos baixos valores obtidos de momento longitudinal.

Scholtz (1964) desenvolveu um sistema de medição com três dinamômetros que trabalham sob flexão e substituiu os pinos de acoplamento no trator. Cada dinamômetro contava com quatro extensômetros elétricos de resistência sendo projetados para detectar as componentes longitudinais e normais nos pontos de acoplamento. Através do circuito elétrico somaram-se as componentes longitudinais de cada dinamômetro, obtendo uma única saída que representava a componente longitudinal do esforço tratório. Procedeu do mesmo modo com as componentes normais, obtendo uma única saída, que representava a componente normal.

Scholtz (1966) propôs um sistema para medição de esforços exigidos por implementos montados acoplados a tratores com sistema de engates restringidos. Tal sistema, conforme ilustra a Figura 1, consta de uma estrutura a qual é acoplada ao trator através do sistema hidráulico de três pontos. Essa estrutura comporta três dinamômetros aos quais vai acoplado o implemento a ser ensaiado, medindo os esforços nas direções longitudinais e normais.

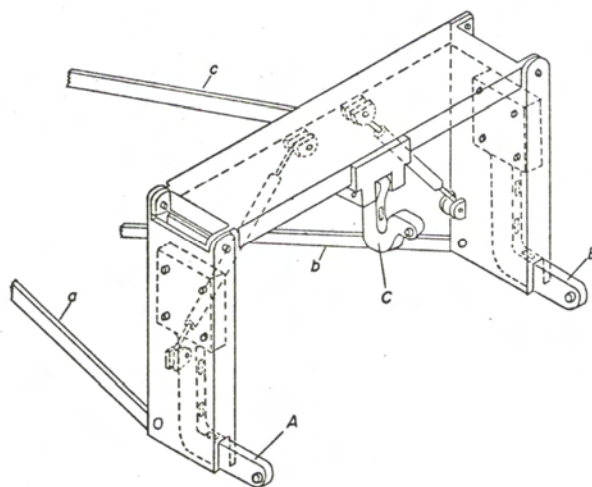


Figura 1. Esquema do sistema de medição, sendo a, b e c braços de acoplamento do trator, A, B e C elementos detectores-dinamômetros com extensômetros elétricos de resistência, (Scholtz, 1966).

Rogers e Johston citados por Mattos (1972) descreveram um sistema de medição de forças, usando dinamômetros hidráulicos de simples ação, um em cada braço de acoplamento. Cada um dos dinamômetros estava conjugado a medidores de pressão calibrados e os mostradores encontravam-se agrupados em um painel. Este sistema foi utilizado para medição de forças em sistemas de engates livres, onde o implemento encontra sua profundidade de trabalho em função de suas regulagens.

Mattos (1972) desenvolveu um sistema de medição de forças nos engates de máquinas agrícolas de acoplamento por três pontos onde projetou, instrumentou e confeccionou pinos de engate que funcionaram como detectores-dinamômetros. Obteve desta forma, as forças longitudinais e normais através de extensômetros elétricos de resistência.

Godwin (1975) projetou e construiu um dinamômetro que utilizava um anel ortogonal estendido para medição de forças horizontal, vertical e um momento no plano de forças em ferramentas de penetração no solo. Este aparelho permitiu obter medidas simultâneas de força horizontal, vertical e momento.

Stafford (1979) utilizou um sistema completo para medir forças em implementos, ligado num plano triangular e em um carro suporte com seis dinamômetros. Os dinamômetros estavam arranjados e esquematizados em três forças medidas na direção do carro, duas na direção vertical e uma na direção lateral.

Smith e Barker (1982) desenvolveram um dinamômetro acoplado aos três pontos do sistema hidráulico do trator, para medir as forças longitudinais, verticais e o momento em torno do eixo transversal. Constituiu-se de três conjuntos de dinamômetros, sendo um conjunto acoplado ao trator, o segundo media os esforços e o terceiro era responsável pelo acoplamento do implemento a ser ensaiado. Este dinamômetro apresentou a limitação de não permitir a utilização da tomada de potência e a medição dos esforços transversais.

Portella (1983) construiu um dinamômetro em um bloco de alumínio, utilizando extensômetros elétricos de resistência. Este equipamento foi projetado para uma força horizontal igual a 100 kgf e força vertical de 200 kgf. O desenvolvimento foi baseado no princípio do anel ortogonal, cujos membros elásticos são os próprios anéis, onde estão aplicados os extensômetros de resistências elétricas. Os sinais obtidos na medida da força vertical e horizontal são conectados eletricamente formando Pontes de Wheatstone.

Souza (1989) dimensionou um anel ortogonal para operar a uma profundidade de 40 cm como a condição limite de trabalho da ferramenta. Desta forma o dinamômetro foi projetado para uma força horizontal de 1960 kgf e força vertical de 784 kgf. O mesmo autor realizou ensaio de campo para determinar a distribuição de forças em um subsolador, concluindo que a utilização do dinamômetro permitira o redimensionamento desta ferramenta de forma a aumentar sua eficiência e reduzir o custo de fabricação.

Ferretti (1992) projetou e desenvolveu um dinamômetro de engate nos três pontos do sistema hidráulico utilizando os conceitos de Smith e Barker (1982) em que o dinamômetro possui seis células de cargas, fixadas e dispostas entre duas estruturas metálicas, responsáveis pela união trator-células-implemento, de modo a suportar as forças e os momentos gerados por implementos montados, durante a operação. Porém este dinamômetro apresenta uma diferença em relação ao desenvolvido por Smith e Baker (1982), que seria a localização da célula de carga número 6, na qual permite a utilização de implementos que

possuem engate à tomada de potência do trator, conforme a Figura 2. As células de carga possuem extremidades rotuladas, de forma a evitar a transmissão de momentos ao seu interior.

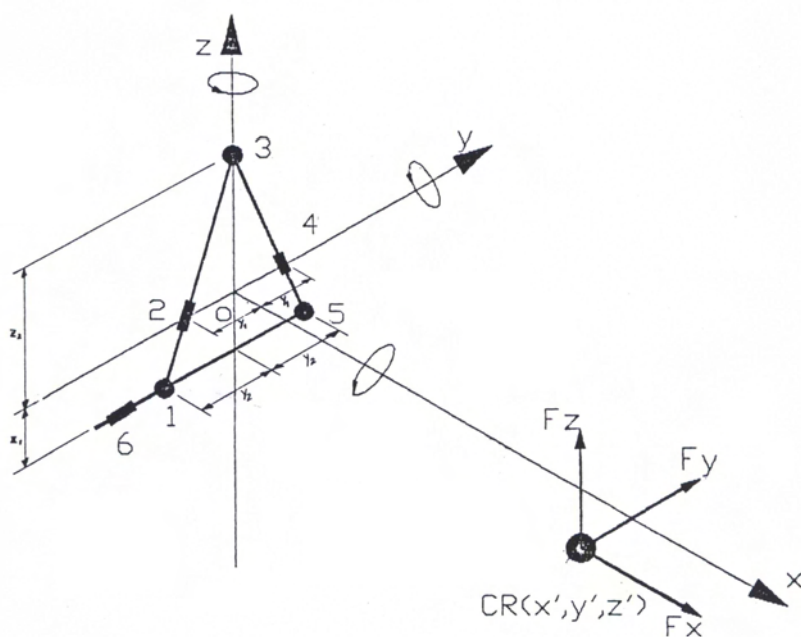


Figura 2. Esquema simplificado do dinamômetro de Ferretti (1992).

Yshimine (1993) utilizou extensômetros elétricos de resistência com o objetivo de avaliar as forças que atuam na haste, na barra de sustentação e na barra de tração de um subsolador produzido comercialmente, concluindo que os extensômetros elétricos de resistência auxiliam no dimensionamento dos órgãos que compõem o equipamento.

#### 4.7 Cobertura vegetal

Os dispositivos de corte de materiais vegetais são de grande importância para a agricultura e a pecuária, pois estão sempre presentes no dia-a-dia do meio rural, equipando várias máquinas de corte e acondicionamento de massa vegetal para

alimentação animal, máquinas de colheitas autopropelidas e implementos de preparo e mobilização de solo na presença de palhadas.

O sistema plantio direto pressupõe a existência de adequada quantidade de palha sobre a superfície do solo, onde, principalmente nas condições dos cerrados brasileiros, isso é mais difícil em função do clima que proporciona rápida decomposição e dificuldade de produção na entressafra. Sendo assim, as espécies utilizadas para cobertura do solo deverão possuir certos atributos, tais como o de produzir grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, resistência à seca e ao frio, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, elevada capacidade de reciclar nutrientes, fácil produção de sementes, elevada relação C/N, entre outros (EMBRAPA, 2000).

O êxito na semeadura direta inicia com a uniformidade de distribuição da palha no momento da colheita da cultura anterior sendo essencial que a distribuição seja a mais uniforme possível para que o corte realizado pelos discos seja feito adequadamente (GASSEN e GASSEN, 1996).

Segundo Almeida (1991), o êxito do plantio direto dependerá da disponibilidade de herbicidas que sejam eficazes nas operações de “manejo” ou “dessecação” e após a instalação da cultura. O “manejo” ou “dessecação” no sistema de plantio direto é fundamental para um bom desenvolvimento das lavouras. A eliminação das plantas daninhas antes da semeadura permite que a cultura tenha um desenvolvimento inicial rápido e vigoroso. Trabalhos têm demonstrado que aplicações sequenciais, onde são aplicados antecipadamente herbicidas sistêmicos, tais como glyphosate e 2,4-D, e após 15 a 20 dias, na véspera ou na data da semeadura, onde são aplicados herbicidas de contato como paraquat, paraquat + diuron, diquat e flumioxazin, proporcionam maior eficiência no controle das plantas daninhas e permitem a semeadura no limpo. Outro ponto importante a se observar é o intervalo de tempo entre a dessecação e a semeadura das culturas. Têm-se verificado que em áreas com alta cobertura vegetal, as culturas que são semeadas em períodos muito curtos após a operação de dessecação apresentam clorose das folhas no período inicial, com redução no desenvolvimento vegetativo, podendo implicar em queda de produtividade.

No sistema de semeadura direta, a cobertura vegetal formada pela cultura anterior provoca efeitos físicos, afetando a germinação e a taxa de sobrevivência das

plântulas de diferentes espécies. Além de alterar a umidade, a luminosidade e a temperatura do solo, que são as principais variáveis no controle da dormência e germinação das sementes, a cobertura pode interferir no desenvolvimento das plantas, causando o estiolamento e tornando-as suscetíveis aos danos mecânicos. A cobertura vegetal pode proporcionar ainda ações químicas decorrentes de mudanças nas relações C/N ou de alelopatia (PEREIRA e SCHEEREN, 2002).

Segundo Grego (2002), a dessecação em época inadequada pode levar a uma menor eficiência e rendimento da semeadora, pelo embuchamento e pela dificuldade de corte da palha, causando desuniformidade no estande da cultura. No entanto, agricultores, visando prolongar o período de semeadura, muitas vezes não aguardam a morte total das coberturas.

Estudos de diferentes coberturas vegetais no plantio direto realizados por Morrison Júnior et al. (1985) mostraram que os resíduos na superfície influenciaram o estande final de plantas, pois estão intimamente relacionados com irregularidades na superfície do solo e controle de profundidade.

Segundo Alvarenga et al. (2001) as plantas de cobertura devem oferecer pequena resistência aos componentes de corte das semeadoras-adubadoras de forma que a operação de semeadura subsequente seja realizada sem dificuldades operacionais. Os autores afirmam que a quantidade de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de resíduos é adequada ao sistema plantio direto, obtendo-se boa cobertura do solo. Alertam, porém, que dependendo da região, das condições edafoclimáticas e do tipo de planta, essa quantidade pode variar em função da facilidade ou dificuldade de produção de fitomassa e da taxa de decomposição.

Mello (2001) cita que a produção de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca de resíduos adicionados anualmente sobre a superfície é suficiente para suprir a implantação do sistema de plantio direto, com plena condição de manifestar seu potencial como sistema sustentável em regiões de temperatura média anual alta e com precipitações pluviométricas concentradas no verão.

Em relação ao manejo de plantas de cobertura, deve-se atentar para a uniformidade de distribuição, pois quanto menor o tamanho do material fragmentado, maior a velocidade de decomposição (ALVARENGA et al., 2001).



Segundo Altmann (2000) as melhores opções de cobertura para o cerrado têm sido as culturas de milho, sorgo e nabo forrageiro, por proporcionarem cobertura homogênea superior a 70% da superfície, o que contribui na redução do impacto das gotas de chuva, temperatura do solo e supressão de plantas daninhas, além de favorecer a atividade microbiana do solo.

Na Região Centro Oeste do país o sistema de plantio direto é cada vez mais utilizado e alguns cultivares de aveia preta tem se destacado, entre os cereais de inverno, pela produção de mais de 6 t ha<sup>-1</sup> de matéria verde e, também, pelo longo período vegetativo, impedindo o estabelecimento de plantas invasoras (MACHADO, 2000).

Para Yano (2002) a quantidade de palha produzida pela cultura do milho no verão tem-se mostrado promissora na sustentabilidade da rotação e sucessão de culturas em plantio direto na região de Selvíria – MS.

Segundo Grego (2002) as culturas do triticales, milho e aveia preta, semeadas na época recomendada para a região de Botucatu – SP tiveram a produção comprometida pela falta de chuvas; sendo assim, a disponibilidade hídrica da região é mais importante do que o estabelecimento da época de semeadura destas culturas como formadoras de palha para o plantio direto.

Para Marques et al. (2001) a implantação da aveia preta é muito importante para o sistema de rotação de culturas em plantio direto no Sudeste Paulista, não só pelo fornecimento de matéria seca, mas também pela formação de uma cobertura do solo bastante uniforme. Os autores ressaltam ainda, que em anos de baixa precipitação, a época de semeadura torna-se restrita em função da ocorrência de estiagens no período de março a junho.

A cultura do triticales tem como principais vantagens a baixa exigência hídrica, resistência à doenças, pragas e acidez do solo, traduzidas em maior produtividade e menor custo. Sua principal aplicação é na alimentação animal, na forma de forragem verde, feno, silagem de planta inteira ou grão úmido, grãos secos para rações, podendo ainda ser aproveitado como cobertura vegetal para o solo e adubação verde (CAMPOS et al., 1998).

De acordo com Yano (2005) a cultura do sorgo é considerada como alternativa de entressafra para produção de grãos e palha quando o ano agrícola apresentar condições pluviométricas favoráveis.

Muller et al. (2001) estudaram cinco espécies de cobertura para a formação de palha, cultivadas em vaso com diferentes níveis de compactação. Concluíram que o nabo forrageiro e a aveia preta surgiram como as melhores alternativas por apresentarem sistemas radiculares mais desenvolvidos em profundidades.

Segundo Simplício et al. (2002) diversas culturas podem ser utilizadas para a ensilagem, no entanto, o sorgo tem sido uma opção viável por apresentar facilidade de cultivo, altos rendimentos, resistência às condições adversas de clima e solo e boa qualidade de forragem. Além disso, produz considerável quantidade de massa verde, servindo como alternativa de corte ou pastejo direto.

Estudos realizados por Halyk e Hurlbut (1968) já mostravam que o conteúdo de água do material vegetal influencia a resistência desses ao corte. Nesses estudos os autores utilizaram um aparelho tipo pêndulo Charpy para demonstrarem que a resistência máxima ao corte de hastes de alfafa foi inversamente proporcional ao conteúdo de água destas plantas.

Choi e Herbach (1986) utilizaram o pêndulo de Charpy e discos lisos de corte para estudarem o comportamento dos colmos de milho em corte. Eles observaram que o conteúdo de água dos colmos de milho exerce significativo efeito na porcentagem de colmos cortados pelo disco, mas tem um pequeno efeito na energia de corte obtida pelo ensaio com o dispositivo pendular. Colmos úmidos tendem a ser mais difíceis de se cortar pelo disco liso de corte 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.

Ao testar diferentes mecanismos de corte de palha empregados no plantio direto, que atuam na linha da semeadora, Kushwaha et al. (1986) concluíram que o tipo de disco exerce grande influência sobre o corte da palha e que a demanda de potência aumenta de acordo com a velocidade de rotação do disco e a quantidade de palha.

Coelho (1998) testou diferentes combinações de sulcadores para fertilizantes e sementes, conduzido sob plantio direto, avaliando a área mobilizada, e observou que os elementos sulcadores e cortadores de palha compostos por discos, apresentam menor mobilização de solo em relação aos sulcadores de hastes. A melhor configuração obtida deixou apenas 40% de cobertura no solo, trabalhando com espaçamento de 0,5 m.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Material

#### 5.1.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em área pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, na Fazenda Experimental Lageado (Botucatu, SP), durante o ano agrícola de 2005-2006.

A área se localizava geograficamente entre as coordenadas 22° 41' Latitude Sul e 48° 34' de Longitude Oeste, altitude média de 770 m e o clima classificado, segundo Koopler, como Cwb.

Antecedendo o ensaio, para a formação de palha na área experimental, foram semeadas, em junho de 2005, as culturas do triticale (*Triticum triticosecale*), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*); em setembro de 2005, a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) e em novembro de 2005, a cultura do milho (*Zea mays* L.). A coleta dos dados foi realizada sobre os restos vegetais destas culturas após a colheita das mesmas.

### 5.1.2 Solo

O solo da área experimental foi classificado, segundo EMBRAPA (1999) como NITOSSOLO VERMELHO distroférico, com declividade média de 8%. O resultado da análise granulométrica na camada de 0-20 cm de profundidade é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Resultado da análise granulométrica do solo na área experimental.

Partículas	g.kg <sup>-1</sup>
AREIA	106
SILTE	234
ARGILA	660

O Quadro 2 apresenta os resultados da análise química do solo, sendo as amostras retiradas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

Quadro 2. Resultado da análise química do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Prof. (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g.dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> Mg.dm <sup>-3</sup>	H+AL	K	Mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>				V %
						Ca	Mg	SB	CTC	
0-10	5,8	38	28	30	6,6	42	20	69	99	69
10-20	5,6	32	25	29	5,6	47	24	76	105	72

### 5.1.3 Densidade do solo

Para coleta de amostras e determinação da densidade do solo foram utilizados saco plástico, parafina, barbante, enxadão, vidrarias, etiquetas de identificação e balança digital de precisão.

#### **5.1.4 Teor de água do solo**

Para determinação do teor de água no solo foram utilizadas cápsulas de alumínio numeradas, fita plástica, enxadão, estufa elétrica com temperatura de 105°C e balança de precisão de 0,01 g. As amostras foram coletadas em cada parcela experimental na camada de 0-10 cm de profundidade.

#### **5.1.5 Massa seca da cobertura vegetal**

Para determinar a massa seca de cada cobertura vegetal estudada foi utilizado um quadrado de madeira com dimensões de 0,50 x 0,50 m, além de faca serrilhada, sacos de papel, estufa elétrica com ventilação forçada na temperatura de 65°C e balança de precisão de 0,01 g.

#### **5.1.6 Porcentagem de cobertura vegetal do solo**

Para determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo, seguiu-se a metodologia de Laflen et al. (1981), utilizando-se cordão de plástico de 15 m de comprimento com marcação a cada 0,15 m.

#### **5.1.7 Área de solo mobilizado**

Foram utilizados um perfilômetro de varetas, descrito por Mahl (2002), que permite a determinação do perfil mobilizado do solo, composto por 37 hastes de 0,5 m, espaçadas de 0,015 m; folhas de papel de tamanho A3; e canetas porosas. Para obtenção dos cálculos de área de solo mobilizado foi utilizada uma mesa digitalizadora, marca Digicom, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural/FCA/Unesp – Botucatu.

### 5.1.8 Máquinas agrícolas

Utilizou-se um trator marca John Deere, modelo 6600, motor de 6 cilindros; potência no motor de 89 kW (121 CV) a 2300 rpm, peso total de 49300 N, com tração dianteira auxiliar (TDA), tanto para a semeadura das coberturas vegetais quanto para a coleta de dados de demanda energética, sendo acoplado ao equipamento em estudo, devidamente regulado e instrumentado.

Foi utilizado o trator marca Massey Ferguson, modelo MF 235, com potência no motor de 33 kW (45 cv) em conjunto com o pulverizador de barras marca Jacto, modelo Condor M12, barra com 12 m de comprimento, tanque com capacidade para 600 L, 24 bicos tipo leque, espaçados de 50 cm; para dessecação das cobertura vegetais antes da semeadura e depois da colheita; na aplicação de herbicida e inseticida durante o ciclo das culturas do milho e sorgo, bem como no transporte de materiais usados no campo (sementes, fertilizantes, etc.).

Para semeadura das culturas do milho e sorgo foi utilizada a semeadora-adubadora de precisão da marca Marchesan, modelo PST<sup>2</sup>, de arrasto, reservatório com capacidade para 725 kg de fertilizantes e 160 kg de sementes, com mecanismo dosador de sementes do tipo discos horizontais perfurados.

Foi utilizada também a semeadora-adubadora de arrasto, com mecanismo distribuidor de fluxo contínuo, marca Semeato, modelo SHM 15/17, com 15 linhas espaçadas de 0,20m, para semeadura das culturas da aveia preta, triticale e nabiça.

Para a colheita de todas as coberturas vegetais foi utilizada a colhedora autopropelida de grãos, marca Massey Ferguson, modelo MF 1630 com plataforma de 3,9m de largura, composta por picador e distribuidor de palha e massa total de 5459 kg.

## 5.1.9 Mecanismos de corte da palha

### 5.1.9.1 Disco de corte liso

Foi utilizado um disco de corte comercial da empresa Marchesan de 381 mm de diâmetro, 3 mm de espessura e ângulo de corte de 10,5°; conforme Figura 3.



Figura 3. Disco de corte liso.

### 5.1.9.2 Disco de corte corrugado

Foi utilizado um disco de corte comercial da empresa Marchesan de 355 mm de diâmetro, 3 mm de espessura e ângulo de corte de 5°; conforme Figura 4.



Figura 4. Disco de corte corrugado.

### 5.1.9.3 Disco de corte ondulado

Foi utilizado um disco de corte comercial da empresa Marchesan de 402 mm de diâmetro, 3 mm de espessura e ângulo de corte de 12°; conforme Figura 5.



Figura 5. Disco de corte ondulado.

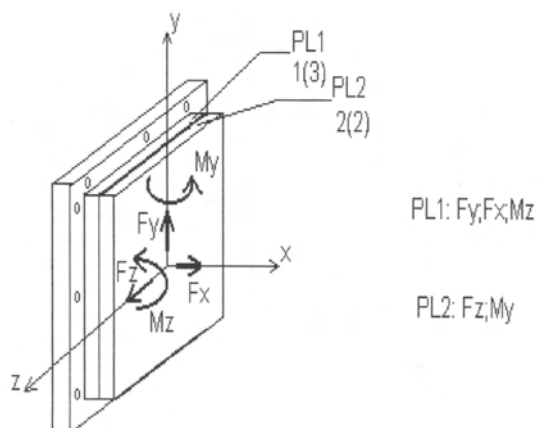
### 5.1.10 Dinamômetro

Para mensurar as forças dos mecanismos de corte de palha, foi utilizado um dinamômetro marca MSI (Figuras 6,7 e 8), equipado com extensômetros elétricos de resistência, com as seguintes dimensões: 400 x 400 x 400 mm e peso total de 800 N. Estes extensômetros foram ligados em pontes de Wheatstone, uma para cada força medida e momento, ou seja,  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_y$  e  $M_z$ . A capacidade de carga do dinamômetro era de 25000 N para cada variável. Os sinais de cada ponte foram transmitidos através de cabos, para o registrador marca Campbell, modelo “Micrologger 21 X”.

Dados complementares do anel ortogonal:

- Frequência de ressonância superior a 2,0 kHz;
- Não linearidade, 0,25% do fundo de escala – independente por canal;
- Repetibilidade 0,15% do fundo de escala – independente por canal;
- “Crosstalk” menor que 2% para um canal com carga e outro sem carga.





PL 1 – Placa com os extensômetros que fornecem as forças horizontal, vertical e momento longitudinal.

PL 2 – Placa com os extensômetros que fornecem a força lateral e momento transversal.

Figura 6. Dinamômetro.

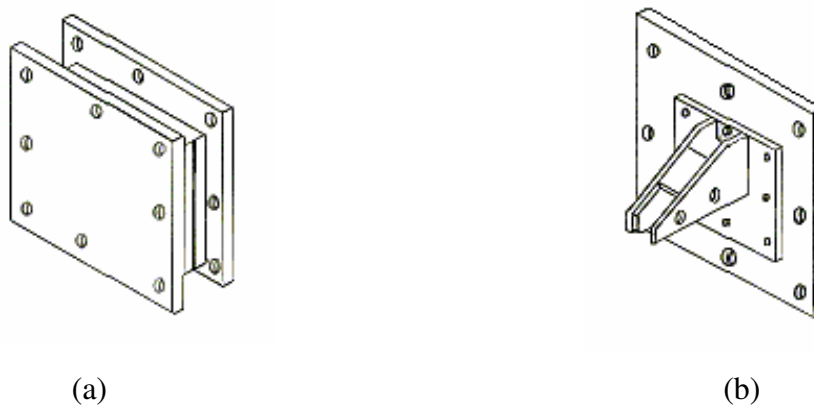


Figura 7. (a) Dinamômetro, (b) Chapa fixada ao dinamômetro para acoplamento das ferramentas rompedoras do solo.



Figura 8. Dinamômetro montado na barra porta ferramenta.

### 5.1.11 Sensor de profundidade de corte dos discos

O sensor utilizado para medir a variação da profundidade dos mecanismos de corte de palha era composto por um potenciômetro, fixo em uma chapa de aço, contendo um eixo giratório no qual foi instalada uma roda que ficava em contato com uma haste com movimento vertical conforme a variação da superfície do solo, de acordo com a Figura 9.

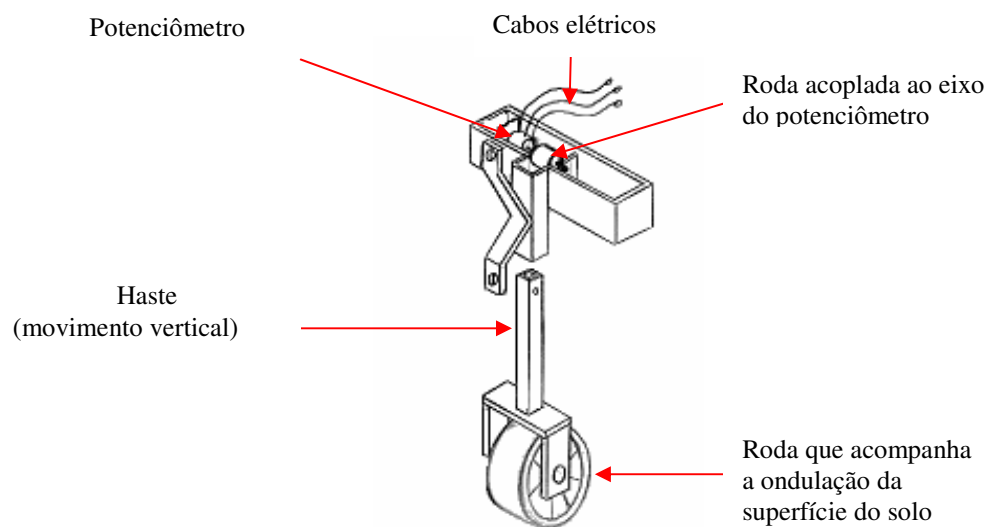


Figura 9. Sensor de profundidade.

### 5.1.12 Sistema de aquisição de dados

Foi utilizado o sistema de aquisição de dados marca Campbell, modelo “Micrologger 21X”, como pode ser observado na Figura 10, para monitorar e gravar, continuamente, os sinais gerados pelos sensores do tipo analógico (dinamômetro e potenciômetro). Com a realização da calibração dinâmica do dinamômetro, foi possível calcular os fatores de conversão para cada frequência de aquisição de dados e elaborar o Quadro 3.

De acordo com Mion (2002) pelos dados tratados na aquisição de dados optou-se pela utilização da frequência de 10 Hz, devido ao tamanho da parcela, quantidade de dados armazenados e segurança na coleta. Desta forma os sensores foram alimentados por uma bateria externa e monitorados a frequência definida na calibração e no programa de aquisição de dados. Os dados foram transferidos em tempo real para um módulo de armazenamento externo denominado “storage module – SM-192” e, posteriormente transferidos para um computador portátil, marca Compaq, modelo 1200, para monitoramento dos dados coletados no campo.

Quadro 3. Fatores de conversão para cada variável em função da frequência de aquisição.

Variável	Frequência de aquisição (Hz)			
	40	20	10	5
Força horizontal (N)	817,00	817,00	817,00	816,90
Força vertical (N)	-95,80	-95,80	-95,80	-95,80
Força lateral (N)	-532,30	-532,30	-532,30	-532,30
Momento transversal (N m)	1403,90	1403,90	1403,80	1403,90
Momento em longitudinal (N m)	20,90	20,90	20,90	20,90
Profundidade (mm)	4,30	4,30	4,30	4,30

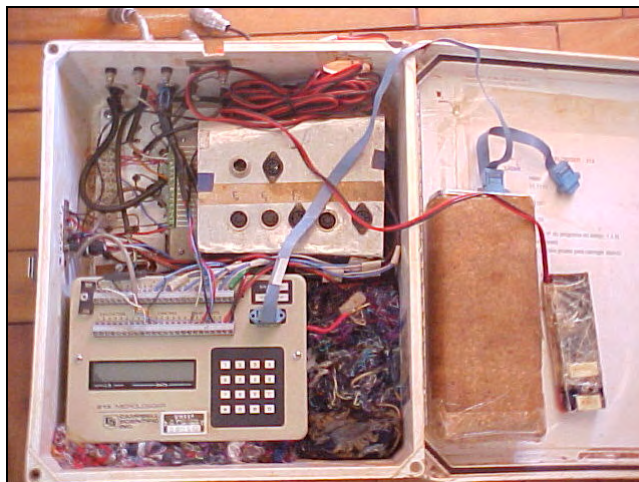


Figura 10. Sistema de aquisição de dados (Micrologger 21 X).

### 5.1.13 Barra porta ferramentas

Para a obtenção dos dados de força foi utilizado um chassi de subsolador disponível no mercado para a construção da barra porta ferramentas, desenvolvido por Mion (2002), que tinha as seguintes dimensões: 1,24 m de comprimento, 0,98 m de largura e 1,28 m de altura, e peso total de, aproximadamente, 7400 N, conforme mostram as Figuras 11 e 12.

Este equipamento foi acoplado na parte traseira do trator nos três pontos do sistema hidráulico. Para se manter a mesma regulação para todo experimento, manteve-se um nível na barra porta ferramenta (nivelamento do equipamento) para evitar valores de força aplicada incorretos.

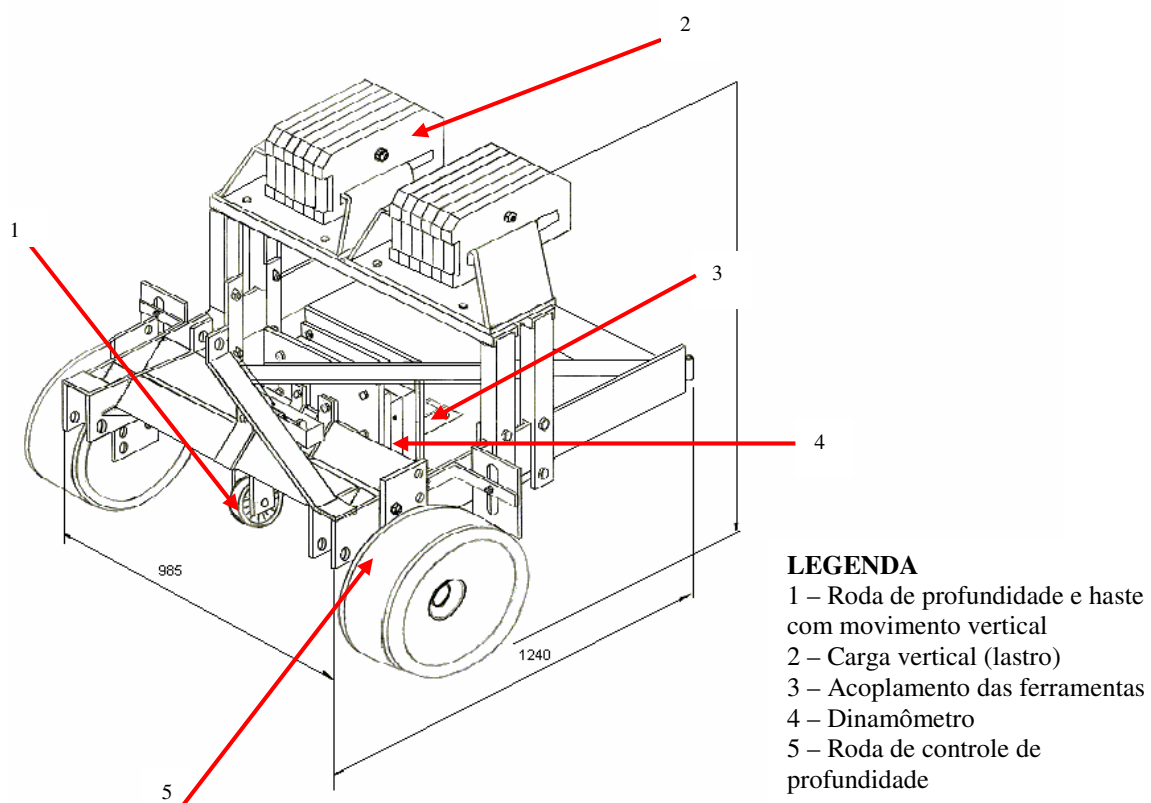


Figura 11. Esquema do equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo.



Figura 12. Vista do equipamento para ensaio de ferramentas rompedoras de solo.

### 5.1.14 Carga sobre a barra porta ferramenta

A carga vertical utilizada sobre o equipamento foi pré estabelecida em função do peso total da semeadora-adubadora para plantio direto, marca Marchesan, modelo PST<sup>2</sup>, que totalmente carregada pesava aproximadamente 18000 N, configurada para 6 linhas de semeadura, portanto 3000 N por linha. Desta forma utilizou-se 12 lastros dianteiros de trator, pesando unitariamente 250 N para simular a carga de 3000 N (plena carga); 9 lastros para a carga de 2250 N ( $\frac{3}{4}$  da carga máxima) ; 6 lastros para a carga de 1500 N ( $\frac{1}{2}$  carga) e 3 lastros para a carga de 750 N ( $\frac{1}{4}$  da carga máxima).

## 5.2 Métodos

### 5.2.1 Delineamento experimental

O experimento foi constituído por 12 tratamentos delineados em blocos ao acaso com 2 fatores e esquema fatorial 3x4, com 4 repetições totalizando 48 parcelas experimentais para cada uma das 5 coberturas vegetais estudadas.

### 5.2.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram compostos pela interação dos mecanismos de corte da palha e carga vertical aplicada, mostrados na Figura 13:

Mecanismos de corte da palha	Cargas verticais aplicadas no equipamento
DL = disco liso	C1 = 750 N
DC = disco corrugado	C2 = 1500 N
DO = disco ondulado	C3 = 2250 N
	C4 = 3000 N

Figura 13. Descrição dos tratamentos instalados no experimento.

Todos os tratamentos anteriormente descritos neste item foram aplicados nos resíduos remanescentes das seguintes culturas: milho, sorgo, aveia preta, triticale e nabiça.

### 5.2.3 Cronograma de condução dos experimentos

As seqüências das atividades de instalação, condução e coleta de amostras do experimento são apresentadas no cronograma descrito no Quadro 4.

Quadro 4. Cronograma de atividades desenvolvidas em campo e laboratório.

Data	Atividade
13/06/05	Semeadura das coberturas vegetais de aveia preta, triticale e nabiça
03/09/05	Coleta de solo para análise química.
31/09/05	Semeadura do sorgo.
10/10/05	Colheita das culturas de aveia preta, triticale e nabiça.
17/10/05	Avaliação da porcentagem de cobertura do solo
17/10/05	Dessecação dos restos vegetais das culturas de aveia preta, triticale e nabiça.
19/10/05	Demarcação da área experimental.
20/10/05	Coleta de solo para determinação de densidade do solo.
21/10/05	Regulagem e instrumentação do equipamento (dinamômetro).
22/10/05	Coleta de amostras de matéria seca dos restos vegetais de aveia preta, triticale e nabiça.
22/10/05	Coleta das amostras de teor de água do solo.
22/10/005	Coleta de dados de força ( $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , $M_y$ e $M_z$ ), profundidade de corte dos discos e velocidade de deslocamento para as coberturas de aveia preta, triticale e nabiça.
23/10/05	Coleta de dados de área de solo mobilizado.
28/11/05	Semeadura do milho.

15/03/06	Colheita da cultura do sorgo.
12/04/06	Colheita da cultura do milho.
13/04/06	Dessecação dos restos vegetais das culturas de milho e sorgo.
18/04/06	Coleta de amostras de matéria seca dos restos vegetais de milho e sorgo.
18/04/06	Avaliação da porcentagem de cobertura do solo.
18/04/06	Coleta das amostras de teor de água do solo.
18/04/06	Coleta de dados de forças ( $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , $M_y$ e $M_z$ ), profundidade dos discos e velocidade de deslocamento para as coberturas de milho e sorgo.
18/04/06	Coleta de dados de área de solo mobilizado.

---

#### **5.2.4 Instalação e condução dos experimentos**

Cada parcela possuía 3 m de largura por 20 m de comprimento, perfazendo uma área total de 60 m<sup>2</sup>. Entre os blocos foi deixado um carreador com 10 m para manobras e estabilização do equipamento antes do início da aquisição de dados.

#### **5.2.5 Teor de água do solo**

O método utilizado foi o gravimétrico padrão, com base na massa de solo seco em estufa à temperatura de 110° C até atingir massa constante, conforme EMBRAPA (1997), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Foi coletada uma amostra em cada parcela na camada de 0-10 cm de profundidade. O solo coletado foi colocado em cápsulas de alumínio, estas foram vedadas com fita plástica e transportadas ao laboratório, onde foram pesadas em balança digital e levadas à estufa elétrica, com temperatura de aproximadamente 105°C por 24 horas, pesando-as novamente.



### **5.2.6 Densidade do solo**

A densidade do solo foi determinada na camada de 0-10 cm de profundidade utilizando o método do torrão parafinado, descrito conforme EMBRAPA (1997). Em cada parcela foi coletada uma amostra de solo totalizando 4 amostras por tratamento.

### **5.2.7 Massa seca da cobertura vegetal**

Para determinar a massa seca da cobertura vegetal, foram coletadas duas amostras por parcela, cortando todo o material existente na área do quadrado de madeira descrito anteriormente, conforme metodologia descrita por Chaila (1986). Em seguida foram levadas para estufa com circulação forçada de ar por 48 h à temperatura de 65°. Após 48 h as amostras foram pesadas, calculadas e transformadas em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### **5.2.8 Porcentagem de cobertura do solo**

Seguiu-se a metodologia descrita por Laflen et al. (1981), contando os pontos que possuíam cobertura vegetal ao longo da fita de 15 m com marcações a cada 0,15 m, perfazendo um total de 100 pontos. A contagem foi feita em diagonais e, em seguida, tirado um valor médio de cada parcela, sendo realizada antes e após a passagem do equipamento com os discos de corte.

### **5.2.9 Velocidade de deslocamento**

A velocidade média de deslocamento foi obtida através de método indireto através da frequência de aquisição (10 Hz) do coletor de dados, sendo de dez registros por segundo. O tempo gasto para percorrer cada parcela correspondeu ao número de registros

obtidos, que foram armazenados no intervalo de 0,1s cada, sendo a velocidade média de deslocamento calculada pela Equação 1:

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

Onde:

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

$L$  = comprimento da parcela (20 m)

$\Delta t$  = tempo gasto para percorrer a parcela (s)

3,6 = constante

Em função dos tratamentos propostos, a marcha do trator (2B) e a rotação do motor (1800 rpm) foram mantidas constantes.

#### **5.2.10 Área de solo mobilizado**

A área de solo mobilizado foi determinada logo após a passagem do equipamento. Marcou-se o perfil da superfície do solo em folhas de papel, 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 por onde passaram os discos de corte 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 pelos discos de corte, traçou-se uma linha ligando as extremidades dos pontos coletados em cada folha, os quais forneceram o perfil natural do solo em cada linha de passagem dos discos. 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 passada e foi obtida por meio de digitalização, em escala real, por uma mesa digitalizadora, sendo calculada em  $\text{cm}^2$  pelo “software” SPLAN – Sistema de Planimetria, desenvolvido pelo CINAG – Centro de Informática na Agricultura da FCA/Unesp de Botucatu.

Coletou-se uma amostra por cada linha de passagem do equipamento com os discos de corte.



Figura 14. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado.

#### **5.2.11 Força horizontal ( $F_x$ ), vertical ( $F_y$ ), lateral ( $F_z$ ), momento transversal ( $M_y$ ) e longitudinal ( $M_z$ ).**

Para determinar o requerimento de força e momento solicitados pelos mecanismos de corte da palha, utilizou-se o dinamômetro com sensibilidade variável para cada força solicitada e escala nominal de 2500 N, descrito anteriormente; acoplado nos três pontos do sistema hidráulico do trator.

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 responsável pela alimentação do dinamômetro.

A determinação das variáveis foi calculada através da média aritmética de todos os valores armazenados em cada parcela pelo número de dados coletados de acordo com a frequência utilizada nos sensores, seguindo a Equação 2:

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{n} \times 9,81 \quad (2)$$

em que:

F = força média (N)

F<sub>i</sub> = força instantânea (kgf)

n = número de dados registrados

9,81 = constante

### **5.2.12 Profundidade de corte dos discos**

Para determinar a profundidade de corte dos discos, foi utilizado o sensor de profundidade mostrado anteriormente na Figura 9, composto por um potenciômetro fixo a uma chapa de aço, que fazia a transformação do movimento de translação da haste, acompanhando as ondulações da superfície do solo, em rotação de uma pequena roda ligada no mesmo eixo ao potenciômetro, que sofre alteração de voltagem proporcional ao número de voltas, registrando a profundidade da ferramenta, através da transmissão de sinais para o sistema de aquisição de dados.

### **5.2.13 Força horizontal por área de solo mobilizado**

Para a determinação da força horizontal por área de solo mobilizado, utilizou-se a relação entre a média da força horizontal requerida em cada tratamento dividido pela média da área de solo mobilizado.

#### **5.2.14 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.

#### **5.2.15 Análise estatística dos dados**

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do “software” ESTAT, os quais foram tabulados e submetidos à análise de variância. Quando o teste F mostrou-se significativo a 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação entre médias.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e análises estatísticas referentes aos dados obtidos nos experimentos, bem como os valores calculados a partir destes, foram apresentados na forma de quadros, em que as médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando não foram colocadas letras dentro do corpo do quadro, significa que não houve diferença mínima significativa entre as interações.

No corpo do texto, para efeito de abreviações, foram utilizadas as seguintes terminologias: DL (disco de corte liso), DC (disco de corte corrugado) e DO (disco de corte ondulado); DMS – diferença mínima significativa; CV (%) – coeficiente de variação; DMS cargas - diferença mínima significativa entre as médias das cargas verticais aplicadas; DMS discos - diferença mínima significativa entre as médias dos discos de corte; DMS carga d. disco – diferença mínima significativa da interação das cargas aplicadas dentro dos discos de corte; DMS disco d. carga - diferença mínima significativa da interação dos discos de corte dentro das cargas aplicadas.

A seqüência da apresentação dos resultados foi feita agrupando-se os dados médios das variáveis em cada cobertura vegetal, seguida da discussão referente as mesmas para cada parâmetro avaliado.

No apêndice deste trabalho consta o programa computacional utilizado para obtenção dos dados no coletor (Micrologger 21 X), que pode servir para trabalhos futuros desenvolvidos com o mesmo equipamento.

### 6.1 Teor de água do solo

No Quadro 5, são apresentados os valores de teor de água do solo no dia da realização dos experimentos.

Quadro 5. Teor de água do solo (%) nas diferentes coberturas vegetais, na camada de 0-10 cm de profundidade, no momento da instalação dos experimentos.

Cobertura	Repetições				Médias
	1	2	3	4	
<b>Milho</b>	29,57	30,48	28,12	29,85	29,51
<b>Sorgo</b>	30,94	28,21	31,79	29,25	30,05
<b>Aveia Preta</b>	24,66	25,60	24,88	25,26	25,10
<b>Triticale</b>	25,41	25,64	25,51	24,73	26,07
<b>Nabiça</b>	25,78	25,52	24,97	24,64	25,23

Observa-se que entre cada experimento, ou seja, para cada cobertura vegetal, o teor de água do solo foi diferente, pois os experimentos foram realizados em épocas distintas, ou seja, nas coberturas de aveia preta, triticale e nabiça os experimentos foram realizados em outubro de 2005 e nas coberturas do milho e sorgo em abril de 2006.

Apesar dos experimentos serem realizados em áreas distintas, entre as repetições o teor de água do solo se manteve semelhante. Isto é importante, pois, dados de demanda energética estão diretamente proporcionais ao teor de água no solo. Estudando o desempenho de semeadoras em solos argilosos, Casão Júnior et al. (2000), observaram que os resultados da força específica média, evidenciam a correlação positiva entre a força específica e a consistência do solo, sendo que com o aumento do teor de água induziu aumento na força de tração.

## 6.2 Densidade do solo

Os dados médios de densidade do solo são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6. Densidade do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ ), na camada de 0-10 cm de profundidade para as diferentes coberturas vegetais.

Cobertura	Repetições				Médias
	1	2	3	4	
<b>Milho</b>	1,40	1,37	1,34	1,35	1,36
<b>Sorgo</b>	1,36	1,38	1,42	1,37	1,38
<b>Aveia Preta</b>	1,33	1,38	1,37	1,28	1,34
<b>Triticale</b>	1,35	1,34	1,32	1,33	1,33
<b>Nabiça</b>	1,37	1,33	1,41	1,39	1,38

Observa-se que, para a densidade do solo, não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos estudados. Isto pode ser devido a homogeneidade da área, pois esta área vinha sendo conduzida com as mesmas variáveis, ou seja, tipo de semeadura, tratos culturais e colheita de forma padronizada.

## 6.3 Massa seca da cobertura vegetal

Os resultados das médias para massa seca da cobertura vegetal são apresentados no Quadro 7.

Observa-se a existência de diferenças nas quantidades de massa seca da cobertura vegetal, variando de  $2393 \text{ kg ha}^{-1}$  para a nabiça, até  $7144 \text{ kg ha}^{-1}$  para a aveia preta. Os restos culturais das culturas de milho e sorgo tiveram altos valores de matéria seca em se tratando de resíduos de colheita com  $6701$  e  $5495 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente. Esta diferença de quase 300% da aveia preta para a nabiça é importante, pois quanto maior a quantidade de massa seca, maior será a resistência do disco ao corte, com isso, maior demanda de forças horizontal e vertical.



Quadro 7. Valores médios da massa seca da cobertura vegetal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.

Cobertura	Repetições				Médias
	1	2	3	4	
<b>Milho</b>	6358	6544	7142	6761	6701
<b>Sorgo</b>	5376	5475	5687	5441	5495
<b>Aveia Preta</b>	7242	7157	7417	7158	7144
<b>Triticale</b>	6240	6123	6251	5759	6093
<b>Nabiça</b>	2334	2487	2473	2276	2393

A cultura da nabiça, apesar de ser de baixo custo, por se tratar de uma planta daninha encontrada na região, produz pouca palha, tornando-se um problema para o cultivo em sistema de plantio direto; porém pode ser usada para produção de óleo e como uma planta descompactadora de solo.

As coberturas de milho, sorgo, aveia preta e triticale apresentaram uma maior condição de formação de palha. Além disso, a cultura da aveia preta e do triticale estão adaptadas para a semeadura de inverno na região, que se apresenta com baixas precipitações. Estas culturas podem ter suas sementes e partes vegetativas comercializadas, maximizando a rentabilidade do produtor, conforme descrito por (DUCA et al., 1999).

As altas quantidades de massa seca das culturas estudadas se devem a precipitação pluviométrica regular obtida durante a condução dos experimentos, a qual influenciou significativamente na produtividade das coberturas vegetais.

Todos os restos culturais das culturas de cobertura foram dessecados com herbicida antes da realização dos experimentos para homogeneizar a condição de teor de água das plantas, a qual interfere na resistência ao corte pelos discos utilizados.

#### 6.4 Porcentagem de cobertura vegetal do solo

Os resultados das médias de porcentagem de cobertura vegetal do solo estão apresentados no Quadro 8.

Quadro 8. Valores médios da porcentagem de cobertura vegetal do solo (%).

Cobertura	Repetições				Médias
	1	2	3	4	
<b>Milho</b>	98	97	99	98	98
<b>Sorgo</b>	89	84	92	95	90
<b>Aveia Preta</b>	100	98	99	98	99
<b>Triticale</b>	87	86	83	85	85
<b>Nabiça</b>	67	65	59	60	63

Os resultados mostram que todas as coberturas vegetais estavam aptas para servir de palha para o plantio direto, pois segundo a ASAE (1996) para ser considerado um preparo conservacionista o mesmo deve ter mais de 30% de cobertura do solo.

A cobertura com nabiça apresentou os menores valores de cobertura do solo, pois na época da colheita, esta deixa pouca matéria seca no solo, além de possuir um baixo valor de relação C/N favorecendo a decomposição mais rápida.

As culturas do milho e da aveia preta apresentaram, praticamente, 100% de cobertura do solo, deixando a área homogênea para o corte realizado pelos discos.

#### 6.5 Velocidade de deslocamento

Os valores médios de velocidade de deslocamento do conjunto trator – equipamento são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9. Valores médios de velocidade de deslocamento ( $\text{km h}^{-1}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	5,35	5,31	5,31	5,20	5,29 A
<b>DC</b>	5,22	5,21	5,22	5,17	5,21 B
<b>DO</b>	5,21	5,19	5,17	5,18	5,19 B
<b>Média</b>	5,26 a	5,24 a	5,23 ab	5,18 b	5,23
DMS discos = 0,050; DMS cargas = 0,055; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 6,05%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	5,03	5,12	4,94	5,03	5,03 A
<b>DC</b>	5,02	4,98	4,94	4,88	4,96 AB
<b>DO</b>	4,96	4,91	4,93	4,82	4,91 B
<b>Média</b>	5,01 a	5,01 a	4,94 a	4,91 a	4,97
DMS discos = 0,099; DMS cargas = 0,126; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 5,30%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	5,35	5,25	5,17	5,16	5,23 A
<b>DC</b>	5,17	5,09	5,16	4,98	5,10 B
<b>DO</b>	5,09	4,99	4,97	4,92	4,99 C
<b>Média</b>	5,20 a	5,11 ab	5,09 b	5,02 b	5,11
DMS discos = 0,077; DMS cargas = 0,097; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 7,73%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	5,34	5,34	5,21	5,21	5,27 A
<b>DC</b>	5,20	5,19	5,16	5,17	5,18 B
<b>DO</b>	5,09	5,11	5,07	5,10	5,09 C
<b>Média</b>	5,21 a	5,21 a	5,14 a	5,16 a	5,18
DMS discos = 0,055; DMS cargas = 0,071; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 6,23%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	5,46	5,36	5,31	5,28	5,35 A
<b>DC</b>	5,25	5,22	5,20	5,18	5,21 B
<b>DO</b>	5,17	5,12	5,13	5,06	5,12 C
<b>Média</b>	5,29 a	5,24 b	5,21 bc	5,17 c	5,23
DMS discos = 0,039; DMS cargas = 0,050; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 5,06%					

Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos em relação aos discos de corte para todas as coberturas. Não houve interação entre as cargas estudadas em relação aos discos de corte para cada carga vertical aplicada. Houve diferença estatística entre as cargas verticais aplicadas para as culturas do milho, aveia preta e nabiça, sendo que os maiores valores de velocidade de deslocamento foram obtidos com as menores cargas e diminuindo conforme se aumenta a carga aplicada. Não ocorreram diferenças estatísticas para as cargas aplicadas na cultura do sorgo e do triticale.

Em relação aos discos de corte em todas as coberturas os maiores valores de velocidade de deslocamento foram obtidos para o disco liso, seguido do disco corrugado e do disco ondulado. Verifica-se que a menor velocidade de deslocamento para estes discos se deve ao formato da ferramenta, em que os discos ondulados possuem maior área de contato com o solo, ou seja, maior superfície específica, provocando uma maior resistência ao rolamento. Estes resultados concordam com Dickey (1992). Este autor afirma que discos mais largos requerem menor velocidade de deslocamento e recomenda que os discos não ultrapassem uma polegada de largura de corte.

Os maiores valores de velocidade de deslocamento foram obtidos para a cobertura vegetal de milho e da nabiça. Isto pode ser explicado devido a palha de milho se encontrar com pouca umidade facilitando o corte e, quanto a cobertura de nabiça, os maiores valores obtidos se devem a menor quantidade de matéria seca presente na superfície do solo durante o experimento. Com isso, ocorreu uma diminuição na patinagem das rodas do trator, aumentando assim a velocidade de deslocamento do conjunto.

Os valores de velocidade de deslocamento estão abaixo dos valores encontrados por Germino (2004), que trabalhando com o mesmo equipamento obteve uma média de 5,76 km h<sup>-1</sup>, que afirma ainda que o uso do disco de corte liso não interferiu nas médias deste parâmetro.

## **6.6 Área de solo mobilizado**

Os valores médios da área de solo mobilizado são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10. Valores médios de área de solo mobilizado (cm<sup>2</sup>) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	20,55 Ca	22,08 Bb	22,69 ABb	23,02 Ab	22,09 B
<b>DC</b>	19,61 Cc	20,14 BCc	20,54 ABc	21,05 Ac	20,34 C
<b>DO</b>	33,32 Da	34,81 Ca	37,41 Ba	41,20 Aa	36,69 A
<b>Média</b>	24,50 d	25,68 c	26,88 b	28,42 a	26,37
DMS discos = 0,32; DMS cargas = 0,41; DMS carga d. disco = 0,71; DMS disco d. carga = 0,64; CV = 14,05%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	18,78 Cc	18,91 Cc	19,54 Bc	22,03 Ac	19,82 C
<b>DC</b>	20,11 Cb	20,13 Cb	21,43 Bb	24,49 Ab	21,54 B
<b>DO</b>	34,92 Ca	35,08 Ca	35,69 Ba	40,25 Aa	36,48 A
<b>Média</b>	24,60 c	24,71 c	25,56 b	28,92 a	25,94
DMS discos = 0,23; DMS cargas = 0,29; DMS carga d. disco = 0,50; DMS disco d. carga = 0,46; CV = 10,14%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	17,48 Bb	18,23 ABb	18,55 ABc	19,23 Ac	18,37 C
<b>DC</b>	18,54 Bb	19,44 Bb	19,87 ABb	20,84 Ab	19,67 B
<b>DO</b>	29,78 Da	33,62 Ca	39,29 Ba	41,79 Aa	36,12 A
<b>Média</b>	21,93 d	23,76 c	25,90 b	27,29 a	24,72
DMS discos = 0,63; DMS cargas = 0,81; DMS carga d. disco = 1,39; DMS disco d. carga = 1,26; CV = 9,37%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	18,91 Cb	18,52 Cb	20,79 Bc	23,17 Ac	20,35 C
<b>DC</b>	17,65 Dc	19,25 Cb	23,44 Bb	28,13 Ab	22,12 B
<b>DO</b>	33,53 Ca	31,75 Da	34,69 Ba	41,28 Aa	35,32 A
<b>Média</b>	23,37 c	23,17 c	26,31 b	30,86 a	25,93
DMS discos = 0,38; DMS cargas = 0,48; DMS carga d. disco = 0,83; DMS disco d. carga = 0,76; CV = 6,79%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	21,09 Cc	21,33 Cc	22,15 Bc	24,07 Ac	22,16 C
<b>DC</b>	22,08 Cb	22,19 Cb	24,24 Bb	25,65 Ab	23,54 B
<b>DO</b>	34,10 Da	34,78 Ca	39,26 Ba	45,51 Aa	38,41 A
<b>Média</b>	25,75 c	26,10 c	28,55 b	31,75 a	28,04
DMS discos = 0,28; DMS cargas = 0,35; DMS carga d. disco = 0,61; DMS disco d. carga = 0,56; CV = 11,41%					

Constatou-se que houve diferenças estatísticas significativas entre os fatores estudados em todas as coberturas vegetais. A carga vertical aplicada de 3000 N (C4) foi aquela que apresentou os maiores valores de área de solo mobilizado em relação às outras cargas verticais para todos os tratamentos.

Houve uma tendência, com diferença estatística significativa, de quanto maior carga vertical aplicada maior a área de solo mobilizado pelos discos de corte.

Os tratamentos com disco de corte do tipo disco ondulado mobilizou maior área de solo, seguido do disco corrugado e do liso para a maioria das coberturas vegetais estudadas. Somente para a cobertura de milho os tratamentos com disco liso obtiveram maiores valores em relação ao disco corrugado. Este comportamento pode ser explicado devido ao desenho da ferramenta em que o disco ondulado tem maior área de contato com o solo. Os resultados estão de acordo com Righes et al. (1990) que avaliando oito mecanismos de mobilização de solo para plantio direto, concluíram que dentre os diferentes discos de corte testados, os discos lisos foram os que mobilizaram menor volume de solo e os discos ondulados o maior volume.

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.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mion (2002) que estudando diferentes mecanismos de penetração no solo em diferentes cargas verticais aplicadas concluiu que quanto maior a carga aplicada maior a área mobilizada de solo pelos sulcadores.

Embora não tendo feito comparação entre as culturas estudadas, nota-se que os maiores valores de área de solo mobilizado ocorreram na cultura da nabiça. Estes resultados podem ser explicados devido a menor quantidade de massa seca da nabiça, obtendo maior penetração dos discos de corte no solo, com isso, mobilizando uma maior área de solo.

### **6.7 Profundidade de penetração dos discos**

No Quadro 11, são apresentados os valores médios da variação da profundidade de penetração dos discos no solo nas diferentes cargas verticais aplicadas.

Quadro 11. Valores médios de profundidade de penetração dos discos de corte (mm) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	43 Ca	54 Ba	55 Ba	61 Aa	53 A
<b>DC</b>	37 Db	45 Cb	52 Ba	63 Aa	49 B
<b>DO</b>	43 Ca	47 Bb	53 Ba	55 Ab	49 B
<b>Média</b>	41 d	48 c	53 b	60 a	50,5
DMS discos = 1,50; DMS cargas = 1,91; DMS carga d. disco = 3,31; DMS disco d. carga = 3,00; CV = 3,42%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	38 Db	41 Cb	51 Bb	58 Aa	47 B
<b>DC</b>	42 Da	49 Ca	57 Ba	60 Aa	52 A
<b>DO</b>	36 Cc	47 Ba	48 Bc	56 Ab	47 B
<b>Média</b>	38 d	45 c	52 b	58 a	48,4
DMS discos = 0,97; DMS cargas = 1,23; DMS carga d. disco = 2,13; DMS disco d. carga = 1,93; CV = 2,30%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	42	53	59	67	55 A
<b>DC</b>	41	52	57	63	53 B
<b>DO</b>	39	46	54	59	50 C
<b>Média</b>	41 d	50 c	57 b	63 a	52,6
DMS discos = 1,51; DMS cargas = 1,93; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 3,31%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	46 Ba	49 Ba	59 Aa	61 Aab	54 A
<b>DC</b>	48 Da	52 Ca	58 Ba	64 Aa	55 A
<b>DO</b>	42 Db	50 Ca	53 Bb	58 Ab	51 B
<b>Média</b>	45 d	50 c	57 b	61 a	53,2
DMS discos = 1,54; DMS cargas = 1,93; DMS carga d. disco = 3,41; DMS disco d. carga = 3,09; CV = 3,31%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	51 Da	55 Ca	60 Ba	68 Aa	58 A
<b>DC</b>	50 Ca	55 Ba	55 Bb	64 Ab	56 B
<b>DO</b>	48 Ca	54 Ba	56 Bb	60 Ac	54 B
<b>Média</b>	50 d	55 c	57 b	64 a	56,2
DMS discos = 1,46; DMS cargas = 1,87; DMS carga d. disco = 3,22; DMS disco d. carga = 2,92; CV = 3,06%					

Observa-se que houve diferença estatística significativa para todas as coberturas vegetais estudadas.

Verifica-se que para todas as culturas quanto maior a carga vertical aplicada maior foi a profundidade de penetração dos discos.

Em relação aos discos de corte, o disco ondulado obteve os menores valores de profundidade de penetração em relação aos demais. O disco liso obteve os maiores valores nas culturas do milho, aveia preta e nabiça. O disco de corte corrugado obteve os maiores valores para as coberturas do sorgo e do triticales. Explica-se pelo fato do disco liso e do disco corrugado possuírem menor ângulo de corte, com isso, aumenta-se a eficiência do corte da palha.

Os maiores valores médios gerais de profundidade de penetração dos discos foram obtidos para a cobertura da nabiça seguida do triticales, aveia preta, milho e sorgo. Estes resultados podem ser explicados devido a menor quantidade de massa seca da nabiça facilitando a penetração dos discos no solo.

Os menores valores obtidos na cobertura com sorgo se devem a dificuldade de corte da palha do sorgo por esta ser muito fibrosa e resistente. A cobertura de aveia preta, apesar de possuir maior massa seca em relação às outras, é de fácil corte e manejo.

Com base na não homogeneidade da quantidade de restos vegetais no solo, ocorrida na maioria das áreas de semeadura; e pelos resultados obtidos neste experimento, tem-se que a semeadora deve ser regulada com pouco peso, isto é, com o mínimo de carga de adubo e semente para que não haja diferenças na profundidade de corte dos discos durante o processo de semeadura, o que não é realizado pela maioria dos produtores. Explica-se devido ao fato de que quando a semeadora corta a palha com o mínimo de carga, esta cortará também quando tiver com a capacidade máxima limitando a sua profundidade no eixo do disco de corte. Ao contrário, quando regulada para o corte da palha na capacidade máxima, esta pode não cortar a palha adequadamente quando ocorrer a diminuição do peso total, ou seja, com carga mínima, podendo ocorrer o embuchamento da máquina e o envelopamento das sementes.



## 6.8 Força horizontal

Os resultados médios de força horizontal são apresentados no Quadro 12. Verifica-se que houve diferença estatística significativa para todas as coberturas vegetais estudadas.

Em relação aos discos de corte, os tratamentos com o disco ondulado obtiveram o maior requerimento de força horizontal para vencer a resistência do solo, em comparação aos demais discos de corte, possivelmente pelo desenho do disco e por sua ação dinâmica no solo ser diferente das demais e, de certo modo, mobilizando maior área de solo.

Os discos de corte do tipo liso e corrugado tiveram desempenho semelhante em relação aos valores de força horizontal, com exceção nas culturas do milho e da aveia preta, cujas diferenças se devem às profundidades de penetração do disco, onde o disco liso sempre resulta em maior profundidade, o que ocasiona maior força horizontal.

A cobertura vegetal do sorgo foi aquela que apresentou os maiores valores de força horizontal (167 N) seguida do milho, aveia preta, triticales e nabiça respectivamente. Isto se deve a maior dificuldade de corte dos discos na palha do sorgo.

Observa-se também que com o aumento da profundidade de trabalho ocorreu aumento no requerimento de força horizontal, fato este também observado por Silva (2003), Germino (2004) e Payne (1956), pois quanto maior a profundidade de trabalho maior a resistência oferecida pelo solo ao equipamento.

Os resultados concordam com Harrison (1977) que 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%, força vertical de 31% e na força lateral de 29%. Salienta-se que os resultados de força horizontal encontrados são inferiores aos encontrados por Morrison Júnior et al. (1996).

Quadro 12. Valores médios de força horizontal (N) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	130 Bab	152 Ab	156 Ab	156 Ab	149 B
<b>DC</b>	120 Cb	126 BCc	146 Ab	143 ABb	134 C
<b>DO</b>	138 Ca	181 Ba	197 Ba	222 Aa	185 A
<b>Média</b>	129 c	153 b	166 a	174 a	155,9
DMS discos = 8,33; DMS cargas = 10,59; DMS carga d. disco = 18,36; DMS disco d. carga = 16,64; CV = 16,15%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	140 Db	158 Bb	165 Cb	152 Ac	154 B
<b>DC</b>	137 Db	148 Cc	160 Bb	169 Ab	153 B
<b>DO</b>	151 Da	190 Ca	199 Ba	231 Aa	192 A
<b>Média</b>	142 d	166 c	175 b	184 a	166,7
DMS discos = 2,81; DMS cargas = 3,58; DMS carga d. disco = 6,19; DMS disco d. carga = 5,61; CV = 19,38%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	121 Ba	143 Aa	146 Ab	147 Ab	139 B
<b>DC</b>	99 Bb	104 Bb	143 Ab	141 Ab	122 C
<b>DO</b>	129 Ca	153 Ba	159 Ba	185 Aa	156 A
<b>Média</b>	117 d	133 c	149 b	158 a	139
DMS discos = 6,06; DMS cargas = 7,71; DMS carga d. disco = 13,36; DMS disco d. carga = 12,12; CV = 15,02%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	97 Ba	124 Aa	128 Ab	143 Ab	123 B
<b>DC</b>	105 Ca	131 Ba	124 BCb	167 Aa	132 B
<b>DO</b>	111 Ba	129 Ba	166 Aa	181 Aa	146 A
<b>Média</b>	104 c	128 b	139 b	164 a	134
DMS discos = 9,34; DMS cargas = 11,89; DMS carga d. disco = 20,60; DMS disco d. carga = 18,68; CV = 18,04%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	89 Ba	115 Aa	115 Ab	131 Ab	112 B
<b>DC</b>	103 Aa	105 Aa	121 Aab	124 Ab	113 B
<b>DO</b>	104 Ba	103 Ba	141 Aa	151 Aa	125 A
<b>Média</b>	98 b	108 b	126 a	135 a	117
DMS discos = 10,21; DMS cargas = 12,99; DMS carga d. disco = 22,51; DMS disco d. carga = 20,42; CV = 10,01%					

## 6.9 Força vertical

Os resultados médios de força vertical são apresentados no Quadro 13.

O mecanismo de corte do tipo disco liso obteve os maiores valores de força vertical em relação aos demais mecanismos para as coberturas de milho e sorgo. Isto pode ser explicado pela presença dos restos vegetais na superfície do solo com maior dificuldade de corte, e pela função do disco em penetrar no solo. Esses valores estão próximos aos encontrados por Morrison Júnior et al. (1996), Mion (2002) e Chang et al. (1986). Entretanto, pode-se observar que para as coberturas de triticale e nabiça, o disco de corte do tipo ondulado foi aquele que obteve os maiores valores de força vertical, devido a resistência oferecida pelo solo à penetração e pela palha presente na superfície ser cortada de modo mais fácil, com isso, a força vertical requerida se encontra em função da resistência do solo e não da palha, concordando com Chang et al. (1983), Kushwaha et al. (1986) e Portella (1983).

Quadro 13. Valores médios de força vertical (N) em diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	119 Ba	138 Aa	130 ABa	128 ABab	129 A
<b>DC</b>	89 Cb	114 ABb	103 BCb	118 Ab	106 B
<b>DO</b>	94 Bb	128 Aa	136 Aa	133 Aa	122 A
<b>Média</b>	101 b	126 a	123 a	126 a	119
DMS discos = 6,76; DMS cargas = 8,61; DMS carga d. disco = 14,92; DMS disco d. carga = 13,53; CV = 12,54%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	124 Ba	133 ABa	141 Aa	148 Ab	137 A
<b>DC</b>	98 Cb	116 Bb	138 Aa	125 ABc	119 B
<b>DO</b>	114 Ca	97 Dc	146 Ba	167 Aa	131 A
<b>Média</b>	112 b	116 b	142 a	146 a	129
DMS discos = 7,30; DMS cargas = 9,29; DMS carga d. disco = 16,08; DMS disco d. carga = 14,59; CV = 16,50%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	103 Ba	99 Bb	131 Aa	120 ABa	113 A
<b>DC</b>	112 Aa	117 Aab	105 Ab	116 Aa	112 A
<b>DO</b>	98 Ba	123 ABa	128 Aa	121 ABa	117 A
<b>Média</b>	104 b	113 ab	121 a	119 ab	114
DMS discos = 11,25; DMS cargas = 14,33; DMS carga d. disco = 24,82; DMS disco d. carga = 22,51; CV = 11,34%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	89 Ba	86 Bb	97 Bc	115 Aa	97 C
<b>DC</b>	94 Ba	114 Aa	115 Ab	109 ABa	108 B
<b>DO</b>	103 Ca	127 ABa	137 Aa	118 BCa	122 A
<b>Média</b>	95 b	109 a	117 a	114 a	109
DMS discos = 8,36; DMS cargas = 10,65; DMS carga d. disco = 18,44; DMS disco d. carga = 16,73; CV = 8,84%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	101 Aa	89 Ab	110 Aab	112 Ab	103 B
<b>DC</b>	102 ABa	110 ABa	97 Bb	122 Aab	108 B
<b>DO</b>	92 Ba	121 Aa	127 Aa	136 Aa	119 A
<b>Média</b>	98 b	106 b	112 ab	123 a	110
DMS discos = 10,43; DMS cargas = 13,38; DMS carga d. disco = 23,01; DMS disco d. carga = 20,87; CV = 10,92%					

### 6.10 Força lateral

Os resultados de força média lateral são apresentados no Quadro 14.

Verifica-se que, independente da carga vertical aplicada, o disco ondulado apresentou valores de força lateral superior aos demais discos de corte. Isso mostra uma tendência do equipamento possuir força lateral maior para o lado em que se dá a declividade do terreno, o que pode causar problemas de avarias nos discos de corte, quando as semeadoras-adubadoras estiverem trabalhando em local com alta declividade, como no caso destes experimentos. Estes resultados de força lateral também podem ter ocorrido pela interação solo-metal causando fricção e gerando forças laterais aumentando, desta forma, a resistência ao rolamento. Os resultados podem ser diferentes quando se trabalha em condições de baixa declividade. Salienta-se que estes valores de força lateral para os diferentes tipos de discos de corte são superiores aos encontrados por Morrison Júnior et al. (1996) e Mion (2002), podendo ser explicado devido a maior declividade do terreno.

Para o mecanismo de corte do tipo disco ondulado, o aumento da carga vertical proporcionou maiores valores de força lateral, mostrando que este comportamento provavelmente deve-se ao desenho da ferramenta. A força lateral para os discos do tipo corrugado e liso teve comportamento semelhante. Outro fator importante a ressaltar é que estes valores obtidos podem ser devido à variação de direção do deslocamento do trator, ou seja, o trator nunca trabalha em linha reta, o que resulta em movimentação lateral e esforço diferenciado dos discos.

Quadro 14. Valores médios de força lateral (N) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	135 Bb	174 Ab	148 Bb	127 Bc	146 B
<b>DC</b>	131 Bb	147 ABc	162 Ab	159 Ab	149 B
<b>DO</b>	196 Ca	244 Ba	247 Ba	278 Aa	241 A
<b>Média</b>	154 b	188 a	186 a	188 a	179
DMS discos = 9,97; DMS cargas = 12,69; DMS carga d. disco = 21,99; DMS disco d. carga = 19,95; CV = 16,41%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	142 Bb	187 Aa	174 Ab	177 Ab	170 B
<b>DC</b>	136 ABb	163 Aa	128 Bc	139 ABc	142 C
<b>DO</b>	204 Ba	188 Ba	211 Ba	283 Aa	222 A
<b>Média</b>	161 c	179 b	171 bc	199 a	178
DMS discos = 14,54; DMS cargas = 18,51; DMS carga d. disco = 32,06; DMS disco d. carga = 29,07; CV = 9,41%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	95 Bb	125 Aa	121 Ab	120 Ac	115 B
<b>DC</b>	108 Bab	103 Ba	138 Ab	144 Ab	123 B
<b>DO</b>	129 Ba	106 Ba	169 Aa	193 Aa	149 A
<b>Média</b>	110 b	111 b	142 a	152 a	129
DMS discos = 11,03; DMS cargas = 14,04; DMS carga d. disco = 24,32; DMS disco d. carga = 22,05; CV = 12,70%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	108	93	118	107	107 C
<b>DC</b>	101	115	136	119	117 B
<b>DO</b>	127	122	147	130	131 A
<b>Média</b>	112 b	110 b	134 a	119 b	119
DMS discos = 9,34; DMS cargas = 11,89; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 9,07%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	87 Bb	93 Bb	92 Bb	134 Aa	101 B
<b>DC</b>	103 Aab	104 Ab	107 Aab	106 Ab	105 B
<b>DO</b>	118 Ba	129 Ba	119 Ba	156 Aa	130 A
<b>Média</b>	103 b	109 b	106 b	132 a	112
DMS discos = 11,98; DMS cargas = 15,25; DMS carga d. disco = 26,42; DMS disco d. carga = 23,96; CV = 12,28%					

### 6.11 Momento transversal

Os dados de momento transversal para as diferentes coberturas vegetais são apresentados no Quadro 15.

É importante salientar que esta força chamada de momento faz com que o equipamento gire em torno do seu eixo transversal. Os discos de corte do tipo ondulado, liso e corrugado apresentaram desempenho semelhante, quanto as cargas aplicadas. Na maioria das coberturas, quanto maior carga maior o momento transversal.

Quanto ao fator disco de corte, para as coberturas de milho, sorgo e aveia preta; os maiores valores foram obtidos com a utilização do disco de corte liso. Isto pode ter acontecido devido ao disco liso possuir uma menor área de contato com o solo, com isso, qualquer deslocamento lateral do disco, implica em maior momento transversal.

Os resultados encontrados foram semelhantes aos obtidos por Mion (2002).

Para as coberturas de triticales e nabiça não houveram diferenças estatísticas significativas em relação aos discos de corte.

Deve-se salientar que os valores do parâmetro momento transversal obtidos têm um desvio padrão elevado. Estes resultados se devem aos valores de momentos não serem contínuos, isto é, existem picos máximos e mínimos de momento dependendo do deslocamento do equipamento. Quanto maior a heterogeneidade do terreno trabalhado maior será o desvio padrão destes dados.

Quadro 15. Valores médios de momento transversal (N m) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	196 Ca	218 Ba	243 Aa	254 Aa	228 A
<b>DC</b>	177 Cb	194 BCb	196 Bb	223 Ab	197 B
<b>DO</b>	174 Cb	191 BCb	193 Bb	214 Ab	193 B
<b>Média</b>	182 c	201 b	211 b	231 a	206
DMS discos = 8,18; DMS cargas = 10,41; DMS carga d. disco = 18,05; DMS disco d. carga = 16,37; CV = 14,56%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	259 Aa	243 Aa	230 Aa	263 Aa	249 A
<b>DC</b>	180 Cb	196 BCb	224 ABa	244 Aa	211 B
<b>DO</b>	169 Bb	175 Bb	212 Aa	241 Aa	199 B
<b>Média</b>	203 c	205 bc	222 b	249 a	220
DMS discos = 15,02; DMS cargas = 19,12; DMS carga d. disco = 33,12; DMS disco d. carga = 30,04; CV = 17,86%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	158 Ba	167 ABa	180 ABa	188 Aa	173 A
<b>DC</b>	148 BCab	140 Cb	167 ABab	191 Aa	161 B
<b>DO</b>	131 Cb	164 ABa	146 BCa	175 Aa	154 B
<b>Média</b>	146 c	157 bc	164 b	185 a	163
DMS discos = 11,28; DMS cargas = 14,36; DMS carga d. disco = 24,87; DMS disco d. carga = 22,56; CV = 13,95%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	156 Aa	153 Aa	161 Ab	165 Aa	159 A
<b>DC</b>	144 BCa	132 Cb	167 Ab	161 ABa	151 A
<b>DO</b>	123 Cb	134 Cb	196 Aa	162 Ba	154 A
<b>Média</b>	141 c	139 c	174 a	163 b	154
DMS discos = 8,86; DMS cargas = 11,27; DMS carga d. disco = 19,54; DMS disco d. carga = 17,72; CV = 16,61%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	141 ABa	130 ABa	124 Ba	157 Aa	138 A
<b>DC</b>	123 Bab	132 Ba	142 ABa	162 Aa	140 A
<b>DO</b>	98 Bb	133 Aa	133 Aa	146 Aa	128 A
<b>Média</b>	121 b	132 b	133 b	155 a	135
DMS discos = 12,64; DMS cargas = 16,09; DMS carga d. disco = 27,87; DMS disco d. carga = 25,28; CV = 10,75%					



## 6.12 Momento longitudinal

Os resultados de momento longitudinal nas diferentes coberturas vegetais são apresentados no Quadro 16.

Verifica-se que quanto maiores os valores da carga vertical aplicada, maiores os valores de momento longitudinal em todas as coberturas vegetais estudadas. Isto se explica pelo requerimento de força horizontal do próprio disco de corte, concordando com Chang et al. (1986), Kushwaha et al. (1986) e Mion (2002) que encontraram valores consideráveis no requerimento de força horizontal de discos de corte de palha.

Os resultados mostraram também que o disco de corte ondulado 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. Isto provavelmente deve-se ao desenho do mecanismo de corte de palha.

Observa-se a tendência de o equipamento girar em torno do eixo Z. Este momento é proveniente da irregularidade do terreno.

Salienta-se que, como para os dados de momento transversal, os valores do parâmetro momento longitudinal obtidos têm um desvio padrão elevado pela mesma razão explicada anteriormente.

Observa-se que os valores de momento longitudinal foram semelhantes para os discos de corte corrugado e liso nas coberturas de sorgo e nabiça; o que também ocorreu com os dados de força lateral. Para a cobertura de milho os maiores valores foram para o disco corrugado em relação ao disco liso. Nas coberturas de aveia preta e triticale ocorreu o contrário.

Os maiores valores de momento longitudinal foram obtidos na cobertura de sorgo. Isto pode ter ocorrido devido a não homogeneidade da palha de sorgo.

Quadro 16. Valores médios de momento longitudinal (N m) em diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	53,3 Aa	46,9 Bc	34,4 Cc	43,1 Bc	44,4 C
<b>DC</b>	40,5 Cb	66,2 Ba	68,1 Bb	73,8 Ab	58,5 B
<b>DO</b>	24,9 Cc	54,6 Bb	75,1 Aa	79,3 Aa	62,2 A
<b>Média</b>	39,6 d	55,9 c	59,2 b	65,4 a	55,0
DMS discos = 2,23; DMS cargas = 2,84; DMS carga d. disco = 4,94; DMS disco d. carga = 4,48; CV = 14,68%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	61,1 Ab	57,4 ABa	58,1 Ab	49,9 Bb	56,6 B
<b>DC</b>	47,4 Bc	58,4 Aa	63,3 Ab	55,7 Ab	56,2 B
<b>DO</b>	70,2 Ba	58,3 Ca	82,2 Aa	87,7 Aa	74,6 A
<b>Média</b>	59,6 b	58,0 b	67,8 a	64,4 a	62,5
DMS discos = 3,56; DMS cargas = 4,54; DMS carga d. disco = 7,86; DMS disco d. carga = 7,13; CV = 16,67%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	45,3 ABab	49,1 Aa	49,2 Ab	39,0 Bb	45,6 B
<b>DC</b>	39,7 ABb	35,4 Bb	34,5 Bc	43,3 Ab	38,3 C
<b>DO</b>	48,8 Ba	52,6 Ba	81,4 Aa	79,2 Aa	65,5 A
<b>Média</b>	44,6 b	45,7 b	55,0 a	53,8 a	49,8
DMS discos = 2,86; DMS cargas = 3,65; DMS carga d. disco = 6,32; DMS disco d. carga = 5,73; CV = 9,63%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	41,0 Ba	37,9 Bab	34,9 Bb	52,1 Ab	41,5 B
<b>DC</b>	36,6 Aab	31,3 Ab	37,3 Ab	35,9 Ac	35,3 C
<b>DO</b>	32,3 Cb	40,3 Ca	55,4 Ba	64,3 Aa	48,1 A
<b>Média</b>	36,6 c	36,4 c	42,6 b	50,8 a	41,6
DMS discos = 3,64; DMS cargas = 4,64; DMS carga d. disco = 8,03; DMS disco d. carga = 7,28; CV = 10,08%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	29,0 Ba	40,7 Aa	29,7 Bb	36,9 ABab	34,1 B
<b>DC</b>	38,7 ABa	37,9 ABa	42,5 Aa	30,7 Bb	37,5 AB
<b>DO</b>	33,9 Ba	44,9 Aa	37,9 ABab	45,3 Aa	40,5 A
<b>Média</b>	33,9 b	41,2 a	36,7 ab	37,6 ab	37,4
DMS discos = 4,93; DMS cargas = 6,28; DMS carga d. disco = 10,88; DMS disco d. carga = 9,86; CV = 15,21%					

### **6.13 Força horizontal por área de solo mobilizado**

Os valores de força horizontal média por área de solo mobilizado nas diferentes coberturas vegetais são apresentados no Quadro 17.

Observa-se que para as cargas verticais estudadas, houve uma tendência de que quanto maior a carga aplicada maiores os valores de força horizontal média por área de solo mobilizado.

Quanto ao fator disco de corte, os tratamentos com o disco do tipo liso resultaram os maiores valores de força horizontal por área de solo mobilizado nas coberturas de sorgo e aveia preta e o disco ondulado obteve os menores valores, independente da cobertura vegetal. Isto se deve aos maiores valores de área de solo mobilizado pelo disco de corte ondulado.

Salienta-se a importância deste parâmetro, pois apesar dos valores de maior força horizontal requerida pelo disco de corte ondulado, este tem uma força por área mobilizada menor, o que é benéfico em se tratando de gasto energético de uma ferramenta por área. Outra vantagem é de diminuir o espelhamento das laterais do sulco, característico do uso de disco liso, e com conseqüente diminuição da perda de água na linha de semeadura.

Verifica-se, quanto as coberturas vegetais, que os maiores valores foram obtidos nas coberturas vegetais de sorgo e milho, respectivamente, devido a maior força horizontal requerida pelos discos de corte nestas coberturas vegetais.

Quadro 17. Valores médios de força horizontal por área de solo mobilizado ( $N\ cm^{-2}$ ) para as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	6,38	6,92	6,87	6,79	6,74 A
<b>DC</b>	6,13	6,24	7,12	6,82	6,58 A
<b>DO</b>	4,14	5,22	5,27	5,39	5,01 B
<b>Média</b>	5,55 b	6,13 a	6,42 a	6,34 a	6,11
DMS discos = 0,38; DMS cargas = 0,42; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 6,24%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	7,47 Ba	8,38 Aa	8,47 Aa	6,91 Ca	7,81 A
<b>DC</b>	6,79 Bb	7,34 Ab	7,47 Ab	6,90 Ba	7,13 B
<b>DO</b>	4,32 Cc	5,42 Bc	5,58 Ac	5,73 Ab	5,26 C
<b>Média</b>	6,19 c	7,04 a	7,17 a	6,51 b	6,73
DMS discos = 0,12; DMS cargas = 0,15; DMS carga d. disco = 0,26; DMS disco d. carga = 0,24; CV = 8,02%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	6,91 Ba	7,83 Aa	7,87 Aa	7,66 Aa	7,57 A
<b>DC</b>	5,31 Bb	5,38 Bb	7,20 Ab	6,78 Ab	6,17 B
<b>DO</b>	4,36 Ac	4,55 Ac	4,12 Ac	4,42 Ac	4,36 C
<b>Média</b>	5,53 c	5,92 b	6,40 a	6,28 a	5,27
DMS discos = 0,28; DMS cargas = 0,35; DMS carga d. disco = 0,61; DMS disco d. carga = 0,55; CV = 5,27%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	5,13 Bb	6,72 Aa	6,14 Aa	6,16 Aa	6,04 A
<b>DC</b>	5,97 Ba	6,83 Aa	5,29 Bb	5,95 Ba	6,01 A
<b>DO</b>	3,30 Bc	4,06 ABb	4,78 Ab	4,38 Ab	4,13 B
<b>Média</b>	4,79 c	5,87 a	5,41 b	5,50 ab	5,39
DMS discos = 0,36; DMS cargas = 0,45; DMS carga d. disco = 0,78; DMS disco d. carga = 0,71; CV = 7,59%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	4,19	5,41	5,19	5,42	5,06 A
<b>DC</b>	4,65	4,72	5,01	4,86	4,81 A
<b>DO</b>	3,04	2,96	3,59	3,32	3,23 B
<b>Média</b>	3,96 b	4,36 ab	4,60 a	4,54 a	4,36
DMS discos = 0,37; DMS cargas = 0,47; DMS carga d. disco = ns; DMS disco d. carga = ns; CV = 9,75%					

#### 6.14 Força horizontal específica

Os resultados de força específica em diferentes coberturas vegetais são apresentados no Quadro 18.

Importante salientar que para obtenção dos valores de força horizontal específica 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 de corte.

Quanto às cargas verticais aplicadas, não houve diferença estatística significativa para as coberturas de milho e nabiça.

Para a cobertura da aveia preta a carga de 750 N (C1) diferiu das demais com os maiores valores.

Para a cobertura do sorgo os maiores valores foram obtidos nas menores cargas verticais. Isto se explica devido a menor profundidade de penetração dos discos nas menores cargas verticais aplicadas.

Pode ser observado nas diferentes cargas verticais estudadas que o disco de corte ondulado apresentou os maiores valores de força específica. Isto pode ser explicado pelo valor da força horizontal que foi maior em relação aos demais, com menor profundidade de atuação destes discos.

Quanto aos discos de corte liso e corrugado, o disco liso resultou em maiores valores de força horizontal específica que o corrugado para as coberturas de sorgo e aveia preta.

Para as demais coberturas os valores de força horizontal específica foram semelhantes.

Quadro 18. Valores médios de força horizontal específica ( $N\ mm^{-1}$ ) par as diferentes coberturas vegetais.

Disco de corte	Níveis de carga (N)				Média
	750	1500	2250	3000	
<b>Resíduos da cultura do milho</b>					
<b>DL</b>	3,04 Aa	2,82 Ab	2,83 Ab	2,58 Ab	2,82 B
<b>DC</b>	3,24 Aa	2,83 Ab	2,82 Ab	2,27 Bb	2,79 B
<b>DO</b>	3,27 Ba	3,94 Aa	3,73 ABA	4,02 Aa	3,74 A
<b>Média</b>	3,18 a	3,20 a	3,13 a	2,96 a	3,12
DMS discos = 0,21; DMS cargas = 0,27; DMS carga d. disco = 0,47; DMS disco d. carga = 0,43; CV = 7,89%					
<b>Resíduos da cultura do sorgo</b>					
<b>DL</b>	3,72 Ab	3,89 Aa	3,25 Bb	2,63 Cc	3,37 B
<b>DC</b>	3,27 Ac	3,05 Bb	2,82 Cc	2,83 Cb	2,99 C
<b>DO</b>	4,21 Aa	4,05 Aa	4,13 Aa	4,14 Aa	4,13 A
<b>Média</b>	3,73 a	3,66 a	3,39 b	3,19 c	3,49
DMS discos = 0,15; DMS cargas = 0,19; DMS carga d. disco = 0,18; DMS disco d. carga = 0,16; CV = 5,26%					
<b>Resíduos da cultura da aveia preta</b>					
<b>DL</b>	2,89 Ab	2,68 ABb	2,46 BCb	2,21 Cb	2,56 B
<b>DC</b>	2,40 Ac	2,03 Bc	2,51 Ab	2,25 ABb	2,30 C
<b>DO</b>	3,32 Aa	3,31 Aa	2,93 Ba	3,14 ABA	3,18 A
<b>Média</b>	2,87 a	2,68 b	2,63 b	2,53 b	2,68
DMS discos = 0,15; DMS cargas = 0,19; DMS carga d. disco = 0,32; DMS disco d. carga = 0,29; CV = 6,30%					
<b>Resíduos da cultura do triticale</b>					
<b>DL</b>	2,11 Bb	2,53 Aa	2,17 ABb	2,33 ABb	2,27 B
<b>DC</b>	2,20 BCb	2,55 ABA	2,14 Cb	2,62 Ab	2,38 B
<b>DO</b>	2,63 Ba	2,59 Ba	3,12 Aa	3,12 Aa	2,87 A
<b>Média</b>	2,31 c	2,56 ab	2,48 bc	2,69 a	2,51
DMS discos = 0,17; DMS cargas = 0,21; DMS carga d. disco = 0,37; DMS disco d. carga = 0,33; CV = 7,61%					
<b>Resíduos de nabiça</b>					
<b>DL</b>	1,74 Aa	2,11 Aa	1,93 Ab	1,93 Ab	1,92 B
<b>DC</b>	2,09 Aa	1,90 Aa	2,20 Aab	1,96 Ab	2,04 B
<b>DO</b>	2,16 ABA	1,91 Ba	2,53 Aa	2,52 Aa	2,28 A
<b>Média</b>	1,99 a	1,97 a	2,22 a	2,13 a	2,08
DMS discos = 0,23; DMS cargas = 0,29; DMS carga d. disco = 0,50; DMS disco d. carga = 0,46; CV = 12,62%					

### 6.15 Considerações finais

Com o aumento do sistema de plantio direto em áreas cultivadas, torna-se de suma importância o uso e o conhecimento dos mecanismos fundamentais das semeadoras-adubadoras, pois este equipamento é indispensável para realização de uma semeadura de qualidade neste sistema. Dentre estes mecanismos, o sistema de corte de palha é o que apresentava menos estudos até o presente momento, com isso a importância deste trabalho.

O trabalho realizado proporcionou um maior conhecimento sobre o comportamento de discos de corte em diferentes cargas aplicadas, podendo ser transferidos estes dados para o dimensionamento de molas de mecanismos de corte, diâmetro de discos de corte, profundidade de corte dos discos e outros parâmetros não aqui mencionados.

O equipamento utilizado (anel ortogonal) pode ser adaptado em trabalhos futuros, no dimensionamento de diferentes ferramentas utilizadas em máquinas agrícolas, como por exemplo, hastes, discos duplos, outros formatos de discos, diâmetros de discos diferentes, sulcadores distintos e outros; podendo ser utilizados ainda em diferentes profundidades de trabalho.

Com base nos dados obtidos o usuário de semeadoras pode decidir entre os diferentes discos de corte, conforme a sua necessidade, ou seja, dependendo do tipo de solo, operação realizada, quantidade de palha, etc. Sendo assim haverá maior ou menor mobilização do solo, profundidade de penetração dos discos no solo, força de tração requerida, etc.

O trabalho mostrou que a semeadora-adubadora deve ser regulada com carga mínima de semente e adubo para que não haja diferenças na profundidade de corte dos discos e ocorra o efetivo corte da palha durante o processo de semeadura. Com o corte da palha sendo feito corretamente com a semeadora com mínima carga, ocorre a garantia do corte correto da palha em plena carga da semeadora, além disso, o eixo do disco limita a profundidade de ação dos discos, havendo maior padronização da profundidade de corte.

## 7 CONCLUSÕES

Baseado nas condições e nos resultados obtidos durante a realização deste trabalho, pode-se concluir que:

- Quanto maior a quantidade de massa seca, maior a demanda das forças horizontal e vertical.

- Quanto maior a carga vertical aplicada maior a área de solo mobilizado; maior as forças horizontal, vertical e lateral; maior a profundidade de penetração dos discos e menor a força horizontal por profundidade de corte dos discos (força específica) e a força horizontal por área de solo mobilizado para todos os discos de corte estudados.

- 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.

- Devido a menor força horizontal, os tratamentos com o disco de corte liso obtiveram os maiores valores de velocidade de deslocamento do conjunto, além dos maiores valores de força horizontal por área de solo mobilizado e de força vertical nas coberturas vegetais de milho e sorgo.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. A.; SILVA, J. G. Regulagem do disco de corte para o plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 27. p. 105-106, 2000.

ALMEIDA, F. S. *Controle de plantas daninhas em plantio direto*. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1991. 34 p. (Circular, 67).

ALTMANN, N. Como iniciar o plantio direto (2ª parte). In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia. *Plantio direto na integração lavoura-pecuária*. Uberlândia: UFU, 2000. p. 217-233.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

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. 309-14.

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.

ARAÚJO, A. G., et al. Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora direta PST<sup>2</sup> – Marchesan em solos argilosos. *Circular Instituto Agrônômico do Paraná*, Londrina, n. 107, 1998. 47p.

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. 133-4, 1976.

BAKER, C. J., SAXTON, K. E., RITCHIE, W. R. *No-tillage seeding, science and practice.* Wallingford: CAB International, 1996. 158 p.

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. 342-7.

BOMBARDELLI, M.; SILVA, S. de L.; PEREIRA, J. O. Demanda energética em sistemas de preparo reduzido do solo e semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais....* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD-ROM.

CAMPOS, L. A. et al. Informações técnicas para a cultura do triticale no Paraná. *Circular do Instituto Agrônômico do Paraná*, Londrina, n. 102, p. 1-35, 1998.  
CARDOSO, F. P. Semeadura de precisão em plantio direto. *Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 64, p. 16-7, 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. *Circular. Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina, n.105, p. 12-5, 1998.

CASTRO, O. M. de. A pesquisa em plantio direto no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 8., 2002, Águas de Lindóia. *Resumos ... Águas de Lindóia: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha*, 2002. p. 27-8.

CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. *Malezas*, Buenos Aires, v. 14, n. 2, p. 1-78, 1986.

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.

CHANG, C. S.; PORTELLA, J. A.; KUMAGAI, I. Exigência da força nos sistemas que utilizam tração para o plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1983, Rio de Janeiro. *Resumos .... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola*, 1983. p. 130.

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.

CHAUDHURI, D. *Performance evaluation of shoe, inverted "T" and disc type furrow openers of tractor operated seed drills under black soil conditions*. In: Annual Report, Coordinating Centre, All India Coordinated Research Project on Farm Implements and Machinery. Reported No. CIAE/FIM/92-93/159, Central Institute of Agricultural Engineering, Bhopal, India, p.1-22. 1993.

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

CHOUDHARY, M. A. A new multicrop inverted "T" seeder for upland crop establishment. *Agricultural Mechanization in Asia*, v. 19, n. 1, p. 37-42, 1988.

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.

CHOUDHARY, M. A., BAKER, C. J., STIEFEL, W. Dry fertilizer placement in direct drilling. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v.12, p.213-221, 1988.

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.

COLOMBINO, A., POLLACINO, J. C.; SOSA, R. O. *Máquinas para implantación de cultivos*. Buenos Aires: Universidade de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, 1985. 25 p. (apostila)

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

DANIEL, L. A.; LUCARELLI, J. R. de F.; VOLPATO, C. E. S. Módulo 8: plantio direto e Mecanização Agrícola. (Curso de Especialização por Tutoria à Distância) Brasília: ABEAS, 1999.

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.

DERPSCH, R. Expansão mundial do plantio direto. *Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 59, set./out. 2000.

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

DUCA, L. de J. A. et al. Influência de cortes simulando o pastejo na composição química de grãos de cereais de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Ponta Grossa, v. 34, p. 1607-14, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*. Londrina, 2000. 245 p. (Documentos, 146).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamentos e Conservação de Solos. *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. 1262-71.

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.

FERRETI, G. *Avaliação e desempenho de um arado de aiveca*. Campinas, 1992. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Mecanização Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

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

GARCIA, R.F. et al. Desempenho operacional de conjunto trator-recolhedora de feijão. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 199-206, 2005. 1 CD-ROM.

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.

GERMINO, R. *Atuação de forças em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras para plantio direto*. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

GODWIN, R. J. An extended octagonal ring transducer for use in tillage studies. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.20, p.347-52, 1975.

GODWIN, R. J., SPOOR, G. Soil failure with narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 22, p. 213-28, 1977.

GREGO, C. R.; BENEZ, S. H. Manejo da cobertura vegetal do solo na implantação da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) semeada com dois mecanismos sulcadores. *Energia Agrícola*, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 48-52, 2003.

GREGO, C. R. *Sistemas de manejo do solo e da cobertura vegetal na cultura da soja (Glycine max( L.) Merrill) semeada com dois mecanismos sulcadores*. 2002. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

HALYK, R. M; HURLBUT L. W. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 11, n. 2, p. 256-257. 1968.

HARRISON, H. P. Soil reaction forces for disks from field measurements. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 20, p. 836-8, 1977.

HARRISON, H. P. Soil reactions from laboratory studies with an inclined blade. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 28, p. 7-33, 1982.

HERNANZ, J. L. et al. Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos extensivos *Investigación Agraria Producción y Protección Vegetales*, Madrid, v. 7, p. 209-25, 1992.

HETZ, E. J., BARRIOS, A. I. Reducción del costo energético de Labranza/Siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile. *AgroCiência*, Pelotas, v. 13, p. 41-7, 1997.

HETZ, E. J. Energy conservation in mechanized agriculture in Chile. In: \_\_. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. v. 16, 1985.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1981. (Circular IAPAR, 23).

IQBAL, M. et al. An evaluation of seed furrow smearing. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 41, p. 1243-8, 1998.

JANKE, J., ERBACH, D. C. Seed depth distribution in no-till and strip till. *American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, n. 85-1013, p. 1-12, 1985.

JASA, P.J. et al. Conservation tillage and planting systems. Disponível em : <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops/g1046.htm>>. Acesso em 01 out. 2006.

KEPNER, R. A., BAINER, R., BARGER, E. L. Crop planting. In: \_\_. *Principles of farm machinery*. Westport: Avi, 1972. p. 201-26.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. *Implantação e manejo do sistema plantio direto*. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 2000. 36 p.

KORONKA, P. Machinery development for direct drilling. *Agricultural Outlook*. v. 7, n. 4, p. 190-5, 1973.

KRALL, J.; DUBBS, A.; LARSEN, W. No till drills for recropping. *Bull. Montana Agric. 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. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 29, p. 40-4, 1986.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation*, Fairmont, v. 36, n. 6, p. 341-3, 1981

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

LUTH, H. J.; WISMER, R. D. Performance of plane cutting blades in sand. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v.14, n.2, p. 255-62, 1971

MACHADO, L.A.Z. *Avaliação de cultivares de aveia preta para produção de forragem e cobertura do solo*. Dourados: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste, 2000. 3 p. (Comunicado Técnico, 26).

MAHL, D. *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.

MARQUES, J. P. et al. Formação de cobertura do solo em plantio direto: efeito residual do manejo da vegetação espontânea e da escarificação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30. 2001, Foz do Iguaçu. *Anais....* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

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

MATTOS, P. C. de *Sistema de medição de forças nos engates de máquinas agrícolas de acoplamento por três pontos*. 1972. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Botucatu, 1972.



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.

MELLO, L. M. M. *Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico*. 2001. 72 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MESQUITA, C. M.; ROESSING, A. C.; GAZZIERO, D. L. P. Avaliação da energia consumida na produção de soja. Londrina: EMBRAPA, CNPSo., 1982.

MIALHE, L. G. *Máquinas agrícolas: ensaios & certificação*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 723 p.

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.

MORRISON JÚNIOR, J. E. Interactive planter depth control and pneumatic dow pressure system. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 31, p. 14-8, 1988.

MORRISON JÚNIOR, J. E.; GERIC, A.; THOMAS, J. Planter depth control: II empirical testing and plant responses. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 28, p. 744-8, 1985.

MORRISON JÚNIOR, J. E., HENDRICK III, J. G., SCHAFER, R. L. Soil forces on coulter and disc-opener combinations. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 39, p. 369-76, 1996.

MULLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p. 531-538, 2001.

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.

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. 1587-95, 1992.

OLIVEIRA, M. F. B de. et al. Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais ... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola*, 2000. 1 CD ROM.

OWEN, G. T. Subsoiling forces and tool speed in compact soils. *Canadian Journal Agricultural Engineers*, Ottawa, v. 31, p. 15-20, 1989.

OZMERI, A. Seed distribution performance of furrow openers used on drill machines. *Agriculture Mechanization Asia*, v. 17, p. 32-4, 1986.

PAYNE, P. C. J. The relationship between the mechanical properties of soil and performance of simple cultivation implements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 1, p. 23-50, 1956.

PAYNE, P. C. J., TANNER, D. W. The relationship between rake angle and performance of simple cultivation implements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 4, p. 312-25, 1959.

PEREIRA, F. A. R.; SCHEEREN, B. Interação do ambiente, fontes de cobertura morta e herbicidas, sobre a dinâmica de plantas daninhas na cultura do milho. *Boletim Informativo SBCPD*, v. 10, 2002. (Suplemento).

PLATAFORMA PLANTIO DIRETO. Problemas e soluções: semeadora, plantadeira motomecanizada. Disponível em: <[http://www.embrapa.br/plantiodireto/ ProblemaSolucao /PsDemCon.htm?id\\_subtema=52](http://www.embrapa.br/plantiodireto/ ProblemaSolucao /PsDemCon.htm?id_subtema=52)>. Acesso em: 02 set. 2006.

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

PORTELLA, J. A. Máquinas e implementos para plantio direto e cultivo mínimo. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, 2., Assis, 1989, p. 143-55.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A. Máquinas para semeadura direta: Desempenho dos elementos rompedores de solo. *Dirigente Rural*, São Paulo, v. 23, p. 13-26, 1984.

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

RIBEIRO, M. F. S. et al. Máquinas para semeadura direta em solos de baixa aptidão agrícola. *Circular Técnica do Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina, n. 108, p. 139-53, 1999.

RIGHES, A. A. et al. *Semeadura direta: comparação entre diferentes mecanismos sulcadores*. São Paulo. 1990. 33 f. (monografia).

RIGHES, A. A. et al. *Inovação tecnológica de mecanismos para semeadura direta*. Santa Maria: FATEC, 1984. 100 p. (Relatório técnico final).

ROWE, R. J.; BARNES, K. K. Influence of speed on elements of draft of a tillage tool. . *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 4, p. 55-57, 1961.

SADE, M. Breve histórico do sistema de plantio direto na palha no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 7, 2000, Foz de Iguaçu. *Resumos...* Foz de Iguaçu, 2000. p. 15-18.

SATTLER, A. Semeadoras autopropelidas adaptadas/transformadas para plantio direto de parcelas experimentais. Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2005. 6 p. (Comunicado Técnico Online, 160).

SCHAAF, D. E.; HANN, S. A.; LINDWALL, C. W. Performance evaluation on furrow openers cutting coulters and press wheel for seed drills. In: \_\_. *Crop production with conservation in the 80's*. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1981. p. 356.

SCHOLTZ, D. C. A three-point linkage dynamometer for mounted implements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.9, p.11, 1964.

SCHOLTZ, D. C. A three-point linkage dynamometer for restrained linkages. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.11, p.33-7. 1966.

SIEMENS, J. C.; WEBER, J. A.; THORNBURN, T. H. Mechanics of soil as influenced by model tillage tools. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 8, p. 1-7. 1965.

SIMPLÍCIO, J. R. B. et al. Comportamento produtivo de variedades forrageiras de sorgo em diferentes ambientes do estado de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: EMBRAPA MILHO E SORGO, 2002. 1 CD-ROM.

SINGE, G.; SINGE, D. Optimum energy model for tillage. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 6, p. 235-245, 1986.

SIQUEIRA, R., CASÃO JÚNIOR, R. *Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: Máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto*. Coleção SENAR. Curitiba. 2004. p.26-28.

SILVA, L. S., BOHNEN, H. Liberação de nutrientes durante a decomposição de palha de aveia preta (*Avena strigosa*) com diferentes teores de silício. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p .515-520, 2001.

SILVA, M. R. *Classificação de semeadoras-adubadoras de precisão para o sistema plantio direto conforme o índice de adequação*. 2003. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SILVA, P. R. A.. *Avaliação de mecanismos de abertura de sulco de semeadora-adubadora em semeadura direta do milho (Zea mays L.)*. 2003. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SINGE, G., SINGE, D. Optimum energy model for tillage. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 6, p. 235-45, 1986.

SMITH, L. A.; BARKER, G. L. Equipment to monitor field energy requirements. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 25, p. 1556--59, 1982.

SMITH, E. M.; VERMA, B. P.; TAYLOR, T. H. Energy required to operate disk furrower in Kentucky Bluegrass sad. . *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 10, p. 333-6, 1967.

SOUZA, W. R. de. *Subsolador: influência de parâmetros geométricos da distribuição das forças*. 1989. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Mecanização Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

STAFFORD, J. V. The performance of a rigid tine in relation to soil properties and speed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.24, p.42-57, 1979.

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

TESSIER, S. et al. Roughness meter to measure seed row geometry and soil disturbance. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 32, p. 1871 –73, 1989.

TESSIER, S. et al. Zero tillage furrow opener effects environment and wheat emergence. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 21, p. 347-60, 1991a.

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. 729-33, 1991b.

TICE, E. M.; HENDRICK. Disc coulter operating characteristics. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 35, n. 1, p. 3-10, 1992.

VAISHNAV, A. S.; KUSHWAHA, R. L.; ZOERB, G. C. Evaluation of disc coulters as affected by strew and cone index under zero till practices. *American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, n. 82-1517, p. 1-15, 1982.

WEED, E. M. Direct drillings of soybeans on the North Coast. *Agric. Gaz. N. S. W.*, v. 92, n. 2, p. 39-41, 1981.

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.

WISMER, R. D.; LUTH, H. J. Performance of plane soil cutting blades in a clay. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, v. 15, p. 211-216, 1972.

YANO, E. H. *Sistemas integrados de produção: manejo do solo, culturas de inverno e verão*. 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

YANO, E.H.. *Sucessão de culturas em sistemas integrados de produção*. 2005. 129 f.. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

YSHIMINE, P. *Avaliação de algumas forças que atuam em um subsolador utilizado no preparo do solo agrícola*. 1993. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

## APÊNDICE

APÊNDICE 1. Programa utilizado para coleta de dados dos sensores.

```
;{21X}
;*****
;***** FORCA, VELOC. E PROFUNDIDADE - 5HZ 07/11/01 *****
;*****
*Table 1 Program
 01: 0.1 Execution Interval (seconds)
;***** Verifica chave p/ iniciar aquisicao *****

1: Volt (Diff) (P2)
 1: 1 Reps
 2: 15 ã 5000 mV Fast Range
 3: 2 DIFF Channel
 4: 24 Loc [ FLAG1 ]
 5: 1.0 Mult
 6: 0.0 Offset

; ***** MEDE FORCAS HORIZONTAL E VERTICAL *****

2: Volt (Diff) (P2)
 1: 1 Reps
 2: 13 ã 50 mV Fast Range
 3: 7 DIFF Channel
 4: 1 Loc [ FX ]
 5: 1183.3 Mult
 6: -139.01 Offset

3: Volt (Diff) (P2)
 1: 1 Reps
 2: 13 50 mV Fast Range
 3: 6 DIFF Channel
 4: 2 Loc [ FY ]
 5: 469.46 Mult
 6: 91.915 Offset

4: Volt (Diff) (P2)
 1: 1 Reps
 2: 13 50 mV Fast Range
 3: 5 DIFF Channel
 4: 3 Loc [ FZ ]
 5: 528.93 Mult
```

6: 51.779 Offset

5: Volt (Diff) (P2)

1: 1 Reps  
 2: 13 50 mV Fast Range  
 3: 4 DIFF Channel  
 4: 4 Loc [ MY ]  
 5: 138.38 Mult  
 6: -4.96 Offset

6: Volt (Diff) (P2)

1: 1 Reps  
 2: 13 50 mV Fast Range  
 3: 3 DIFF Channel  
 4: 5 Loc [ MZ ]  
 5: 132.01 Mult  
 6: -35.75 Offset

7: Volt (Diff) (P2)

1: 1 Reps  
 2: 15 5000 mV Fast Range  
 3: 8 DIFF Channel  
 4: 6 Loc [ Profund ]  
 5: 0.0065 Mult  
 6: 25.40 Offset

8: Pulse (P3)

1: 1 Reps  
 2: 1 Pulse Input Channel  
 3: 1 Low Level AC, All Counts  
 4: 7 Loc [ Radar ]  
 5: 0.1855 Mult  
 6: 0.0 Offset

;\*\*\*\*\* Se a chave foi ativada executada varredura \*\*\*\*\*

9: IF (X<=>F) (P89)

1: 24 X Loc [ FLAG1 ]  
 2: 4 <  
 3: -4500 F  
 4: 30 Then Do



\*\*\*\*\* ZERA O VALOR DE F, USADO COMO FLAG PARA COMPARACAO  
\*\*\*\*\*

10: Z=F (P30)

1: 0 F

2: 25 Z Loc [ FLAG3 ]

;\*\*\*\*\* ATIVA STORAGE \*\*\*\*\*

11: Do (P86)

1: 10 Set Output Flag High

12: Set Active Storage Area (P80)

1: 1 Final Storage

2: 1 Array ID or Loc [ \_\_\_\_\_ ]

13: Resolution (P78)

1: 0 Low Resolution

14: Sample (P70)

1: 7 Reps

2: 1 Loc [ FX ]

15: Serial Out (P96)

1: 30 SM192/SM716/CSM1

; ROTINA PARA MARCAR O FIM DE ARQUIVO

16: Else (P94)

17: IF (X<=>F) (P89)

1: 25 X Loc [ FLAG3 ]

2: 1 =

3: 1 F

4: 0 Go to end of Program Table

; INSTRUCAO PARA IDENTIFICAR O FIM DE ARQUIVO

18: Serial Out (P96)

1: 31 File Mark to SM192/SM716/CSM1

19: Z=F (P30)

1: 1 F

2: 25 Z Loc [ FLAG3 ]

20: End (P95)

\*Table 2 Program

02: 0.0 Execution Interval (seconds)

\*Table 3 Subroutines

End Program

-Input Locations-

1 FX 1 1 1

2 FY 1 1 1

3 FZ 1 1 1

4 MY 1 1 1

5 MZ 1 1 1

6 Profund 1 1 1

7 Radar 1 1 1

8 \_\_\_\_\_ 0 0 0

9 \_\_\_\_\_ 0 0 0

10 \_\_\_\_\_ 0 0 0

11 \_\_\_\_\_ 0 0 0

12 \_\_\_\_\_ 0 0 0

13 \_\_\_\_\_ 0 0 0

14 \_\_\_\_\_ 0 0 0

15 \_\_\_\_\_ 0 0 0

16 \_\_\_\_\_ 0 0 0

17 \_\_\_\_\_ 0 0 0

18 \_\_\_\_\_ 0 0 0

19 \_\_\_\_\_ 0 0 0

20 \_\_\_\_\_ 0 0 0

21 \_\_\_\_\_ 0 0 0

22 \_\_\_\_\_ 0 0 0

23 \_\_\_\_\_ 0 0 0

24 FLAG1 1 1 1

25 FLAG3 1 1 2

26 \_\_\_\_\_ 0 0 0

27 \_\_\_\_\_ 0 0 0

28 \_\_\_\_\_ 0 0 0

-Program Security-

0

0000

0000