

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Parecer

Este exemplar corresponde a versão final da dissertação  
defendida por José Luís Duarte Coelho e aprovada pela  
Comissão Julgadora em 23 de dezembro de 1998. Campinas, 10 de  
de 1999.

Presidente da Banca

**Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-  
adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de  
manejo do solo.**

**José Luís Duarte Coelho  
Orientador: Prof. Dr. Paulo S.G. Magalhães**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia Agrícola, da Universidade  
Estadual de Campinas, como requisito  
parcial para obtenção do título de  
MESTRE em Engenharia Agrícola.

**CAMPINAS-SP  
1998**

C65a  
/ Ex.  
TOMBO BC/ 39111  
PROC. 229/99  
C  D   
PREÇO R\$ 11,00  
DATA 21/10/99  
N.º CPD

CM-00136411-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C65a Coelho, José Luís Duarte  
Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-  
adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de  
manejo do solo. / José Luís Duarte Coelho. --Campinas,  
SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Paulo S. G. Magalhães.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Solos - Manejo. 2. Plantio direto. 3. Plantadeiras  
(Máquinas agrícolas). I. Magalhães, Paulo S. G. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Agrícola. III. Título.

---

À minha querida esposa MARJORY e à nossa amada filha JENNIFFER, por todo o vosso amor, dedicação, companheirismo e compreensão, principalmente perante os sacrifícios que o exercício de minha atividade profissional exige de vocês, ofereço este trabalho.

## Agradecimentos

- Agradeço à Deus pela vida, pela saúde, pela minha sagrada família, pelos verdadeiros amigos e por todas as oportunidades profissionais que de forma tão generosa sempre me concedeu.

---

- Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Graziano Magalhães, pela sua orientação e dedicação neste trabalho, e também pela sua infinita capacidade de compreensão, na presença e na ausência, e, principalmente, nos momentos em que a vida exige de nós as mais difíceis decisões .
- Ao Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, mais especificamente à então Divisão de Engenharia Agrícola-DEA, atual Centro de Mecanização e Automação Agrícola - CMAA, que me deu a honrosa oportunidade da iniciação na Pesquisa Científica, que gostaria de agradecer por meio da pessoa do PqC Sérgio Augusto Hiroaki Kurachi, com quem aprendi verdadeiras lições de disciplina profissional e humildade.
- A Universidade de São Paulo, mais particularmente à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ESALQ, que proporcionou minha formação profissional de graduação, minha iniciação na sublime carreira docente e de extensão acadêmica e, principalmente, pela importância que tem na minha vida.

- A Faculdade de Engenharia Agrícola-FEAGRI da Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP pelos novos horizontes descortinados, trocas de experiência e também pela oportunidade de diversificar minha formação científica, mais particularmente junto aos colegas do Departamento de Máquinas Agrícolas, com quem tive a oportunidade de conviver mais intensamente.
- Aos Eng. Agrônomos: PqC Luiz Carlos Costa Coelho do INSTITUTO FLORESTAL, Prof. Dr. Rubens Duarte Coelho da ESALQ/USP e Extensionista Persival dos Santos da CATI/SAA , que, tão acertadamente o destino materializou em minha vida, respectivamente na forma de "pai", "irmão" e "sogro", pelo exemplo de dedicação, amor pela profissão e pelo inestimável incentivo em todos os meus passos.
- Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Balastreire da ESALQ/USP, com quem tive a honra de conviver desde as aulas da graduação e como estagiário, mais tarde como colega de Departamento e, particularmente, como amigo, por todo o seu apoio e dedicação nesse trabalho e, principalmente por ter estado sempre presente nos momentos mais decisivos.
- Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel da FEAGRI/UNICAMP, pela sua implacável convicção e pioneirismo em prol do Manejo Conservacionista do Solo e também pela sua amizade incondicional, com quem tive a oportunidade de dividir muitos dos momentos mais especiais de minha vida profissional e pessoal.
- A todos os colegas contemporâneos do Curso de pós graduação agradeço pelo apoio e amizade particularmente na pessoa do grande amigo, PqC Afonso Peche Filho, que, que com sua infinita capacidade de realização,

- jamais deixou de nos incentivar a acreditar que sempre podemos ultrapassar o que achávamos que era a fronteira dos nossos limites.
- Ao Eng. Eletrônico Juarez Rennó Amaral, responsável pelo Laboratório de Instrumentação do Dep. de Eng. Rural da ESALQ/USP, por sua dedicação e total apoio no desenvolvimento e montagem da instrumentação e também durante toda a fase experimental desse trabalho.
  - À Prof. Dra. Sônia Stefano Piedade do Dep. de Matemática e Estatística da ESALQ/USP, pela sua tão oportuna e valiosa consultoria técnica no delineamento experimental e também na análise estatística dos dados.
  - Aos funcionários do Setor de Mecânica do Dep. de Eng. Rural e Fazenda Areão da ESALQ/USP, mais particularmente: Luiz Afonso da Costa, Francisco de Oliveira, José Geraldo Gomes, José Ferreira de Oliveira, Gilmar Batista Grigolon, Técnico Agríc. Ricardo Zacharias, Maria de Lourdes Rocha Franzini e Neide Aparecida Monti, pelo total apoio não somente nas diversas etapas desse trabalho, desde a montagem e operação dos tratores e máquinas até a obtenção dos dados de campo, mas também pela amizade e dedicação durante toda minha carreira docente junto à ESALQ/USP.
  - Aos então acadêmicos do Curso de Engenharia Agrônômica da ESALQ/USP, que tive o prazer de orientá-los como estagiários e hoje os tenho como colegas de profissão: Marcelo de Mello Barboza, José Coutinho, Maurício Magossi, Esdras Soares Filho, Guy Retz, Davi Lunardi Filho e Silvia Elisandra Pasqua por toda ajuda operacional durante a fase experimental.

- À MARCHESAN IMPLEMENTOS E MÁQUINAS AGRÍCOLAS "TATÚ", pela cessão em comodato da semeadora-adubadora e todos os protótipos de elementos sulcadores utilizados nesse trabalho, além do incondicional apoio à todas as nossas solicitações, que gostaria de agradecer por meio das seguintes pessoas: Diretor Comercial - Francisco Maturro , Gerente de Desenvolvimento - Jair Francisco e do Eng. Agrônomo João de Freitas.
- À AGCO DO BRASIL LTDA. (Fabricante dos produtos MASSEY FERGUSON ) pelo total apoio logístico e estímulo para a viabilização desse trabalho que gostaria de agradecer nas pessoas do Eng. Paulo Herrmann, Diretor de Planejamento do Produto e do Eng. Normélio Ravello, Diretor da Divisão de Peças.
- À EMBRAPA, particularmente por meio do Centro de Trigo, Passo Fundo/RS, pelo empréstimo do microperfilômetro.
- À Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha-FEBRAPDP na pessoa de seu Presidente e nosso querido amigo Herbert Bartz, primeiro agricultor brasileiro que acreditou nos conceitos do plantio direto e fez da adoção e difusão dessa técnica a razão maior de sua existência.
- Aos Professores e amigos: Dr. Marcos Milan e Dr. Tomaz Caetano Canavann Ripoli da ESALQ/USP, Dr. Carlos Antonio Gamero da FCAV/UNESP, Dr. Arno Udo Dallmeyer da UFSM, Dr. Cláudio Bianor Sverzut e Eng. Agrônomo José Ricardo Lucarelli, da FEAGRI/UNICAMP, pela amizade, sugestões e diversas outras colaborações nas várias etapas desse trabalho, além do total estímulo, incentivo e motivação para realização do mesmo.

- À todos aqueles que eventualmente não tenham sido citados, mas que, de alguma forma, também colaboraram para a realização desse trabalho.
  - Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pela manutenção de auxílio durante a primeira metade do Curso e à CAPES por meio do PICD pela disponibilização de auxílio parcial durante a segunda etapa.
-

Sumário		Página
	DEDICATÓRIA	ii
	AGRADECIMENTOS	iii
	SUMÁRIO	viii
	LISTA DE QUADROS	x
	LISTA DE FIGURAS	xi
	RESUMO	xii
1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	7
2.1	- Histórico	7
2.2	- Objetivo específico	9
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1	- Uso e manejo dos solos	11
3.2	- Sistemas de preparo do solo	16
3.3	- Sistemas conservacionistas de manejo do solo	19
3.4	- Sulcadores empregados em unidades semeadoras adubadoras	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1.1	- Campo Experimental	26
4.1.2	- Solo	28
4.1.3	- Semeadora adubadora	28
4.1.4	- Elementos sulcadores para unidades semeadoras e adubadora	30
4.1.5	- Tratores agrícolas instrumentados	34
4.1.6	- Sistema de aquisição de dados	38
4.1.7	- Microperfilômetro	41
4.1.8	- Insumos agrícolas	42
4.1.9	- Material para coleta de amostras	43
4.2	- Métodos	45
4.2.1	- Delineamento experimental	46
4.2.2	- Determinação das variáveis do solo	47
4.2.3	- Determinação das variáveis operacionais	49
4.2.4	- Análise estatística	50

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	- Caracterização da área experimental	51
5.1.1	- Cobertura morta	51
5.1.2	- Densidade do solo	53
5.1.3	- Umidade do solo	54
5.2	- Efeito dos tratamentos	56
5.2.1	- Área do sulco	56
5.2.2	- Força de tração	58
5.2.3	- Resistência específica	59
5.2.4	- Volume de solo mobilizado no sulco	61
6	CONCLUSÕES	63
7	SUMMARY	64
8	BIBLIOGRAFIA	67

---

## Lista de Quadros

Quadro	Página
1	- Composição granulométrica média do Podzólico-Vermelho- 28 Escuro da Fazenda Areão - Piracicaba/SP
2	- Configuração dos cinco tratamentos do experimento 31
3	- Análise da variável: Percentagem de palhada na superfície do 51 solo antes da aplicação dos tratamentos.
4	- Teste de Duncan: Percentagem de palhada na superfície do 52 solo antes da aplicação dos tratamentos.
5	- Análise da variável: Percentagem de palhada na superfície do 52 solo após a aplicação dos tratamentos.
6	- Teste de Duncan: Percentagem de palhada na superfície do 53 solo após a aplicação dos tratamentos.
7	- Análise da variável: Densidade do solo na camada de 0 a 75 53 mm.
8	- Teste de Duncan: Densidade do solo na camada de 0 a 75 mm 54
9	- Análise da variável: Teor de água no solo na camada de 0 a 75 54 mm.
10	- Teste de Duncan: Teor de água no solo na camada de 0 a 75 55 mm.
11	- Análise da variável: Teor de água no solo na camada de 75 a 55 150 mm.
12	- Teste de Duncan: Teor de água no solo na camada de 75 a 55 150 mm.
13	- Análise da variável: Área de sulco [ mm <sup>2</sup> ] 56
14	- Teste de Duncan: Área de sulco [ mm <sup>2</sup> ] 57
15	- Resultados Médios em [N] de força de tração total, força de 58 tração do conjunto trator rebocado + semead. adubad. e força líquida ( conjunto de três sulcadores )
16	- Análise da variável: Força de tração líquida unitária[N] 59
17	- Teste de Duncan: Força de tração líquida unitária [N] 59
18	- Valores médios de força de tração líquida [N], área de sulco 60 [mm <sup>2</sup> ] e resistência específica de sulcação [N/mm <sup>2</sup> ]
19	- Análise da variável: Resistência específica [N/mm <sup>2</sup> ] 60
20	- Volume de solo mobilizado [m <sup>3</sup> /ha] 62
21	- Teste de Duncan: Volume de solo mobilizado [m <sup>3</sup> /ha] 62

## Lista de Figuras

Figura		Página
1	- Semeadora-adubadora TATÚ, modelo PST2 para operação em sistemas conservacionistas de manejo do solo".	29
2	- Detalhe das rodas controladoras de profundidade e das rodas compactadoras do sulco, em formato de um "V".	30
3	- Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do tratamento S1	32
4	- Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do tratamento S2	32
5	- Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do tratamento S3	33
6	- Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do tratamento S4	33
7	- Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do tratamento S5	34
8	- Vista geral do comboio integrado pelo trator rebocador, que suportava toda a instrumentação e pelo trator rebocado acoplado à semeadora-adubadora.	35
9	- Detalhe do posicionamento paralelo do cabo de aço em relação à superfície do solo	36
10	- Esquema simplificado do sistema de aquisição de dados utilizado nos ensaios de campo	38
11	- Detalhe do dispositivo para acionamento automático do sistema de aquisição de dados, que utiliza um sensor infravermelho do tipo "barreira de luz".	40
12	- Vista frontal do microperfilômetro	42
13	- Croqui da disposição das parcelas experimentais	46
14	- Detalhe do recolhimento manual do material orgânico do interior da armação auxiliar para determinação da quantidade de matéria seca em cobertura	48

## Resumo

Dos 55 milhões de hectares que compõem a agricultura brasileira atualmente, cerca de 70% são representados por culturas anuais, dos quais mais de 86% são representados por grãos, onde ainda predominam sistemas de produção que empregam métodos convencionais de manejo do solo. Essa prática, impacta negativamente no meio ambiente devido as perdas de água e solo, principalmente decorrentes de processos erosivos. Promove também excessiva compactação do solo e ainda eleva significativamente os custos de produção, principalmente devido ao custo energético das sucessivas operações de mobilização de pré-plantio. Isso torna os agricultores brasileiros pouco competitivos frente aos competidores internacionais, descapitalizando-os e trazendo grandes prejuízos sociais e econômicos ao país.

Embora se utilize o mesmo modelo de semeadora-adubadora para implantação dessas culturas em sistemas conservacionistas de manejo do solo, com destaque para o preparo reduzido e para a semeadura direta ( mais conhecida pelos agricultores como "plantio direto"), a condição operacional mais crítica sempre será a segunda. Isso porque a quantidade de material em cobertura da superfície do solo, que representa uma das mais significativas dificuldades operacionais, será sempre maior na semeadura direta.

Os sulcadores do tipo discos duplos, cujo trabalho é auxiliado por um terceiro disco de corte para a palha, ainda são os modelos mais utilizados no país devido à sua versatilidade e também pelo fato de mobilizarem menor volume de solo, porém os mesmos apresentam inúmeras limitações operacionais. A maior delas relaciona-se às unidades adubadoras, principalmente quando se pretende operar em profundidades de mais de 70 mm, principalmente em solos mais argilosos, ou levemente compactados. Para tentar resolver o problema, mais recentemente foram introduzidos no mercado versões de sulcadores do tipo faca, para permitir maior profundidade de trabalho (podem atingir até 150 mm e são específicos para a unidade adubadora), associadas a sulcadores de discos duplos na unidade semeadora.

Ainda não se havia empregado sulcador de disco simples angulado na unidade semeadora e, portanto, a proposta desse trabalho foi justamente avaliar comparativamente o desempenho de cinco diferentes combinações de elementos sulcadores para unidades adubadoras e semeadoras, sendo que, três das quais são protótipos desse tipo de sulcador de disco.

Assim sendo, em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ-USP, em Piracicaba-SP, num Podzólico Vermelho Escuro, eutrófico, com 40,54% de argila, sob pivô central e há quatro safras em sistema de plantio direto na palha, implantou-se o presente experimento.

Os parâmetros estudados para avaliação operacional foram: cobertura da superfície do solo, secção transversal do sulco, força líquida de tração para cada linha semeadora/adubadora, volume de solo mobilizado por unidade de área e resistência específica.

Os resultados obtidos evidenciam que as configurações de elementos sulcadores que possuem facas sulcadoras para a unidade adubadora, discos simples angulados para a unidade semeadora e disco de corte para a palha, não obstante necessitarem de maiores esforços de tração, para a mesma velocidade operacional, como nos casos dos tratamentos S4 e S5 que exigiram 2890,22 N e 2756,41 N, respectivamente. Os referidos tratamentos ainda produziram as maiores secções transversais de sulco mobilizado e, conseqüentemente, os maiores volumes de solo mobilizado por unidade de área.

O tratamento S2 foi o que apresentou a menor exigência de força de tração líquida e valores intermediários de secção transversal de sulco produzido, resultando na menor resistência específica obtida nessa operação.

Os elementos sulcadores que possuem apenas discos como órgãos ativos, tanto na unidade adubadora, como na unidade semeadora, demonstraram exigir os menores valores de força de tração líquida, proporcionando menores secções transversais de sulco mobilizado e, portanto, os menores volumes de solo mobilizado por unidade de área. Isto pode ser observado nos tratamentos S1 e S3, que pelo Teste de Duncan não diferiram estatisticamente entre si ao nível de 1% de probabilidade e, nem do tratamento S2 ao nível de 5% de probabilidade, podendo-se concluir, fundamentalmente, que os elementos sulcadores de discos foram os que melhor desempenharam suas respectivas funções na operação de semeadura nessa condição de semeadura em sistema conservacionista.

## 1 - Introdução

A agricultura brasileira ocupa atualmente uma área de aproximadamente 55 milhões de hectares (AGRIANUAL,1999). Desse total, cerca de 70% são representados por culturas anuais, com ciclos vegetativos variáveis de 90 a 150 dias, que proporcionam, na quase totalidade das principais regiões produtoras, a colheita de duas safras por ano, ou, na pior das hipóteses, cinco safras a cada três anos.

Como mais de 86 % das culturas anuais são representadas por grãos, onde ainda predominam sistemas de produção que empregam métodos convencionais de manejo do solo, verificam-se sérios problemas no que se refere, principalmente, a compactação e erosão do solo, sem considerar ainda a excessiva demanda energética, e conseqüente elevado custo de produção.

Quanto a compactação e erosão isso ocorre devido ao excesso de operações de mobilização, tanto no preparo primário como no preparo secundário do solo, aliados a excesso de tráfego de máquinas e implementos e, conseqüentemente, da falta de cobertura no solo. Soma-se a isso o fato de que, segundo LOPES & GUILHERME (1991), 93 % dos solos brasileiros encontram-se em regiões tropicais, que se caracterizam por apresentar fertilidade natural média

para baixa e, em muitos casos, ainda associada a elevados níveis de acidez, situação típica dos solos sob cerrado. Nas condições de Brasil Central ainda tem-se como principal característica pluviométrica um regime que concentra 70 a 80 % das chuvas durante o verão, normalmente associadas com elevadas temperaturas médias e invernos não rigorosos, porém secos. Essa composição de fatores edafoclimáticos determina a necessidade de reposição periódica de corretivos e fertilizantes no solo e a elaboração de estratégias conservacionistas para minimizar os processos de perdas, tanto de nutrientes por lixiviação, como de água e solo por processos erosivos.

Por outro lado, a globalização das economias mundiais vem exigindo constantes revisões e ajustes operacionais sempre com o objetivo de aumentar a qualidade do produto final e reduzir o custo de produção, ingredientes básicos que garantem a competitividade. Juntando-se então a necessidade de minimizar perdas de solo, água e nutrientes e ainda de reduzir custos de produção, tem-se o cenário perfeito para o crescimento dos métodos conservacionistas de manejo do solo, com destaques especiais para o preparo reduzido, também chamado de “cultivo mínimo” e a semeadura direta, mais conhecida como “plantio direto”. Tais métodos se caracterizam por apresentar reduzida mobilização do solo, conseqüentemente diminuindo o número de operações realizadas por unidade de área. Portanto, também reduzem a demanda energética e, por conseguinte, o número de tratores e implementos envolvidos no processo, com a correspondente minimização dos custos operacionais. Além disso, ainda mantém resíduos

vegetais que oferecem cobertura parcial ou total no solo, no caso do preparo reduzido e da semeadura direta, respectivamente.

Os conceitos conservacionistas começaram a ser intensamente difundidos no Brasil à partir da década de 80, embora os primeiros trabalhos desenvolvidos com semeadura direta e com preparo reduzido tenham sido registrados no início dos anos 70. A semeadura direta iniciou-se no milho e na soja e ainda hoje predomina nessas duas culturas que representam 78 % dos grãos produzidos no país, e que ocupam uma área de 25,9 milhões de hectares (AGRIANUAL 99). Nos últimos anos o Brasil tem mantido, em média, uma área plantada de milho de 14,2 milhões de hectares que produz 37 milhões de toneladas e de 11,7 milhões de hectares de soja, responsável pela produção de 26 milhões de toneladas do grão. Em termos globais essas produções equivalem respectivamente a 7 % e 19 % de todo milho e soja produzidos no planeta.

Dessa área de 25,9 milhões de hectares, estima-se que aproximadamente 40 %, ou seja, cerca de 10 milhões de hectares já estejam sendo manejados segundo métodos conservacionistas, enquanto os 15,54 milhões de hectares restantes ainda estejam em sistemas convencionais.

A transição do sistemas convencionais para os sistemas conservacionistas esbarram em dois grandes obstáculos: o conceitual e o operacional. Para romper a barreira conceitual o caminho mais eficaz é a conscientização conservacionista que tem como melhor aliada a informação técnica-agronômica . A etapa final do convencimento normalmente se dá por meio de visitas a produtores que já possuem o sistema implantado, e com resultados agronômicos e financeiros que

justificam, técnica e economicamente, a adoção do manejo conservacionista, estimulando o produtor do sistema convencional a experimentá-lo.

Ultrapassada a etapa conceitual, o grande desafio passa a ser a etapa operacional, uma vez que isso implica em significativos investimentos em termos, principalmente, de implementos e máquinas agrícolas. Desses equipamentos, as semeadoras-adubadoras de precisão realmente são as máquinas mais importantes e que, normalmente, correspondem a opção decisiva para que o sistema tenha êxito ou não.

---

Os fabricantes nacionais, por sua vez, também tem um desafio enorme que é configurar máquinas que tenham capacidade de operar satisfatoriamente nas mais diversas situações encontradas nas diferentes regiões agrícolas do país, e muitas vezes, nas diversas condições verificadas dentro de uma mesma região, para não dizer de uma mesma propriedade. Essas variações, em termos de manejo conservacionista, se resumem basicamente a tipo de solo (onde também se considera nível de compactação e profundidade de trabalho), topografia e cobertura vegetal na superfície do terreno, no que se refere a tipo e quantidade.

Embora se utilize o mesmo modelo de semeadora-adubadora para implantação das culturas tanto em sistema de preparo reduzido quanto em semeadura direta, a condição operacional mais crítica, para o mesmo tipo de solo e topografia, sempre será a segunda. Isso porque a quantidade de material em cobertura, que representa uma das mais significativas dificuldades operacionais será sempre maior na semeadura direta.

Quanto ao tipo de solo, considerando-se a mesma profundidade de trabalho, os solos de textura média para argilosa sempre serão operacionalmente mais críticos que os de textura média para arenosa.

A semeadura direta consiste numa técnica na qual a semente é depositada em solo não revolvido previamente e protegido com uma camada de cobertura morta remanescente que pode advir da safra anterior ou mesmo de resíduos de adubação verde. Nesse caso a semeadura é efetuada por meio de máquinas especiais, capazes de promover um corte na referida cobertura e abrir um sulco de profundidade e espessura recomendadas agronomicamente para a deposição das sementes e promover a adequada cobertura e compactação das mesmas. Dessa forma propicia condições satisfatórias para a germinação e posterior emergência e desenvolvimento das plantas. A quase totalidade das máquinas para semeadura direta, além de dosar e depositar sementes, ainda faz simultaneamente com os fertilizantes, daí o termo semeadora-adubadora. Assim sendo, as mesmas necessidades operacionais dos elementos sulcadores para as unidades semeadoras se verificam para os elementos sulcadores das unidades adubadoras.

Os sulcadores portanto são os elementos mais importantes das semeadoras-adubadoras para a semeadura direta, uma vez que a adequação da máquina a uma dada condição operacional, que pode ou não ser regionalizada, se verifica por meio da correta seleção dos sulcadores a serem empregados. Assim sendo, os fabricantes nacionais, que se concentram fundamentalmente nos

Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, podem produzir um mesmo modelo de máquina básica para todas as regiões agrícolas do país, bastando especificar, por ocasião da comercialização do produto, a configuração de elementos sulcadores, e seus complementos, mais adequada para a condição de trabalho que a máquina em questão vai operar.

---

## 2 - Objetivos

Para que se possa justificar os objetivos do presente trabalho, torna-se necessário um breve histórico do desenvolvimento tecnológico dos elementos sulcadores para possibilitar o entendimento do atual estado da arte em que se encontram.

### 2.1 - Histórico

A primeira geração de semeadoras-adubadoras para semeadura direta chegou ao Brasil no início dos anos 70, importadas de países europeus, e que possuíam como elementos sulcadores sistemas de facas rotativas. Esse conceito, na verdade não caracteriza exatamente a semeadura direta, pois, embora restrito ao sulco de semeadura, ainda promove prévia e excessiva mobilização localizada do solo. Outro problema sério dessa geração de máquinas foi que a prática da semeadura direta se iniciou no Estado do Paraná, em regiões de solos com textura média para argilosa. Dessa forma, essas máquinas, cujo acionamento das facas, fixadas em flanges montadas num rotor, se dava por meio da tomada de potência do trator, demandavam grande potência e necessitava de tratores com mais de 54,96 kW (75 cv), que na época, não eram comuns para operação de

semeadura. Outra dificuldade é que essas máquinas provocavam constantes danos ao sistema de transmissão do trator, principalmente em solos argilosos mais compactados. Esse tipo de sulcador foi projetado para abrir um sulco de semeadura com largura entre 50 e 120 mm, e que pode atingir 100 mm de profundidade, sendo que, nesse modelo de máquina, o tubo condutor de fertilizantes deposita o adubo na superfície do solo, imediatamente à frente das facas, para que as mesmas processem a mistura do fertilizante com o solo durante a abertura do sulco. Além disso, esse sistema retirava toda cobertura morta numa faixa de 150 a 200 mm ao longo do eixo longitudinal do sulco de semeadura, permitindo inclusive o estabelecimento de processos de erosão, também localizados, à partir dos sulcos.

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 triplo disco 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 arenosos, médios e argilosos, 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. O sulcador do tipo disco duplo é formado por dois discos planos, sempre lisos e capazes de abrir um sulco com largura entre 30 e 50 mm, e profundidade média atinge 75 mm. Nesse sistema o sulco para deposição de fertilizantes é aberto por um segundo sulcador do tipo disco duplo,

sem o disco de corte, e deslocado lateralmente cerca de 50 mm do eixo longitudinal do sulcador da unidade semeadora.

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.

Embora os sulcadores de discos duplos apresentem algumas limitações operacionais, principalmente quando se deseja operar em maiores profundidades, pelo fato de mobilizarem menor volume de solo e adaptarem-se a diversos tipos de solo, ainda hoje são os modelos mais utilizados no país. Mais recentemente foram introduzidos sulcadores do tipo facão para permitir fertilização com profundidade que pode atingir até 120 mm na unidade adubadora, associados a sulcadores de discos duplos para na unidade semeadora.

Face ao exposto, ainda restam algumas alternativas a serem exploradas no que se refere a sulcadores de discos, uma vez que os mesmos apresentam grande capacidade de adaptação aos mais diversos tipos de terreno.

Assim sendo, com a colaboração da MARCHESAN IMPLEMENTOS E MÁQUINAS AGRÍCOLAS TATÚ, que desenvolveu e produziu, sob nossa orientação, um protótipo de sulcador, utilizando apenas um disco por unidade semeadora, angulado em 7° (graus) em relação ao eixo longitudinal da linha de semeadura, delineou-se o presente estudo.

Dessa forma, o referido protótipo foi associado a três configurações distintas de elementos sulcadores para a unidade adubadora, à saber: disco

duplo defasado, faca sulcadora e faca sulcadora+ponteira, que, comparados com as duas configurações mais utilizadas comercialmente no país, constituíram os cinco tratamentos desse trabalho;

## 2.2 - Objetivo específico

Avaliar a capacidade operacional dessas cinco configurações de elementos sulcadores, por meio do cálculo do volume de solo mobilizado por unidade de área e também da exigência de tração em cada condição, parâmetros fundamentais para se determinar a resitência específica do solo e a demanda de potência.

### 3 - Revisão Bibliográfica

#### 3.1 - Uso e manejo do solo

MAGALHÃES (1992), cita que, desde o início do desenvolvimento da agricultura, há mais de 6000 anos A.C. o homem tem utilizado implementos de preparo do solo. O autor ainda define tais implementos como ferramentas capazes de alterar as condições do solo de modo a atender os objetivos específicos de seu manejo.

PEÑAGARICANO (1987) acrescenta que, o homem, à partir do momento que deixou de viver exclusivamente do extrativismo, da pesca e da caça, passou a cultivar o solo inicialmente empregando ferramentas rústicas construídas com madeira, pedras, ossos e conchas.

Para DAVIES et al (1987) o manejo do solo apresenta dois objetivos fundamentais: possibilitar o cultivo de plantas e manter, ou melhorar, a fertilidade do mesmo ao longo do tempo. Ainda comenta que o manejo adequado do solo deve proporcionar condições para germinação das sementes, crescimento do sistema radicular e disponibilizar para as plantas a água e os nutrientes necessários, além de contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

ORTIZ-CAÑAVATE (1980) preconiza que o preparo do solo é o conjunto de operações efetuadas mecanicamente destinadas a obter melhor desenvolvimento das sementes e das plantas cultivadas.

Para a AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING-ASAE (1982) o preparo do solo consiste na manipulação mecânica do solo pela ação de órgãos ativos, com o objetivo de proporcionar as condições mínimas para o desenvolvimento e produção das culturas a serem nele implantadas.

BUCKINGHAM (1976) cita que os objetivos do preparo do solo são os seguintes: fornecer um ambiente favorável para as sementes germinarem e para as raízes crescerem, controlar plantas daninhas, erosão e o teor de água no solo, reduzindo o estresse hídrico das plantas cultivadas. Além disso, GUPTA & LARSON (1982) destacam que outros objetivos do preparo são: incorporação de restos de cultura e fertilizantes, minimização da erosão do solo, aumento da infiltração e do armazenamento proveniente das chuvas.

Segundo STURNY apud BOLLER (1996) não é possível generalizar o conceito de preparo do solo, pois o mesmo está condicionado a fatores edafoclimáticos específicos. BLACK & UNGER (1987) complementam que a seleção de um determinado equipamento para preparo do solo deveria ser baseada nas condições físicas desejadas e também na quantidade de resíduos remanescentes na superfície para adequada proteção contra a erosão.

Para CASTRO (1989) o preparo do solo pode ser entendido como a manipulação física, química e biológica buscando otimizar as condições para germinação das sementes, emergência das plântulas e também o estabelecimento e desenvolvimento das plantas.

WÜNSCHE & DENARDIN (1980) afirmam que o preparo do solo é a etapa mais importante do manejo e que a maior parte dos problemas de conservação advém de inadequada condução de operações realizadas nesse

período. Acrescentam que solos preparados comumente apresentam menor estabilidade dos agregados, aumento da densidade, alterações do espaço poroso e redução da condutividade hidráulica e gasosa. Destacam também que solos submetidos a preparo indevido, por longos períodos, tendem a apresentar demanda crescente de energia para realização das mesmas operações. Essas constatações referendam o trabalho de MACHADO (1976) e foram confirmadas posteriormente por DERPSH (1984 a) e VIDOR (1984).

MAGALHÃES (1992) ainda destaca que para o bom desenvolvimento das culturas é de fundamental importância ter o solo em ótimas condições físicas, pois essa é uma das principais exigências para o acondicionamento físico, químico e biológico do meio produtivo agrícola. Complementa explicando que, uma vez satisfeita essa condição física, obtém-se uma perfeita e adequada distribuição dos espaços porosos no solo. Dessa forma otimiza-se a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas e as trocas gasosas no sistema "solo x planta x atmosfera", proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, particularmente do sistema radicular, sem impedimentos mecânicos. Conclui que é extremamente difícil manter o solo nessas condições pois as atividades de seu uso e manejo, relacionadas com a produção agrícola, geralmente causam deterioração de sua estrutura.

Além disso, PRIMAVESI (1982), MIELNICZUK & SCHNEIDER (1984) e LANZER (1984) detectaram que o manejo convencional do solo tem sido responsável pela excessiva elevação da temperatura na superfície do solo descoberto, principalmente, nas horas mais quentes do dia. Isso tem influência direta nas falhas de emergência das plântulas, nos decréscimos do pH e do teor de fósforo disponível. Os autores também verificaram aumentos na

concentração de alumínio tóxico no subsolo, sistema radicular menos desenvolvido, redução nos efeitos dos corretivos e fertilizantes e aumento na demanda de energia por unidade de área trabalhada e por unidade de alimento produzida. Além disso, a interação dos fatores anteriores vem causando decréscimos na produtividade das principais culturas de grãos. Tal fato reduz a renda dos agricultores, podendo inclusive inviabilizar economicamente extensas áreas produtoras, aumentando, ainda mais, o êxodo rural.

---

CASTRO (1989) relata que as técnicas de preparo do solo desenvolvidas para o continente europeu, em regiões de clima temperado, topografia pouco acidentada e regime pluviométrico de reduzida precipitação anual e com gotas de chuva que apresentam baixa energia cinética, foram introduzidas sem modificações na agricultura tropical. Tais técnicas, que se baseiam no enterrio de resíduos vegetais, deixando a superfície do solo descoberta em condições de elevadas temperaturas e chuvas intensas com alta energia cinética e relevo ondulado produzem efeitos desastrosos no que se refere as perdas de solo por processos erosivos.

MAGALHÃES (1990) afirma que o melhor método de manejo do solo vai depender de sua atual estrutura, teor de água, disponibilidade de tempo e equipamentos.

COELHO (1991) e COELHO et al. (1992) afirmam que o manejo convencional do solo, com excessiva mobilização da camada superficial, ausência de restos de cultura e aliados a elevados índices pluviométricos e generalizadas práticas conservacionistas, tem levado os agricultores a resultados desastrosos e cada vez mais preocupantes.

WÜNSCHE & DENARDIN (1980) sugerem a adoção de sistemas de preparo que mantenham os restos vegetais, parcial ou totalmente, na superfície do solo e que favoreçam a estabilização dos níveis de porosidade em patamares elevados.

---

### 3.2 - Sistemas de preparo do solo

BALASTREIRE (1987) subdivide o preparo do solo em inicial e periódico. O preparo inicial inclui desmatamento e sistematização do terreno e o preparo periódico engloba as operações mecanizadas realizadas antes da semeadura, particularmente nas culturas anuais.

GALETI (1983) preconiza que operações profundas tais como aração, escarificação e subsolagem que resultam em superfície irregular são denominadas de preparo primário enquanto o destorroamento seguido do nivelamento da camada mais superficial são designadas por preparo secundário.

O preparo secundário, como regra geral, é necessário para fornecer condições adequadas para o recebimento das sementes nos primeiros 100 mm de profundidade. Tais condições dizem respeito a promoção do contato semente-solo, de forma que a semente absorva a quantidade necessária de água para a germinação e desenvolvimento inicial, evitando que torrões maiores obstruam o crescimento das radículas e da parte aérea das plantas emergentes.

Por outro lado o preparo secundário é responsável por significativos incrementos na densidade do solo e na resistência do mesmo à penetração.

Assim sendo, grande parte da descompactação decorrente do preparo primário é revertida no preparo secundário (SOAHNE & PIDGEON, 1975 ).

GAMERO & BENEZ (1990) destacam que diferentes sistemas de preparo, operando num determinado tipo de solo, sob mesma condição de cobertura vegetal e de teor de água, podem levar a obtenção de distribuições de agregados por tamanhos semelhantes, desde que os equipamentos utilizados em cada sistema estejam devidamente regulados para tal objetivo. Portanto, concluem os autores, se tornam bastante perigosas as generalizações de que um equipamento de preparo do solo seja melhor ou pior que outros existentes no mercado.

MONDARDO (1978) divide as técnicas de preparo do solo utilizados no Brasil em quatro categorias, segundo o manejo dos resíduos vegetais:

Técnica	Manejo dos resíduos vegetais
- Super preparo	- restos vegetais são queimados
- Prep. convencional	- incorporação dos restos vegetais
- Preparo reduzido	- restos vegetais semi-incorporados
- Plantio Direto	- restos vegetais na superfície do solo

ESTLER et al. apud DALLMEYER (1994) generalizam que o preparo do solo pode ser classificado em: preparo fundamental (primário); preparo do leito de semeadura (secundário) e preparo da resteva (resíduos). Acrescentam que o preparo fundamental ou primário é considerado como aquele realizado em toda a profundidade da camada arável, sem visar uma cultura específica. O preparo do leito de semeadura serve para complementar o fundamental em pequena profundidade, que corresponde à região de deposição das sementes exigida em função do tipo de cultura. No preparo da resteva está em primeiro plano a destinação dos restos de cultura. Visando uma degradação rápida dos referidos restos, essa operação é executada em maior profundidade que a do leito de semeadura, porém, menor que a do preparo fundamental.

COELHO (1990) diferencia os três sistemas de manejo mecanizado do solo segundo a mobilização da camada subsuperficial e a incorporação dos restos culturais da seguinte forma:

Parâmetros	Sistema Convencional	Preparo Reduzido*	Semeadura Direta*
- Mobilização da camada superficial	Total	Total	Restrita ao sulco de semeadura
- Incorporação dos restos culturais	Total	Parcial (mín. 30 % de cobertura)	-

(\*) Sistemas conservacionistas de manejo do solo.

COELHO (1991) e COELHO, GADANHA JR. & MOLIN(1992), afirmam que o sistemas convencionais de manejo do solo, com excessiva mobilização da camada superficial, ausência de restos de cultura e aliados a elevados índices pluviométricos e generalizadas práticas conservacionistas, tem levado os agricultores a resultados desastrosos e cada vez mais preocupantes.

GAMERO & BENEZ (1990) ressaltam a importância das pesquisas de campo nas relações “máquina x solo x planta” para que o conhecimento agrônômico possa definir para uma determinada cultura, num grupo de solos e regime climático, qual o sistema de preparo e respectivas regulagens dos equipamentos envolvidos melhor se ajustam àquela condição. Isso tanto em termos econômicos, no que se refere a aumento de produtividade da cultura e menor demanda energética, como também no aspecto conservacionista. Preconizam finalmente que, para o objetivo ser atingido, torna-se necessário o estabelecimento de parâmetros que permitam a caracterização da condição inicial e final da camada do solo mobilizada.

### 3.3 - Sistemas conservacionistas de manejo do solo

Para AMEMIYA (1977), o preparo conservacionista pode ser entendido como qualquer sistema que reduz perdas de solo ou água, quando comparado com o preparo convencional. Na prática, resulta numa superfície rugosa ou na presença de palha cobrindo o solo, sendo que, em alguns casos, ambas as situações podem ocorrer simultaneamente.

A maneira mais eficaz para controlar a erosão do solo é a manutenção da cobertura vegetal em superfície, condição característica dos sistemas conservacionistas de manejo do solo ( JOHNSON et al, 1979).

ORTOLANI (1977) e LAL (1991) afirmam que é urgente e de vital importância a busca da sustentabilidade para a agricultura tropical. Acrescenta que o tipo de preparo define a referida sustentabilidade, por meio dos efeitos nas propriedades e processos resultantes de sua ação. Assim sendo, comenta que os sistemas de preparo são específicos para cada condição de solo e cultura a ser introduzida. Conclui evidenciando que o manejo dos resíduos vegetais, o preparo reduzido do solo, a utilização de adubos verdes e a semeadura direta são relevantes opções no manejo conservacionista do solo.

JOHNSON & MOLDENHAUER (1979) relatam que a cobertura do solo com resíduos é a maneira mais eficiente de controle de erosão. Os autores

ainda afirmam que métodos conservacionistas de manejo que mantêm no mínimo 30 % de cobertura, reduzem a erosão em mais de 50 % , quando comparado com áreas com ausência de cobertura.

Segundo MAGLEBY & SCHERTZ (1988) a porcentagem da superfície do solo que permanece coberta de resíduos vegetais, durante o período compreendido entre a colheita da cultura anterior até a semeadura da próxima cultura é a diferença fundamental entre preparo convencional e preparo conservacionista. Concluem afirmando que consideram conservacionista qualquer sistema de preparo e semeadura que proporcione a manutenção de no mínimo 30 % de cobertura com os referidos resíduos.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) afirmam que a cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento da enxurrada, e incorpora ao solo a matéria orgânica que aumenta a sua resistência ao processo erosivo; no caso da erosão eólica, protege o solo contra a ação direta dos ventos e impede o transporte de partículas. Complementam ressaltando que a cobertura morta com palha ou resíduos vegetais contribui para a conservação da água, devendo ser preconizada nas zonas de precipitações pouco abundantes, e diminui a temperatura do solo, reduzindo assim as perdas por evapotranspiração.

Segundo DENARDIN (1984) o preparo reduzido não implica na redução da profundidade de mobilização do solo, mas sim na redução do número de operações de preparo.

DERPSCH (1972) referencia que o plantio direto começou a ser implantado no Brasil à partir de experiências realizadas no início da década de setenta, pela Missão Alemã, junto ao extinto órgão do Ministério da Agricultura,

O Instituto de Pesquisas e Experimentação Meridional - IPEAME, no município paranaense de Londrina. O mesmo autor ressalta, em 1984, que no ano agrícola 1973/1974, já estavam implantados no país cerca de 1.000 ha em semeadura direta. Exatamente uma década depois, esta área já alcançava quase 500.000 ha, predominantemente no Estado do Paraná.

GASSEN & GASSEN (1996) relatam que na safra 95/96 a área com plantio direto no Brasil já tinha atingido o patamar de 4,5 milhões de ha.

Segundo BARTZ <sup>1</sup> (1998), com o significativo crescimento do plantio direto nos dois últimos anos, estima-se que atualmente a área manejada com essa técnica no Brasil já tenha ultrapassado 9,5 milhões de hectares, principalmente em função do explosivo crescimento na região centro-oeste, passando de pouco menos de 500.000 ha há dois anos atrás, para cerca de 2 milhões de hectares na safra 97/98.

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

---

( <sup>1</sup> ) BARTZ, Herbert. Comunicação oral. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, Rolândia-PR, Novembro de 1998.

Segundo MAGALHÃES (1990), o plantio direto, inicialmente introduzido no Brasil para o controle de erosão, tem se mostrado um método bastante efetivo contra a compactação de solos em regiões onde um processo de descompactação natural do solo é conseguido. Onde isso não ocorre, o autor destaca a necessidade esporádica do solo ser preparado por método convencional.

---

### 3.4 - Sulcadores empregados em unidades semeadoras e adubadoras para operação em áreas sob manejo conservacionista

KEPNER et al. (1972) refere-se aos sulcadores de discos como sendo os mais apropriados para operar em solos com alguma quantidade remanescente de palha, após o preparo. Salienta que sulcadores com discos côncavos simples são mais hábeis para penetração mais profunda e também para promover o corte dos resíduos que os do tipo discos duplos, uma vez que os últimos são mais indicados para profundidades de semeadura em menores profundidades.

RANDALL (1983) comenta que vários trabalhos demonstram que em solos sob preparo reduzido a profundidade média de semeadura é menor, e sua variação é significativamente maior, que a semeadura convencional. Tal fato pode implicar em emergência desuniforme e *stand* deficitário de plantas, particularmente em situações de falta de umidade no solo, imediatamente após a semeadura.

Considerando as regiões do Centro-Sul do país, dentre as várias dificuldades encontradas pelos agricultores que se propõem a adotar o sistema, pode-se destacar a inadequação das combinações entre as unidades de abertura, cobertura e compactação dos sulcos de sementes e adubos,

como dos principais problemas a ser solucionado. Em função disso, RIGHES et al. (1984), enfocaram em seu trabalho: não uniformidade da distribuição longitudinal de sementes, deposição de sementes em profundidade irregular, dificuldade de penetração e de manutenção da profundidade de trabalho dos elementos sulcadores.

Trabalhando com semeadura mecanizada na cultura do feijão, SILVA et al. (1985) afirmam que o sulcador do tipo cinzel foi o que proporcionou maior profundidade de trabalho para a unidade adubadora, sendo que os sulcadores de discos duplos para a unidade de semeadura proporcionaram menor porcentagem de sementes descobertas, melhor uniformidade de distribuição das sementes no interior do sulco e profundidade mais homogênea.

CULPIN, citado por GRAY & MACINTYRE (1983), relata que alguns dos fatores que afetam o grau de penetração no solo, dos sulcadores de discos, em sistema de plantio direto são: diâmetro do disco, velocidade de deslocamento e grau de compactação do solo. Quanto aos dois primeiros fatores, os ajustes são mais imediatos, porém quanto ao terceiro, as dificuldades tornam-se maiores.

Vários autores, dentre os quais, DANIEL (1981), VIEIRA (1981), VIEIRA & MUZILLI (1984), e VIEIRA (1989), tem observado que, no que diz respeito às relações de massa e volume do solo, sob sistema de plantio direto, existe uma tendência de aumento nos valores da densidade e da microporosidade. Isso ocorre devido a redução dos volumes de poros totais e macroporos, mais acentuadamente nos primeiros quinze centímetros. À partir dessa profundidade, os valores desses parâmetros tendem a se igualar àqueles encontrados nas mesmas condições edafoclimáticas, porém sob manejo

convencional. A explicação para isso deve-se ao fato de não haver revolvimento do solo em plantio direto, ao contrário do que ocorre com o sistema convencional, onde as relações de volume se alteram constantemente por ocasião principalmente das sucessivas mobilizações. Os autores acrescentam que esse problema é agravado devido ao fator cobertura morta que, muitas vezes, proporciona a falsa idéia que o solo já está em condições ideais de umidade para receber o tráfego de máquinas, enquanto, na realidade, isso ainda não ocorreu.

VIEIRA (1985) salienta que tais problemas de aumento excessivo da densidade do solo tem sido observados em solos com teores mais elevados de argila, sobretudo nos latossolos roxos e terras roxas estruturadas.

RIGHES e colaboradores (1984) acrescentam que os sulcadores de discos duplos ainda aumentaram a compactação no fundo do sulco, embora, nesse trabalho, foram os sulcadores que mobilizaram menor volume de solo e demandaram menor energia específica do que os demais modelos estudados, que no caso foram: tipo cinzel e tipo facas rotativas.

PORTELLA (1989) acrescenta que, embora os sulcadores de discos se adaptem à diversos tipos de solos e quantidades de resíduos superficiais, desde que picados e bem distribuídos, apresentam limitações em solos úmidos devido à aderência e em solos com densidade elevada, devido à falta de penetração.

FAGANELLO (1989) estudando o desempenho do sulcador tipo cinzel, da faca sulcadora e do disco duplo defasado em diferentes profundidades de trabalho observou que a força de tração aumentou significativamente quando a semeadura variou no intervalo de 20 a 150 mm.

## 4 - Material

### 4.1.1 - Campo Experimental

---

O presente trabalho foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural na Fazenda Areão, pertencente a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba-SP, em Julho de 1994.

As coordenadas do centro geométrico da área experimental são as seguintes:

- Latitude: 22° 41' 66" S
- Longitude: 47° 38' 99" W
- Altitude: 485 m

A área experimental foi posicionada sob um pivô central para que ficasse garantida a condição ideal de umidade para semeadura durante a realização dos ensaios.

A declividade média da área experimental é de 10%, sendo que todos os terraços são do tipo base larga e foram locados em nível.

A referida área já se encontrava em sistema de plantio direto durante as quatro safras que antecederam a implantação deste experimento. Antes de iniciar o manejo conservacionista a referida área foi subsolada integralmente na profundidade de 400 mm, de forma a eliminar todos os problemas pré-existentes relacionados à camadas de solo compactado, ocasião em que também foi corrigida para elevação de seu nível de saturação de bases a 80%.

Com a introdução do plantio direto, foi iniciado um programa de rotação de culturas de forma que nos dois primeiros anos o milho foi a cultura de verão (colhido no final de janeiro), seguido imediatamente da semeadura da soja, também em sistema de plantio direto, com objetivo de servir como adubação verde, por ser extremamente eficaz na fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico.

As parcelas foram demarcadas sobre uma palhada de soja manejada mecanicamente, 20 dias antes da instalação do experimento, por meio de um triturador de restos vegetais tratorizado. Dessa forma a referida palhada ainda continha vários resíduos da cultura de milho colhida anteriormente, na safra de verão

O objetivo da utilização do triturador foi promover uma fragmentação e distribuição homogênea dos resíduos na superfície do terreno, o que resultou numa cobertura média de 85 % e quantidade de matéria seca da ordem de 4516 kg/ha, condição bastante representativa de manejo conservacionista para instalação do experimento.

#### 4.1.2 - Solo

O solo onde o experimento foi instalado é classificado como Podzólico Vermelho-Escuro (PE), Eutrófico, com textura variável de argilosa/muito argilosa, conforme citado em SPAROVEK (1993). A opção por esse tipo de solo se justifica pois os solos argilosos são os mais problemáticos para os elementos sulcadores, objeto desse estudo.

A análise granulométrica de amostras compostas coletadas entre 0-150 mm de profundidade apresentou os resultados apresentados no QUADRO 1:

ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)
40,54	28,68	30,78

Quadro 1 - Composição granulométrica média do Podzólico Vermelho-Escuro da Faz. Areão - Piracicaba/SP

#### 4.1.3 - Semeadora-Adubadora

Trata-se de uma máquina de arrasto, com acionamento mecânico dos mecanismos dosadores por meio de roda de terra e, hidráulico por meio de cilindro comandado pelas alavancas de controle remoto do sistema hidráulico do trator para posição de transporte ou operacional. Uma vista geral da semeadora-adubadora empregada nesse trabalho encontra-se na Figura 1.

Em todos os tratamentos, a máquina foi montada com três unidades semeadoras-adubadoras, sendo a central coincidente com o eixo longitudinal do conjunto trator + semeadora, e as outras duas espaçadas a uma distância de 500 mm de cada lado. Utilizou-se este espaçamento para as unidades semeadoras-adubadoras não operarem em solo pré-compactado pelas rodas dos tratores. Os mecanismos dosadores na máquina em questão para as unidades semeadoras e adubadoras foram os discos perfurados horizontais e rotores helicoidais, respectivamente.



Figura 1 - Semeadora-Adubadora utilizada nos ensaios.

A referida semeadora-adubadora estava equipada com rodas laterais individuais para cada unidade semeadora, para controle de profundidade e rodas compactadoras de borracha, do tipo "V", para fechamento do sulco e homogeneização da superfície do solo, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Detalhe das rodas controladoras de profundidade e das rodas compactadoras do sulco, em formato de um "V".

#### 4.1.4 - Elementos sulcadores para unidades semeadoras e adubadoras

A variação de cinco configurações de montagem dos elementos sulcadores na semeadora-adubadora descrita anteriormente, caracterizaram os diferentes tratamentos do presente trabalho, designados respectivamente de S1, S2, S3, S4 e S5, conforme apresentado no Quadro 2.

Todos os elementos sulcadores são construídos em aço carbono, com dureza média de 40 RC. No caso dos sulcadores de discos duplos, ambos possuem diâmetro de 330,2 mm (13") na unidade semeadora e 381,0 mm (15") na unidade adubadora (Tratamento S1). Quando se tratam de sulcadores de discos duplos defasados, um dos discos apresenta diâmetro de 330,2 mm (13") e o outro de 381,0 mm (15"), tanto na unidade semeadora, quanto na unidade adubadora (Tratamento S2). O elemento sulcador protótipo de disco simples tem diâmetro de 330,2 mm (13") e uma angulação de 7° em relação ao eixo longitudinal da linha de semeadura ( Tratamentos S3, S4 e S5 ). Os discos de corte utilizados nos tratamentos S1, S3, S4 e S5 são lisos, planos e com diâmetro de 457,2 mm (18") e espessura de 4,5 mm.

<b>Tratamento</b>	<b>Sulcador Unidade Semeadora</b>	<b>Sulcador Unidade Adubadora</b>	<b>Disco de Corte para palha</b>	<b>Status</b>
<b>S1</b>	Disco Duplo	Disco Duplo	Sim	Comercial
<b>S2</b>	Disco Duplo Defasado	Disco Duplo Defasado	Não	Comercial
<b>S3</b>	Disco Simples Angulado	Disco Duplo Defasado	Sim	Protótipo
<b>S4</b>	Disco Simples Angulado	Faca Sulcadora	Sim	Protótipo
<b>S5</b>	Disco Simples Angulado	Faca Sulcadora c/ponteira	Sim	Protótipo

Quadro 2 - Configuração dos cinco tratamentos do experimento.

À seguir, as Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 ilustram respectivamente as combinações de elementos sulcadores que determinaram os tratamentos S1, S2, S3, S4 e S5.

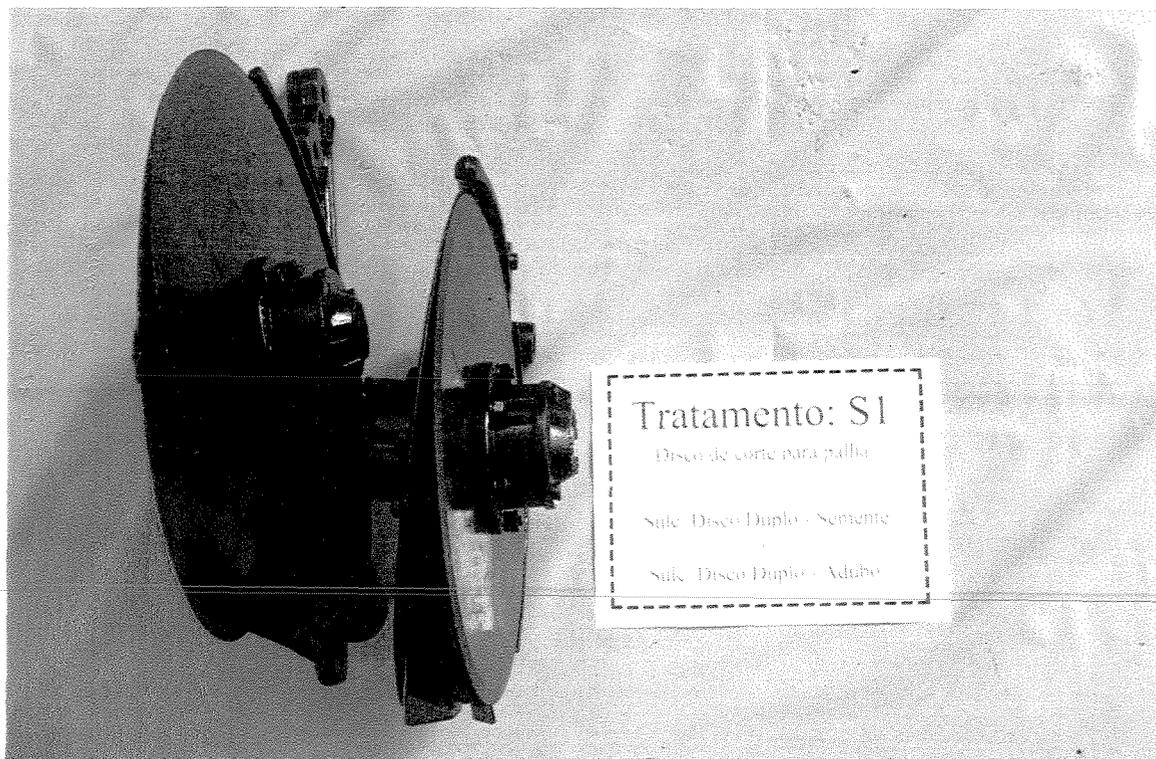


Figura 3 - Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do Tratamento S1.

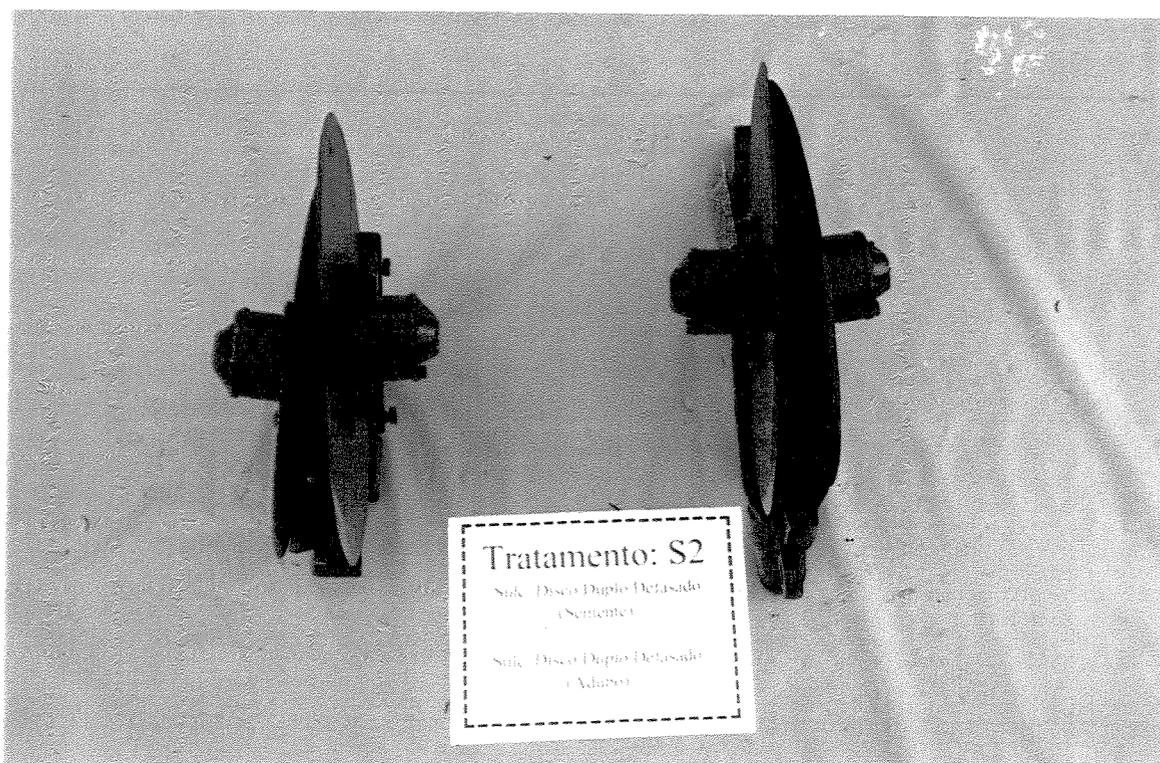


Figura 4 - Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do Tratamento S2.

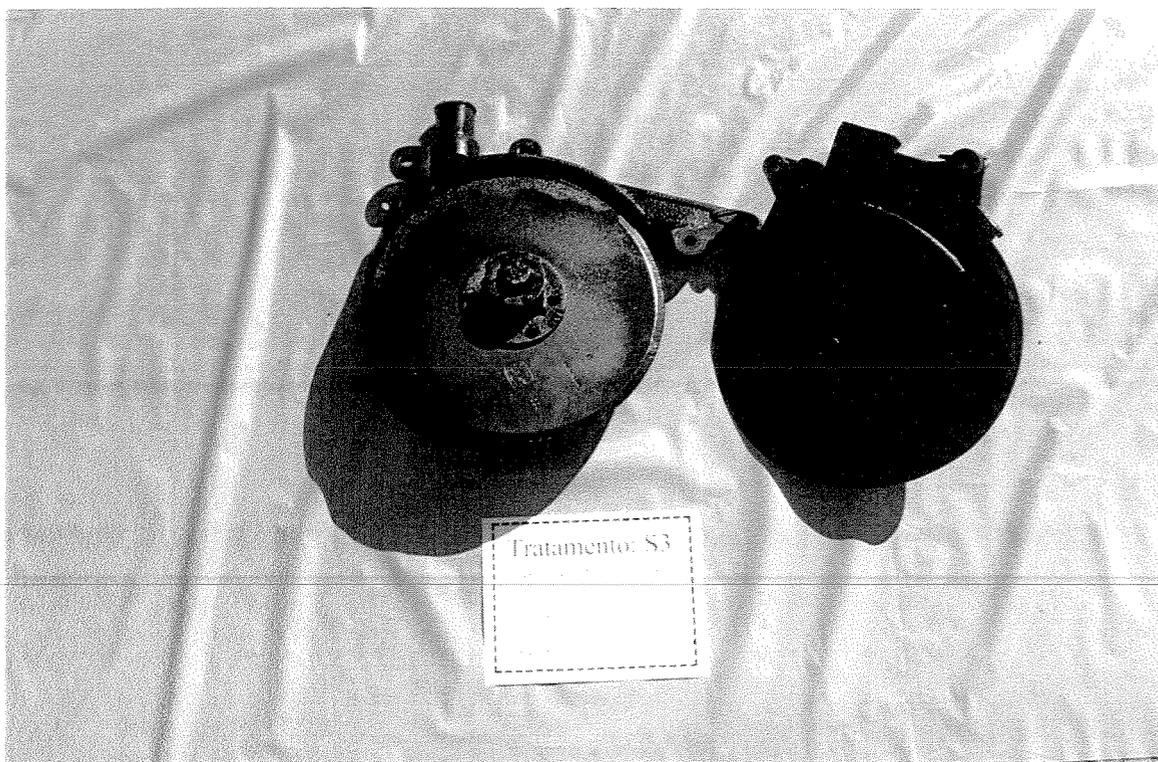


Figura 5 - Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do Tratamento S3.

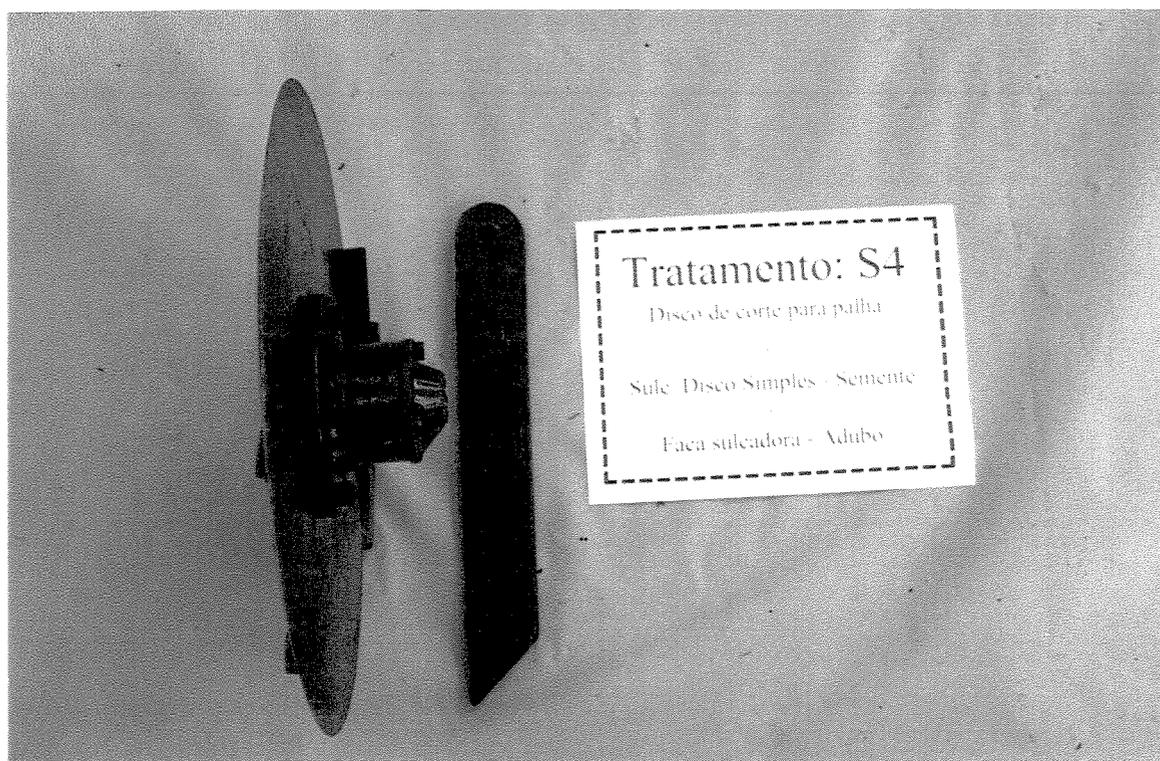


Figura 6 - Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do Tratamento S4.

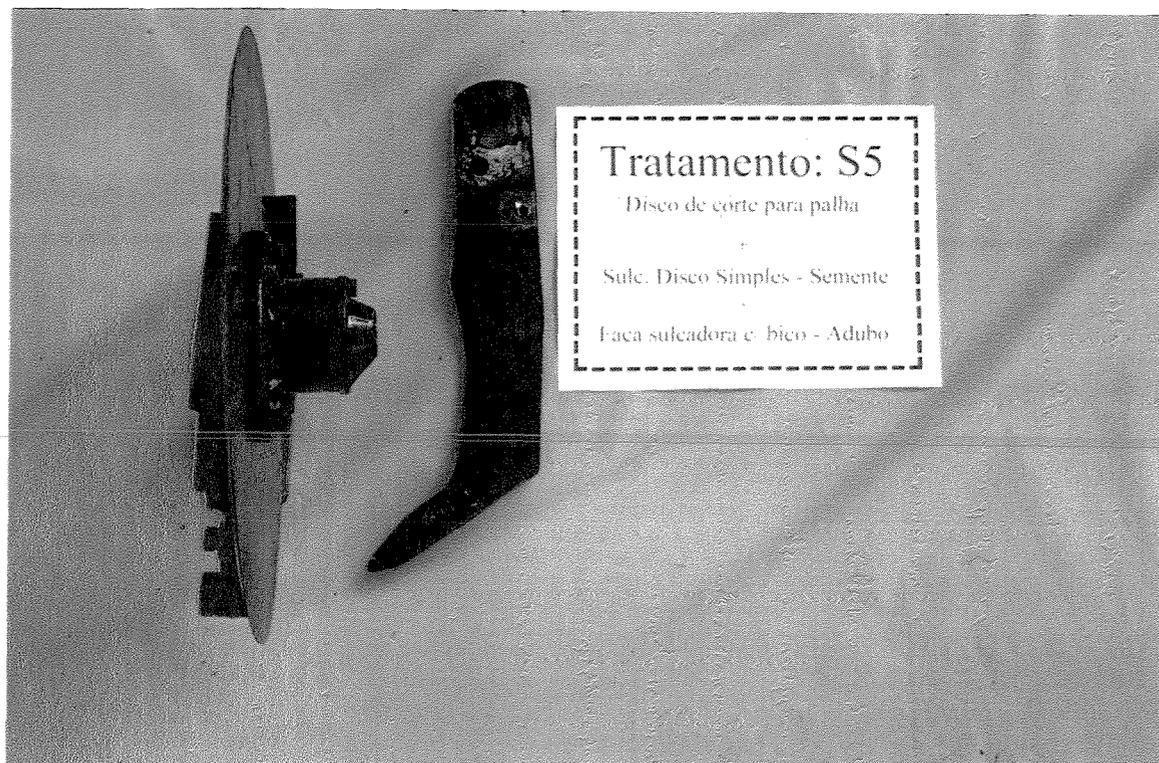


Figura 7 - Elementos sulcadores da unidade semeadora e adubadora do Tratamento S5.

#### 4.1.5 - Tratores agrícolas instrumentados

Para realização dos ensaios dinamométricos com o objetivo de se quantificar a demanda de força por unidade semeadora-adubadora foram utilizados dois tratores agrícolas, em forma de “comboio”. O primeiro, da marca Massey Ferguson, Mod. MF 296 - 4x2 TDA, de 85 kW (116 cv) de potência, e peso de 57,98 kN ( 5798 kgf ) foi designado como trator instrumentado, que, além de comportar toda a instrumentação utilizada durante os ensaios, ainda fez as vezes do veículo de tração e o segundo, da marca Valmet, Mod. VT 68 4x2, com

44,9 Kw (61 cv) de potência, e peso de 30,3 kN (3030 kgf), designado somente de trator auxiliar, cuja função foi apenas servir como elemento de união entre a semeadora-adubadora e o trator instrumentado.

A montagem do comboio se deu de forma que os dois tratores permaneceram unidos por meio de um cabo de aço, intercalado por uma célula de carga marca KYOWA, com capacidade para medir esforços até 49,05 kN (5000kgf) .

---

Durante a realização dos ensaios, foi mantida uma velocidade de deslocamento constante de 6,0 km/h.

Antes de se iniciarem os ensaios dinamométricos, foram efetuados numa área anexa à das parcelas experimentais, e com o mesmo tipo de cobertura do solo, ensaios preliminares para determinação da resistência ao rolamento. Isso tanto para o trator rebocado, como para a semeadora-adubadora configurada com os elementos que definiram cada um dos 5 tratamentos, sendo que em ambos os casos a velocidade de deslocamento foi a mesma utilizada posteriormente no ensaio oficial.



Figura 8 - Vista geral do comboio integrado pelo trator rebocador, que suportava toda a instrumentação, e semeadora-adubadora, acoplada ao trator auxiliar

Durante as determinações o cabo de aço permanecia paralelo à superfície do solo segundo o eixo longitudinal do comboio, para se evitar que houvesse alguma força resultante e que ocorresse qualquer tipo de decomposição na força horizontal, conforme pode se observar na Figura 9.

Operacionalmente isso só foi possível pois ambas as extremidades do cabo de aço ficaram acopladas às respectivas barras de tração dos tratores. No caso do trator auxiliar o cabo passava por baixo do mesmo, alinhado com seu eixo longitudinal.



Figura 9 - Detalhe do posicionamento paralelo do cabo de aço em relação à superfície do solo.

#### 4.1.6 - Sistema de Aquisição de dados

O esquema simplificado do sistema de aquisição de dados é composto dos seguintes módulos:

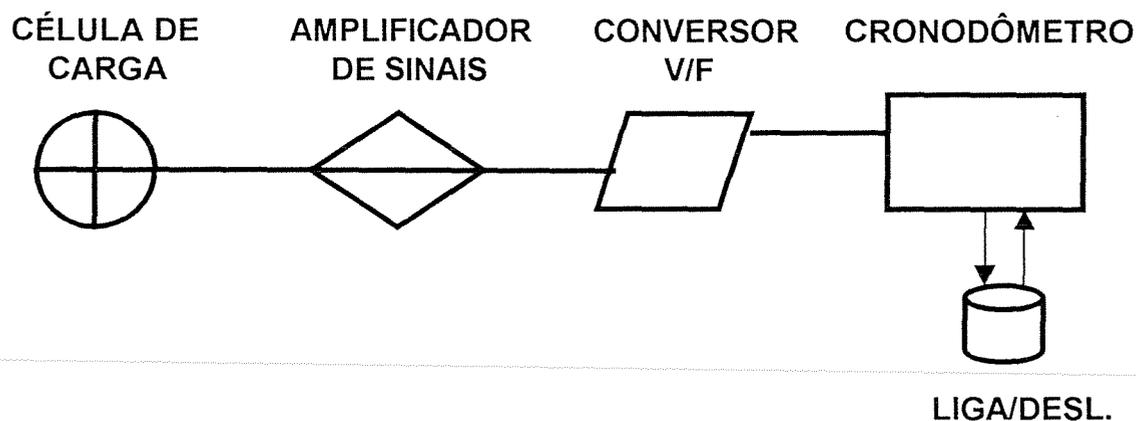


Figura 10 – Esquema simplificado do sistema de aquisição de dados utilizado nos ensaios de campo.

A instrumentação permitiu a aquisição do esforço médio exercido pelo trator instrumentado para tracionar o conjunto formado pelo trator auxiliar + semeadora-adubadora. Como pode-se observar no esquema simplificado, a célula de carga envia um sinal elétrico com amplitude proporcional ao esforço exercido sobre a mesma devido a força de tração. À seguir, o sinal elétrico entra no amplificador que realizará uma filtragem seguida da amplificação, gerando, na saída, um sinal analógico. Para poder se obter o esforço médio numa determinada distância pré-estabelecida, realizou-se a conversão desse sinal analógico em sinal de frequência, de tal modo que o mesmo pudesse ser armazenado pelo cronodômetro, uma vez que esse último possui canais para entrada digital. O funcionamento do cronodômetro está condicionado a dois pulsos elétricos, sendo o primeiro para dar início a aquisição, designado no

esquema por “liga” e o segundo para interromper os registros de dados. Esses pulsos podem ser acionados manualmente por meio de botoeiras tipo “liga/desliga”, ou, automaticamente, com a utilização de sensores.

No caso do presente trabalho, optou-se pelo acionamento automático, visando minimizar a possibilidade de erro humano. Assim sendo, foi construído no Laboratório de Instrumentação do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ um dispositivo que empregava sensor do tipo “barreira de luz”, com raio infravermelho. Para tal, montou-se lateralmente no trator um suporte metálico na forma de “U” , voltado para baixo, em cuja extremidades foram posicionados respectivamente o emissor e o receptor da barreira de luz. Dessa forma, uma primeira interrupção da referida barreira aciona o “liga” e a segunda o “desliga” no sistema de aquisição de dados. Uma vez que a distância pré-estabelecida para determinação do esforço de tração foi de 20 m, após 10 m para estabilização do sistema, em cada parcela experimental, foram previamente cravadas duas estacas por parcela, espaçadas entre si de 20 m, com a função de promover a interrupção da barreira de luz. Na Figura 10 é apresentado um detalhe do dispositivo para acionamento automático do sistema de aquisição de dados.

Para calibração do conversor V/F simulou-se a aplicação de um esforço de 36,78 kN (3750 kgf ) e que fornece uma leitura de 3000  $\mu$  stream no painel do amplificador KYOWA. Em seguida, ajustou-se uma saída de 1,5 VDC do amplificador. Na sequência esse sinal foi transferido para a entrada do conversor V/F, ajustando-o para uma frequência em torno de 5200 hz. Conhecendo essa relação, consegue-se determinar o esforço médio simplesmente dividindo-se o

número total de pulsos obtidos no intervalo de 20 m pelo tempo, expresso em segundos, que o conjunto necessitou para percorrê-lo. Esse quociente é a frequência média que, multiplicada pela constante 0,72 (obtido na calibração, da relação 3750/5200) fornece o esforço de tração médio, expresso em kgf, que, multiplicado por 9,81 é convertido para N, no intervalo considerado.

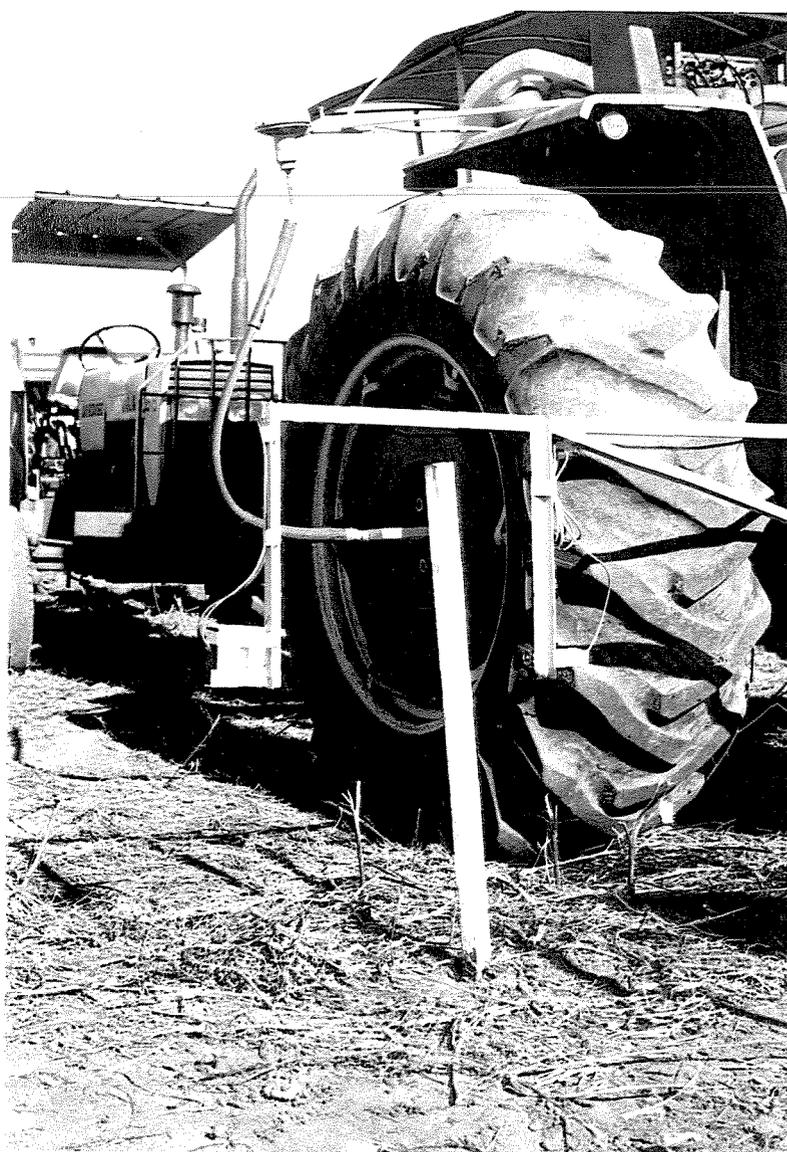


Figura 11 - Sensor infravermelho do tipo "barreira de luz" montado na estrutura em "U" e uma estaca de referência que, ao interromper o feixe luminoso aciona o sistema automático de aquisição de dados

#### 4.1.7 - Microperfilômetro

Para determinação da área da secção transversal mobilizada em cada parcela experimental, utilizou-se um microperfilômetro construído e fornecido pelo CNPT/EMBRAPA. O referido equipamento é composto por 45 hastes, espaçadas entre si em 10 mm e suportado por uma estrutura metálica de altura ajustável onde foi adaptado um nível de bolha para instalação do equipamento sempre paralelo à superfície do terreno, conforme pode-se observar na Figura 12.

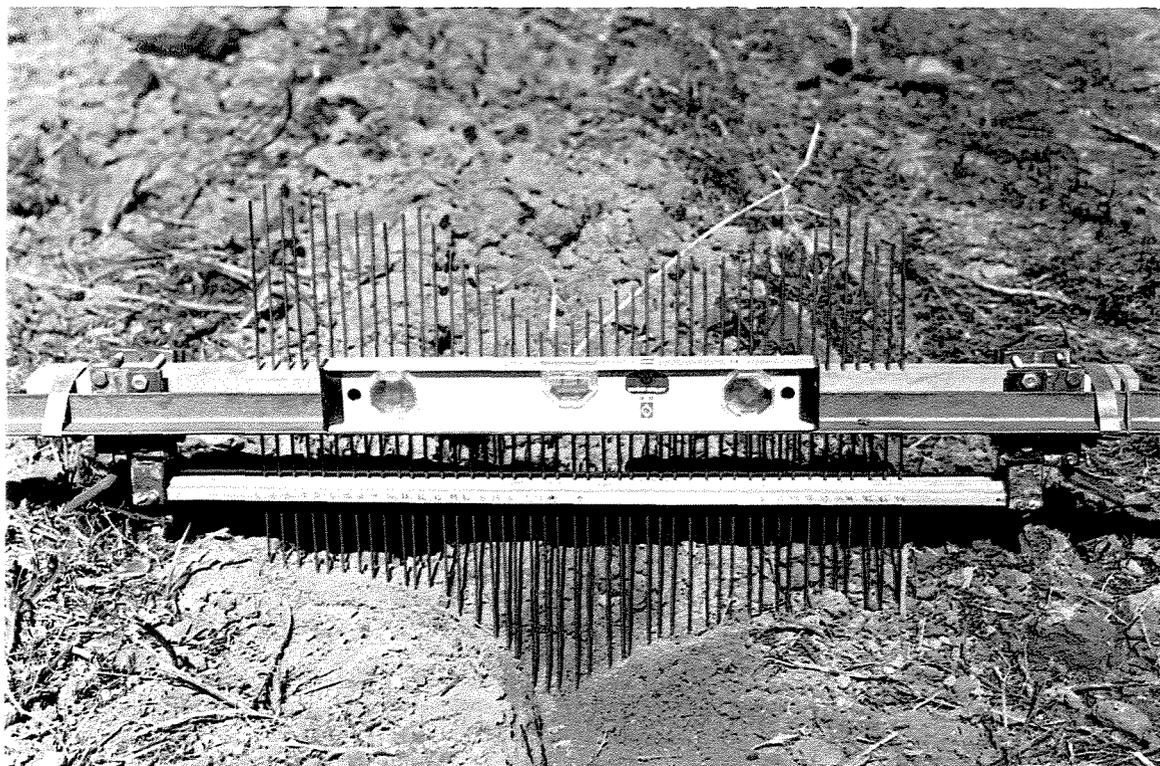


Figura 12 - Vista frontal do microperfilômetro.

As hastes são deslizantes em um caibro de madeira perfurado e este fixado na estrutura suporte por meio de braçadeiras metálicas. Na parte inferior do caibro existem duas réguas de madeira que, quando afastadas por um dispositivo mecânico, de acionamento manual, liberam as hastes que caem livremente até a superfície do solo moldando o perfil do terreno e já dispostas na posição de leitura individual da altura das mesmas.

#### 4.1.8 - Insumos agrícolas

##### 4.1.8.1 - Sementes

Foram utilizadas sementes comerciais de um híbrido triplo de milho (*Zea mays L.*), cultivar 3230 da Pioneer, peneira C-3, com poder de germinação de 99% e pureza física de 98%, resultando num valor cultural de 97 %. A profundidade de semeadura foi ajustada para 50 mm em todos os tratamentos.

##### 4.1.8.2 - Fertilizante

Foi utilizado fertilizante sólido do tipo mistura granulada na formulação N-P-K + Zn (08-20-20), na dosagem de 850 kg/ha da marca comercial Copas. A dosagem foi calculada de acordo com as recomendações agronômicas do Boletim 100 do IAC e, a opção por uma formulação contendo praticamente o dobro do que se utiliza normalmente de nitrogênio, em adubações de fundação, se justifica de forma a vir tornar ainda mais sensível algum eventual efeito de fitotoxicidade da plântula em relação a uma eventual distribuição inadequada no posicionamento relativo de sementes e fertilizantes.

A profundidade de adubação foi ajustada para 100 mm em relação a superfície do solo, ou seja, 50 mm abaixo e 50 mm deslocada lateralmente em relação à linha de deposição das sementes.

#### 4.1.9 - Material para coleta de amostras e determinação dos parâmetros estudados

##### 4.1.9.1 - Determinação da densidade e umidade do solo

A coleta de amostras indeformadas de solo no campo e determinação da densidade em laboratório foram efetuadas com os seguintes materiais: anel volumétrico de 76 mm de diâmetro e altura de 75 mm, estrutura suporte com haste de apoio e cilindro de impacto para introdução dos anéis, sacos plásticos etiquetados para acondicionamento hermético e identificação das amostras, recipiente de isopor para depósito e transporte até o laboratório, martelo de pedólogo, enxadão, faca, régua metálica, balança eletrônica marca MARTE, modelo A-500, com precisão de 1/10 g e estufa elétrica regulada para secagem a 105° C. Foram retiradas 6 amostras por parcela, totalizando 120 amostras em todo o trabalho. Desse montante, 3 amostras por parcela foram retiradas na profundidade de 0 - 75 mm e as outras 3, de 75 a 150 mm. Cada amostra serviu tanto para determinação da densidade do solo, como também do teor de água.

#### 4.1.9.2 - Determinação do índice de cobertura do solo

Para essa determinação foi empregada uma trena marca LUFT de 15 m, com 100 marcas espaçadas entre si de 150 mm e planilhas de campo para registro dos dados conforme preconizado por LAFLEN et al. (1981).

#### 4.1.9.3 - Determinação da quantidade de matéria seca em cobertura

Para essa determinação foi confeccionado uma armação auxiliar metálica, na forma de um quadrado, com lado de 500 mm (perfazendo uma área conhecida de 0,25 m<sup>2</sup>) e ainda utilizou-se tesoura de poda, faca, sacos de papel, estufa elétrica regulada para 65°C e uma balança eletrônica marca MARTE, modelo A-500, com precisão de 10<sup>-4</sup> kg.

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 Delineamento Experimental

#### 4.2.1.1 Tratamentos

Conforme apresentado no Quadro 2, item 4.1.4, os tratamentos do presente experimento são em número de cinco e correspondem às distintas configurações de montagem de elementos sulcadores em unidades semeadoras e adubadoras para semeadura em sistemas conservacionistas de manejo do solo por meio de uma semeadora-adubadora de precisão.

Os tratamentos empregados na unidade experimental foram designados pela letra "S", seguida dos números 1,2,3,4 e 5 para identificar, respectivamente a configuração utilizada no Quadro 2, citado anteriormente, onde a letra "R" significa repetição do tratamento.

#### 4.2.1.2 Unidade experimental

Cada unidade experimental, ou parcela, ocupou área de 105 m<sup>2</sup>, equivalente a forma geométrica de um retângulo com 3,5 m de largura e 30 m de comprimento. Durante as determinações dinamométricas, desprezou-se os primeiros 10m para que o conjunto pudesse se estabilizar, de forma que as leituras foram obtidas ao longo de 20 m úteis.

#### 4.2.1.3 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os cinco tratamentos totalizam, portanto, 20 unidades experimentais dispostas em 4 blocos e com 19 graus de liberdade, sendo 3 graus para os blocos, 4 para os tratamentos e 12 de resíduos. A distribuição dos tratamentos dentro de cada bloco foi efetuada por meio de sorteio. A área experimental útil é de 2100 m<sup>2</sup>, conforme croqui apresentado na Figura 13.

<b>BLOCO I</b>				
01	02	03	04	05
<b>S3R1</b>	<b>S5R1</b>	<b>S1R1</b>	<b>S2R1</b>	<b>S4R1</b>

<b>BLOCO II</b>				
06	07	08	09	10
<b>S4R2</b>	<b>S5R1</b>	<b>S3R2</b>	<b>S5R2</b>	<b>S2R2</b>

<b>BLOCO III</b>				
11	12	13	14	15
<b>S2R3</b>	<b>S4R3</b>	<b>S5R3</b>	<b>S1R3</b>	<b>S3R3</b>

<b>BLOCO IV</b>				
16	17	18	19	20
<b>S1R4</b>	<b>S5R4</b>	<b>S2R4</b>	<b>S3R4</b>	<b>S4R4</b>

Figura 13 - Croqui da disposição das parcelas experimentais.

#### 4.2.2 Determinações das variáveis do solo

As determinações de densidade, teor de água no solo, quantidade de matéria seca em cobertura e granulometria do solo, para caracterização física da área experimental, foram efetuadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. As variáveis analisadas relacionadas com o solo foram:

##### 4.2.2.1 Densidade

Simultaneamente às determinações dinamométricas foram efetuadas as amostras para determinação de densidade pelo Método de UHLAND, utilizando anéis de 75 mm. Foram coletadas aleatoriamente três amostras indeformadas na camada de 0 a 75 mm e outras três na camada de 75 a 150 mm.

##### 4.2.2.2 Teor de água

Utilizando-se das mesmas amostras para determinação de densidade do solo, tomou-se o cuidado de mantê-las herméticamente embaladas em papel alumínio, dentro de uma caixa de isopor até a chegada imediata no Laboratório. O método de determinação utilizado foi o Método Gravimétrico padrão, após secagem do solo em estufa à 105<sup>o</sup> C, durante 24 horas.

##### 4.2.2.3 - Quantidade de matéria seca em cobertura

Conforme já descrito no item 4.1.9.3 empregou-se uma armação auxiliar na forma de quadrado com área conhecida de 0,25 m<sup>2</sup> que foi arremessada aleatoriamente três vezes sobre cada parcela e de cuja área circunscrita foram

retirados todos os materiais orgânicos que se encontravam na superfície do solo. Os materiais que não se encontravam soltos como "tigueras" ou plantas daninhas eram seccionados rente ao solo e incluídos na amostragem.

O material recolhido em sacos de papel e devidamente identificado era enviado ao Laboratório para secagem lenta à 65<sup>o</sup> C por 48 horas, para posterior pesagem e correlação com os 10.000 m<sup>2</sup> de um hectare. A Figura 14 ilustra a coleta de uma dessas amostras.



Figura 14 - Detalhe do recolhimento manual do material orgânico circunscrito pela armação auxiliar para determinação da quantidade de matéria seca em cobertura.

### 4.2.3 Determinação das variáveis operacionais

#### 4.2.3.1 Cobertura vegetal

Essa variável fundamental na avaliação de máquinas e equipamentos para o manejo conservacionista do solo foi avaliada de duas formas distintas: massa ( conforme descrito no item anterior ) e distribuição percentual.

A distribuição percentual foi determinada antes e após o emprego dos tratamentos, e consistiu de cinco amostragens aleatórias anteriores e outras cinco posteriormente à passagem dos sulcadores, em cada parcela experimental. Para tal empregou-se o método da trena marcada, conforme preconizado por LAFLEN (1981).

#### 4.2.3.2 Secção transversal de sulco mobilizado

Para determinação da secção transversal do sulco foi empregado microperfilômetro, conforme descrito em 4.1.7. Em cada parcela foram efetuadas três repetições de determinação do perfil natural da superfície e outras três após a passagem dos sulcadores, em um dos três sulcos deixados pela semeadora-adubadora, sorteado aleatoriamente. Portanto as duas condições de leitura foram:

Perfil natural: determinado antes da passagem do comboio, levantando portanto o perfil original daquela condição;

Perfil do fundo de sulco: determinado após a passagem dos elementos sulcadores, após a cuidadosa retirada manual do solo mobilizado.

Após a tabulação dos dados, por meio de planilha eletrônica calculou-se a área da secção média em cada parcela e posteriormente a média das repetições gerou a média do tratamento.

#### 4.2.3.3 - Volume de solo mobilizado

Conhecidas as áreas mobilizadas, as mesmas convertidas em  $m^2$  foram multiplicadas pelo número de metros lineares equivalentes à semeadura de um hectare de milho, com espaçamento de 0,8 m entre linhas, ou seja, 12.500 metros lineares.

---

#### 4.2.4 - Análise estatística

A análise estatística empregada foi uma análise de variância para determinação do valor de F, média geral e coeficiente de variação. E seguida procedeu-se o Teste de DUNCAN para comparação de médias à nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Para tal empregou-se o software SANEST - Sistema de Análise Estatística. Os quadros originais encontram-se nos Anexos 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7, em que, nem todas as unidades já haviam sido convertidas para o sistema técnico, portanto estão expressas respectivamente em: [%], [ $g/cm^3$ ], [%], [ $cm^2$ ], [ $m^3/ha$ ], [kgf] e [ $kgf/cm^2$ ].

## 5. Resultados e discussão

### 5.1 Caracterização da área experimental

Com o objetivo de caracterizar a homogeneidade da área experimental, foram realizados em todas as parcelas amostragens quanto à cobertura morta formada a partir dos restos vegetais da cultura de soja (palhada), densidade do solo e umidade gravimétrica.

#### 5.1.1 Cobertura morta

Os Quadros 3 e 4 apresentam, respectivamente, a análise de variância e o resultado do teste de Duncan da qualidade de cobertura morta, em percentagem da superfície coberta pela palhada antes da aplicação dos tratamentos. Verifica-se que entre eles não existem diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), demonstrando assim, a homogeneidade de cobertura morta na superfície do solo que foi trabalhada pelos elementos sulcadores estudados.

Quadro 3 - Análise de variância da Porcentagem de palhada na superfície do solo antes da aplicação dos tratamentos

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	857.4250407			
Tratamento	4	171.6645117	42.9161279	1.0164	0.43842
Resíduo	12	506.6868038	42.2239003		
Total	19	1535.7763626			

Quadro 4 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Porcentagem de palhada na superfície do solo antes da aplicação dos tratamentos.

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	4	S4	4	89.000000	a	A
2	2	S2	4	84.915001	a	A
3	3	S3	4	82.915001	a	A
4	5	S5	4	82.417500	a	A
5	1	S1	4	80.334999	a	A

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Após a aplicação dos tratamentos, ou seja, imediatamente seguido ao trabalho realizado pelos elementos sulcadores, novamente foi avaliada a qualidade da cobertura morta que permaneceu na superfície do solo, não obstante os valores obtidos de porcentagem de cobertura apresentaram ordem de grandezas distintas (Quadro 5) a análise de variância e o teste de Duncan (Quadro 6) aplicado às médias entre tratamentos, também não apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), embora somente os tratamentos S1, S2 e S3 tenham deixado, após a operação porcentagem de cobertura igual ou superior ao mínimo dos 30% para serem considerados conservacionistas, conforme MAGLEBY & SCHERTZ (1988).

Quadro 5 - Análise de variância da Porcentagem de palhada na superfície do solo após a aplicação dos tratamentos

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	352.4922579			
Tratamento	4	536.6239308	134.1559827	0.8939	0.50151
Resíduo	12	1800.8806369	150.0733864		
Total	19	2689.998256			

Quadro 6 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Porcentagem de palhada na superfície do solo após a aplicação dos tratamentos

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	4	S4	4	40.332500	a	A
2	2	S2	4	33.917500	a	A
3	3	S3	4	29.667500	a	A
4	1	S1	4	27.000000	a	A
5	5	S5	4	26.332500	a	A

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

### 5.1.2 Densidade do solo

Os resultados obtidos quanto a densidade do solo nas profundidades de 0 a 75 mm e de 75 a 150 mm, conforme se verificam nos Quadros 7 e 8, demonstraram em ambas as profundidades uma homogeneidade entre os tratamentos, tendo-se em vista não apresentarem diferenças significativas ( $P < 0,01$ ). Tal fato assegura condições semelhantes de estruturação do solo na área experimental, e portanto qualquer diferença que eventualmente ocorra pode ser associada ao efeito dos tratamentos.

Quadro 7 - Análise de variância da Densidade do solo na camada de 0 a 75 mm

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	0.0383750			
Tratamento	4	0.0197800	0.0049450	0.5789	0.68582
Resíduo	12	0.1025000	0.0085417		
Total	19	0.1606550			

Quadro 8 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Densidade do solo na camada de 0 a 75 mm.

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	1	S1	4	1.595000	a	A
2	4	S4	4	1.567500	a	A
3	2	S2	4	1.555000	a	A
4	3	S3	4	1.540000	a	A
5	5	S5	4	1.500000	a	A

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

### 5.1.3 Umidade do solo

Da mesma forma, foram obtidos resultados quanto a homogeneidade da área experimental no que se refere ao teor de água no solo, mensurado por meio de umidade volumétrica, verificada nas camadas de 0-75 mm e de 75 – 150 mm de profundidade no perfil do solo.

Pelos Quadros 9 a 12, verifica-se que em ambas as profundidades avaliadas, a umidade do solo encontrava-se homogênea por ocasião da aplicação dos tratamentos, uma vez que tais resultados não apresentavam diferenças significativas ( $P < 0,01$ ).

Quadro 9 - Análise de variância do Teor de água no solo [ % ] na camada de 0 – 75mm

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	3.2954798			
Tratamento	4	5.3493712	1.3373428	0.9286	0.51913
Resíduo	12	17.2820721	1.4401727		
Total	19	25.9269231			

Quadro 10 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Teor de água no solo [ % ] na camada de 0 – 75mm

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	3	S3	4	13.462500	a	A
2	4	S4	4	13.247500	a	A
3	5	S5	4	12.510000	a	A
4	2	S2	4	12.500000	a	A
5	1	S1	4	12.070000	a	A

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Quadro 11 - Análise de variância do Teor de água no solo [ % ] na camada de 75 a 150 mm

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	14.5460833			
Tratamento	4	10.0441313	2.5110328	1.7886	0.19556
Resíduo	12	16.8464703	1.4038725		
Total	19	41.4366849			

Quadro 12 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Teor de água no solo [ % ] na camada de 75 a 150 mm

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	3	S3	4	13.050000	a	A
2	5	S5	4	12.972500	a	A
3	4	S4	4	12.850000	a	A
4	2	S2	4	12.300000	a	A
5	1	S1	4	11.147500	a	A

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Sendo assim, pode-se afirmar que as condições das unidades experimentais encontravam-se homogêneas quanto aos parâmetros avaliados, garantindo-se condições semelhantes de cobertura morta, densidade e umidade do solo das parcelas experimentais que foram submetidas aos efeitos dos tratamentos estudados.

## 5.2 Efeito dos tratamentos

### 5.2.1 Área de sulco.

A área de sulco resultante dos tratamentos estudados, mostram por meio das médias obtidas e expressas em  $\text{mm}^2$  nos Quadros 13 e 14, onde se apresenta, respectivamente, a análise de variância e do teste de Duncan, que para  $P < 0,01$  não há diferenças significativas entre os tratamentos. Já, para  $P < 0,05$ , os tratamentos S4 e S5 apresentaram os maiores valores de área de sulco,  $14.130 \text{ mm}^2$  e  $14.129 \text{ mm}^2$  respectivamente, não diferindo significativamente entre si, assim como os tratamentos S3 e S1, sendo que estes, por outro lado, obtiveram os menores valores de área de sulco, ou seja  $8.666 \text{ mm}^2$  e  $7.685 \text{ mm}^2$ , porém diferindo estatisticamente dos dois primeiros. Esses resultados concordam com os obtidos por SILVA et al. (1985), quando verificaram que os sulcadores tipo faca proporcionaram as maiores profundidades de trabalho, e, conseqüentemente maiores exigências quanto à força de tração. O tratamento S2 apresentou  $10.654 \text{ mm}^2$  de área de sulco, valor intermediário entre os demais, não apresentando desta forma, ao nível de confiabilidade de 5%, diferenças significativas dos demais tratamentos com relação a área do sulco.

Quadro 13 - Análise de variância da Área de sulco, expressa em  $\text{mm}^2$

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	26518771.4843750			
Tratamento	4	225797292.9687500	56449323.2421875	3.6487	0.03597
Resíduo	12	185650769.5312500	15470897.4609375		
Total	19	437966833.9843750			

Quadro 14 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Área de sulco, expressa em mm<sup>2</sup>

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	4	S4	4	1766250,0000	a	A
2	5	S5	4	1766093,7500	a	A
3	2	S2	4	1331718,7500	ab	A
4	3	S3	4	1083281,2500	b	A
5	1	S1	4	9606.250000	b	A

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Sendo assim, verificou-se que todos os tratamentos que possuem disco de corte para a palha e que também são dotados de faca sulcadora para adubo proporcionaram as maiores áreas de sulco e aqueles que são montados com discos duplos para adubo proporcionaram as menores áreas de sulco, confirmando os resultados obtido por FAGANELLO (1989). O único elemento sulcador desprovido de disco de corte para palha e com discos duplos tanto para a semente como para o adubo, é aquele que apresentou valores intermediários de área de sulco e que portanto não diferiu estatisticamente dos demais elementos sulcadores estudados ( $P < 0,05$ ).

Desta análise pode-se afirmar que os elementos constituídos com disco de corte para palha, sulcador de disco simples para sementes e faca sulcadora para adubo, são os que mais mobilizaram o solo para a abertura de sulco, o que vem confirmar os resultados obtidos por RIGHES et al. (1984) para os sulcadores de discos duplos.

### 5.2.2 Força de tração

O Quadro 15 apresenta os resultados médios obtidos de força de tração total, resistência ao rolamento e força de tração líquida, devido ao trabalho realizado pelo conjunto dos três elementos sulcadores tracionados em cada tratamento.

Quadro 15 - Resultados médios expressos em N, de força de tração total, força de tração do conjunto trator auxiliar + sem.adub. e força de tração líquida (conjunto de três sulcadores)

Tratamento	Força de tração total	Força de tração trator + sem. adub.	Força de tração líquida
S1	67789	14581	53209
S2	66498	21680	44818
S3	70887	21823	49064
S4	111103	22717	88386
S5	104663	20370	84293

Analisando os valores médios por tratamento, nota-se que a força de tração total e a força para tracionar o conjunto trator auxiliar + semeadora-adubadora com três unidades sulcadores de adubo + semente, indica que os tratamentos S4 e S5, ambos com facas sulcadoras na linha de adubação, apresentaram os maiores valores, requerendo maior demanda de força de tração. As configurações com elementos sulcadores das unidades adubadoras cujos componentes ativos foram do tipo discos (tratamentos S1, S2 e S3) apresentaram os menores valores de tração total, conseqüentemente resultando nas menores demandas de tração líquida. Os Quadros 16 e 17 apresentam, respectivamente, a análise de variância e o teste de Duncan para a comparação entre médias de tração líquida para apenas um elemento sulcador de cada configuração estudada. Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que tanto ao nível de significância de 1%, como para 5%, os tratamentos S4 e S5 não diferiram entre si. O mesmo acontece entre os tratamentos S1, S2 e S3, os quais nos dois níveis de significância testados, mostraram diferenças significativas em relação aos tratamentos S4 e S5, demonstrando assim que as configurações com faca

sulcadora para adubo exigem maiores forças de tração em relação aos que possuem discos para abertura de sulcos para adubação.

Quadro 16 - Análise de variância da Força de tração líquida unitária [N] para cada configuração: sulcador da unid. sem. + sulcador da unid. adubadora

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	624.5634170			
Tratamento	4	76178.7401053	19044.6850263	31.3764	0.00003
Resíduo	12	7283.6956129	606.9746344		
Total	19	84086.9991352			

Quadro 17 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Força de tração líquida unitária [N] para cada configuração: sulcador da unid. sem. + sulcador da unid. adubadora

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	4	S4	4	29462,25	a	A
2	5	S5	4	28097,75	a	A
3	1	S1	4	17736,00	b	B
4	3	S3	4	16354,75	b	B
5	2	S2	4	14939,25	b	B

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

### 5.2.3 Resistência específica (ao sulcamento)

Analisando-se agora a força de tração líquida (média) de um único elemento sulcador de cada tipo de configuração, em relação a sua respectiva área transversal de sulco formado, cuja razão indica a resistência específica ao sulcamento, expressa em  $N/mm^2$ , verifica-se pelos dados apresentados no Quadro 18, que apesar dos valores calculados para resistência específica, a

análise de variância (quadro 19) e o teste de Duncan (Quadro 17) mostrou que não há diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos, não obstante, os valores extremos encontrados de resistência específica indicaram uma diferença de área de sulco na ordem de 84%, como se verifica no Quadro 18. Estas grandes diferenças não apresentaram significância devido ao alto valor do desvio padrão, e também pelo número de repetições utilizado não ter sido suficiente para detectar diferenças menores.

Quadro 18 - Valores médios de força de tração unitária líquida, área de sulco e resistência específica de sulcação para cada tratamento.

Tratamento	Força de tração unitária líquida ( N )	Área de sulco ( mm <sup>2</sup> )	Resistência específica ( N/mm <sup>2</sup> )
S1	1773,6	7685	0,23
S2	1493,9	10654	0,14
S3	1635,5	8666	0,19
S4	2946,2	14130	0,21
S5	2809,8	14129	0,20

Quadro 19 - Análise de variância da Resistência específica [N/mm<sup>2</sup>]

Quadro da análise de variância					
Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	0.9379800			
Tratamento	4	1.9022200	0.4755550	1.4222	0.28519
Resíduo	12	4.0124198	0.3343683		
Total	19	6.8526198			

Tais resultados demonstraram que as configurações de elementos sulcadores que possuem facas sulcadoras para adubo, discos simples para sementes e disco de corte para palha, além de requererem os maiores esforços de tração líquida ( tratamentos S4 e S5 que exigiram 2946,2 N e 2809,8 N, respectivamente ) ainda resultaram nas maiores áreas de sulco. Inversamente, o comportamento dos demais tratamentos, ou seja, os que possuem apenas discos como componentes sulcadores, tanto para adubo como para sementes e corte de palha, demonstraram exigir menores valores de força de tração líquida e proporcionaram menores áreas de sulco como se verificou nos tratamentos S1 e S3.

O tratamento S2 foi o que apresentou a menor exigência de força de tração líquida e valores intermediários de área de sulco produzida, resultando portanto na menor resistência específica de sulcamento,  $0,14 \text{ N/mm}^2$ , encontrada entre todos os tratamentos estudados, demonstrando assim o melhor desempenho como elemento sulcador, provavelmente pela ausência do disco de corte para palha, que, nessas condições em que o experimento foi conduzido, não chegou comprometer sua operacionalidade e nem influenciou na qualidade de cobertura do solo pela palha após o trabalho realizado.

O tratamento S1, composto por disco de corte para palha, sulcador de disco duplo para sementes e também sulcador de disco duplo para adubo, foi o elemento que apresentou a maior resistência específica de sulcação, ou seja,  $0,23 \text{ N/mm}^2$ .

#### 5.2.4 Volume de solo mobilizado no sulco

Assim como apresentado para a área de sulco, o volume de solo mobilizado, expresso em  $\text{m}^3$  por hectare, como se verifica nos Quadros 20 e 21, demonstrou que ao nível de 1% de significância, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si. Já ao nível de 5% de significância, os tratamentos S4 e S5 mobilizaram, respectivamente,  $176,62 \text{ m}^3/\text{ha}$  e  $176,60 \text{ m}^3/\text{ha}$  de solo, também não diferindo entre si. Da mesma forma os tratamentos S3 e S1, que apresentaram os menores valores de solo mobilizado nos sulcos, ou seja,  $108,32 \text{ m}^3/\text{ha}$  e  $96,06 \text{ m}^3/\text{ha}$ , respectivamente, não apresentaram diferenças significativas entre si. O tratamento S2, que não possui elemento para corte de

palha, foi o que apresentou valores intermediários de volume de solo mobilizado no sulco, ou seja, 133,17 m<sup>3</sup>/ha, não diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos (P < 0,01).

Quadro 20 – Análise de variância do Volume de solo mobilizado, expresso em m<sup>3</sup>/ha

Quadro da análise de variância					
Causas da variações	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Blocos	3	26518771.4843750			
Tratamento	4	225797292.9687500	56449323.2421875	3.6487	0.03597
Resíduo	12	185650769.5312500	15470897.4609375		
Total	19	437966833.9843750			

Quadro 21 - Comparação de médias entre os tratamentos pelo Teste de Duncan para a variável Volume de solo mobilizado, expresso em m<sup>3</sup>/ha

Num. Ordem	Num. Trat	Código	Num. Repet.	Médias	5 %	1 %
1	4	S4	4	176,625	A	A
2	5	S5	4	176,609	a	A
3	1	S2	4	133,172	ab	B
4	3	S3	4	108,328	b	B
5	2	S1	4	96,062	b	B

(\*) Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

## 6. Conclusões

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

- Estatisticamente não houve diferença significativa entre os elementos sulcadores estudados no que se refere a: cobertura de solo pela palhada mantida após a operação, condição imprescindível para a adoção do sistema de plantio direto;
- as configurações de sulcadores que apresentaram as menores áreas de sulco, foram aquelas cujos elementos sulcadores e cortadores de palha eram compostos por discos;
- os tratamentos que apresentaram facas sulcadoras para a adubação, foram os que mais exigiram força de tração e que mais revolveram o solo, porém não apresentaram diferenças estatísticas entre si, em nenhum dos parâmetros estudados;
- a única configuração de elemento sulcador que não possuía componente para corte de palha, foi a que apresentou a menor resistência específica para sulcação;
- o elemento sulcador composto por disco duplo para semente, disco duplo para adubo e disco de corte para palha, foi o tratamento que mobilizou o menor volume de solo na operação de sulcação;
- os sulcadores do tipo disco simples angulado mostraram-se em igualdade operacional com os demais sulcadores de discos.

## 7 Summary

Considering that 55 million hectares composes the current Brazilian agriculture, around 70% are represented by annual crops, which up to 86% are grains, that grows in Conventional Tillage and Planting Systems. This practice has a negative impact on environment due the water and soil losses on erosion process.

It promotes excessive soil compaction and increase significantly the cost production mainly due the energy cost of the successive soil tillage before planting time. This fact is responsible by the reduction of the growers investments capacity and they decrease more and more the competitiveness against international competitors and resulting strong social and economic damage to the country.

Although it is used the same version of planter in order to implement those crops on Conservation Tillage with highlights to minimum tillage and no-tillage ( it's called "plantio direto" by the Brazilian growers ), the more critical operational condition will be always the second. It will be because the quantity of the covering material ( straw or mulching ) means one of the most significant operational difficulties will be always bigger on no-tillage.

The double disc furrow openers are the more common models in Brazil and their operation request another cut disc for straw. The reason of the success is that

it model has a big versatility and because doesn't revolve a lot the soil, but in other hand they have several operational limitation.

The big of them is regarding fertilizer units mainly when the operation is on clay soils, or in compacted soils. In order to solve this problem, recently they were introduced in brazilian market furrow openers versions on chisel or "knife" format that are able to achieve until 150 mm depth.

It had not still been used single disc furrow opener with a small angle ( $7^{\circ}$ ) on seeder unit, therefore the proposal of this work was an evaluation the performance of five different combinations of furrow openers elements, three of them as prototypes.

Therefore the experiment was implemented in an agricultural area of the Departamento de Engenharia Rural-ESALQ/USP, in Piracicaba/SP.

The experimental field was of randomized blocks with 4 replications and the data were analysed by SANEST software that is a statistical package.

The evaluated parameters were: soil covering, furrow opener area, mobilized soil in the furrow and specific resistance for opening furrows.

The furrow openers that are assembled by discs in both units (seeds and fertilizers) presented the smaller net force and midellemen values of mobilized soil in the furrow.

The furrow openers that only possess discs as active elements, in fertilizer and seeds units requested smaller values of net forces.

The Duncan Test showed that S1 and S3 didn't present statistical differences in terms of traction force requirements and mobilized soil in the furrow

considering the level of 1 % of probability and didn't present statistical difference regarding S2 with 5% of probability, too.

The chisel furrow openers presented the worse results regarding traction force requirements and in terms of excessive mobilization of the soil too.

Therefore, the main conclusion is that the disc furrow openers presented the best performance in this study and that are able to work in Conservation Systems as Minimum Tillage and No-tillage too.

---

## 8 - Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL ANNUAL 99 Anuário estatístico da Agricultura Brasileira.FNP/M&S, São Paulo, 1998, 521p.
- AMEMIYA, M. Conservation tillage in the western corn belt. An Keny, Journal of soil and Water Conserv. 32(6): 29-36, 1977.
- ASAE. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships St. Joseph - MI, American Society of Agricultural Engineering, 1982. Engineering Practice. EP291.1: 229-41.
- BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas. São Paulo: Manole, 1987, 310p.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo, São Paulo, Ícone,1990, 355p.
- BLACK, A.L. & UNGER, P.W. Soil management - tillage, seed bed preparation and erosion control. In: HEYNE, E.G. wheat and wheat improvement, 2.ed, Madison: American Society of Agronomy, 1987 p.330-9.
- BOLLER, W. Avaliação de Diferentes Sistemas de Manejo do solo visando a implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Botucatu, FCA/UNESP, 1996. Tese de doutorado. 272p.
- BUCKINGHAM, F. Fundamentals of machine operation: tillage. Moline: Deere, 1976, 368p.
- CASTRO, O.M .Manejo e preparo do solo e erosão. In: ENCONTRO DO USO DA TERRA NA REGIÃO DO VALE DO PARANAPANEMA 1, Assis, SP, 1984, Anais, Campinas, Fundação Cargill, 1984, p. 45-51.
- CASTRO, O.M. Preparo do Solo para a cultura do milho. Campinas: Fundação Cargill, 1989, 41p.

- COELHO, J.L.D. Planejamento da Mecanização Agrícola Conservacionista. In: Mecanização Conservacionista, Luiz Antonio Daniel ( Coordenador ), São Paulo, SAA, 1990, p.11-23
- COELHO, J.L.D; GADANHA JR. C. & MOLIN, J.P. Mecanização Agrícola Conservacionista. Piracicaba, BANESPA, 1992, 17P.
- DALLMEYER, A.U. Avaliação Energética e desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo. Botucatu, FCA/UNESP, 1994, Tese de Doutorado, 156p.
- DANIEL, L.A. Análise do comportamento da cultura do milho em rotação com soja, cultivadas através dos Sistemas de P. Direto e Convencional em dif. épocas do ano, com e sem irrigação. Jaboticabal FCAV/UNESP, 1981, 111p.,  
Dissertação de Mestrado.
- DAVIES, B.; EAGLE, D.; FINNEY, B. Manejo del suelo. 4ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1987, 228p.
- DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre Plantio Direto no Brasil. In: Semana de Plantio direto no Brasil (1), Fundação Cargill, Piracicaba, 1984, 124p.
- DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: Simpósio de Manejo do Solo e Plantio Direto no Sul do Brasil, 1, e Simpósio de Conservação de Solo do Planalto, 3, Passo Fundo, 27-29 Set. 1983. Anais, PIUCS/UPF, 1984, p.153-74.
- FANCELLI, A.L. & FAVARIN, J.L. Realidade e perspectivas para o sistema de Plantio Direto no Estado de São Paulo. In: Encontro Paulista de Plantio Direto, 2, Assis, 1989, FEALQ, p. 15-34.
- FAGANELO, A. Avaliação de sulcadores para semeadura direta. Santa Maria, UFSM, 1989, 89p. Dissertação de Mestrado. Engenharia Agrícola.
- GAMERO, C.A & BENEZ, S.H. Avaliação da condição do solo após a operação de preparo In: IV Ciclo de Estudos sobre Mecanização Agrícola, Gastão M. da Silveira (Coordenador ), Campinas, Fundação Cargill, 1990, p.12-21.

- GASSEN, D. & GASSEN, F. Plantio Direto - o caminho do futuro. Passo Fundo, Aldeia Sul, 1996, 207p.
  - GALETI, P.A. Operações Agrícolas. In: Mecanização Agrícola: preparo do solo. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1983, p.6-12.
  - GUPTA, S.C; LARSON, W.E. Modeling soil mechanical behavior during tillage. In: American SOCIETY OF AGRONOMY. Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. Madison, 1982, p.151-78.
  - GRAY, A.G. & MACINTYRE, D. Soil penetration by disc coulters of direct drills. the Agricultural Engineering 106-10, Winter, 1983.
- 
- JOHNSON, C.B.; MANNERING, J.U. & MOLDENHAUER, W.C. Effect of chisel versus moldboard plowing on soil erosion by water. Madison, SSSA, 1979, Soil Science Society of America Journal 43 (1): 177-9.
  - JOHNSON, C.B.; MANNERING, J.U. & MOLDENHAUER, W.C. Influence of surface roughness and clod size and stability on soil and water losses. (Madison, SSSA, 1979. Soil Science Society of America Journal. 43 (4): 772-7.
  - KEPNER, R.A.; BAINER, R.; BARGUER, E.L. Crop planting. In: Principles of Farm Machinery - Westport: AVI, 1972, 201-26.
  - LAL, R. Tillage and agricultural sustainability Soil Tillage Res., V.21, 1991,p.133-46.
  - LANZER, E.A. Viabilidade Econômica da conservação de solos no planalto gaúcho. In: Simpósio BRASILEIRO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1, E SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3, Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo, Universidade de Passo Fundo, Anais, 1984, p. 218-26.
  - MACHADO, J.A. Efeito do Sistema Convencional de cultivo na capacidade de infiltração da água no solo. S. Maria, CCR/UFSM, 1976. 135p. Diss. de Mestrado.

- MAGALHÃES, P.S.G. Interação Máquina -Solo. In: Introdução à Engenharia Agrícola. Luis A. Cortez; Paulo S.G. Magalhães ( Coordenadores ), Campinas, UNICAMP, Série Manuais, 1992, p. 191-204.
- MAGALHÃES, P.S.G. Manejo de solo e seus efeitos sobre a compactação. In:IV Ciclo de Estudos sobre Mecanização Agrícola, Gastão M. da Silveira (Coordenador ), Campinas, Fundação Cargill, 1990, p.156-67.
- MAGLEBY, R.S.; SCHERTZ, D.L. Conservation tillage chalksup steady gains. Agric.Eng., V.67, n.2, p.14-6, 1988.
- MIELNICZUCK, J., SCHNEIDER, P. Aspectos sócio-econômicos do manejo de solos no Sul do Brasil. In: Simpósio BRASILEIRO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1, E SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3, Projeto Integrado de uso e Conservação do Solo UPF, 1984, p.3-27.
- MONDARDO, A. Manejo e Conservação do Solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Plantio Direto no Brasil. Campinas, 1984, p.53-78.
- ORTIZ - CAÑAVATE, J. Las maquinas agrícolas y su aplicación. Madrid: Mundi-Prensa, 1980, 490p.
- ORTOLANI, F.A. Efeitos de diferentes tipos de preparo do solo sobre o comportamento do sistema solo-cultura de milho ( *Zea mays* L. ) Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1977, Tese de Livre Docência, 176p.
- PEÑAGARICANO, J.A. Introduction. In: - Arados de Reja. Montevideo, Hemisferio Sur, 1987, p.9-13.
- PORTELLA, J.A. Máquinas e Implementos para Plantio Direto e Cultivo Mínimo. In:Encontro Paulista de Plantio Direto, 2, Assis, 1989, 143-55.
- PRIMAVESI, O. Fatores limitantes da produtividade agrícola e plantio direto. SãoPaulo, BASF, 1982, 41p.
- RANDALL, G. Conservation tillage; aplan for wiunning the profit game. Crops soil Mag. V.35, n.8, p.18-20, 1983.

- RIGHES, A.A. et al. Relatório Final do Projeto Inovação Tecnológica de Mecanismos para Semeadura Direta. In: Relatório Final do Projeto coordenado pela UFSM e CIENTEC, 1984.
- SILVA, J.G. et al. Desempenho de semeadeira no plantio de feijão em monocultura e consorciado com milho. Circular Técnica, CNPAF/EMBRAPA, N.19, p.1-23, 1985.
- SOAHNE, B.P.; PIDGEON, J.D. Tillage requirement in relation to soil physical properties. Soil, v.119, p.376-84, 1975.
- VIDOR, c. O manejo do solo e a população de organismos. In: Simpósio BRASILEIRO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1, E SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3, 1983, Passo Fundo, 27-29 Set. 1983, Anais, PIUCS/UPF, 1984, p.36-71.
- VIEIRA, M.J. Propriedades Físicas do Solo, 23, Londrina, IAPAR, 1981, 244p.
- VIEIRA & MUZILLI, O. Características Físicas de um Latossolo Vermelho escuro sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 19(7): 873-82, 1984.
- VIEIRA, S.R. et al. Dinâmica da água em função do manejo. In: Encontro Paulista de Plantio Direto, 2, Assis, 1989, FEALQ, 103-26.
- WÜNSCHE, W.; DENARDIN, J.E. Conservação e manejo do solos-I. Planalto Rio Grandense. Considerações Gerais. Circular Técnica Centro Nacional de Pesquisado Trigo, N.2, p.1-20, 1980.

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSAVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR NOME

A TRATAM.

B BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	3.2954798			
TRATAM.	4	5.3493712	1.3373428	0.9286	0.51913
RESIDUO	12	17.2820721	1.4401727		
TOTAL	19	25.9269231			

MEDIA GERAL = 12.758000

COEFICIENTE DE VARIACAO = 9.406 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	3	S3	4	13.462500	13.462500	a	A
2	4	S4	4	13.247500	13.247500	a	A
3	5	S5	4	12.510000	12.510000	a	A
4	2	S2	4	12.500000	12.500000	a	A
5	1	S1	4	12.070000	12.070000	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Anauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIABEL U2 - ARQUIVO: UMID \*  
 \*\*\*\*\*

ANEXO 1-B  
 ( Umidade 75-150 n

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSAVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	14.5460833			
TRATAM.	4	10.0441313	2.5110328	1.7886	0.19556
RESIDUO	12	16.8464703	1.4038725		
TOTAL	19	41.4366849			

MEDIA GERAL = 12.464000

COEFICIENTE DE VARIACAO = 9.506 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	3	S3	4	13.050000	13.050000	a	A
2	5	S5	4	12.972500	12.972500	a	A
3	4	S4	4	12.850000	12.850000	a	A
4	2	S2	4	12.300000	12.300000	a	A
5	1	S1	4	11.147500	11.147500	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIABEL D1 - ARQUIVO: DENS \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 2-A**  
**( Densid/e. 0 - 75 n**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSAVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	0.0648150			
TRATAM.	4	0.0068800	0.0017200	0.1880	0.93824
RESIDUO	12	0.1097600	0.0091467		
TOTAL	19	0.1814550			

MEDIA GERAL = 1.408500

COEFICIENTE DE VARIACAO = 6.790 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	S4	4	1.437500	1.437500	a	A
2	5	S5	4	1.422500	1.422500	a	A
3	1	S1	4	1.397500	1.397500	a	A
4	3	S3	4	1.397500	1.397500	a	A
5	2	S2	4	1.387500	1.387500	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTADISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIÁVEL D2 - ARQUIVO: DENS \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 2-B**  
**( Densid/e. 75-150 i**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSÁVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÁNCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	0.0383750			
TRATAM.	4	0.0197800	0.0049450	0.5789	0.68582
RESIDUO	12	0.1025000	0.0085417		
TOTAL	19	0.1606550			

MEDIA GERAL = 1.551500

COEFICIENTE DE VARIACAO = 5.957 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	S1	4	1.595000	1.595000	a	A
2	4	S4	4	1.567500	1.567500	a	A
3	2	S2	4	1.555000	1.555000	a	A
4	3	S3	4	1.540000	1.540000	a	A
5	5	S5	4	1.500000	1.500000	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIABEL PALHA1 - ARQUIVO: ZELUIS \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 3-A**  
**( Palha - ANTES**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSAVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	857.4250470			
TRATAM.	4	171.6645117	42.9161279	1.0164	0.43842
RESIDUO	12	506.6868038	42.2239003		
TOTAL	19	1535.7763626			

MEDIA GERAL = 83.916504

COEFICIENTE DE VARIACAO = 7.743 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	S4	4	89.000000	89.000000	a	A
2	2	S2	4	84.915001	84.915001	a	A
3	3	S3	4	82.915001	82.915001	a	A
4	5	S5	4	82.417500	82.417500	a	A
5	1	S1	4	80.334999	80.334999	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIÁVEL PALHA2 - ARQUIVO: ZELUIS \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 3-B  
( Palha - APÓS )**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSÁVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	352.4922579			
TRATAM.	4	536.6239308	134.1559827	0.8939	0.50151
RESIDUO	12	1800.8806369	150.0733864		
TOTAL	19	2689.9968256			

MEDIA GERAL = 31.450001

COEFICIENTE DE VARIACAO = 38.952 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	S4	4	40.332500	40.332500	a	A
2	2	S2	4	33.917500	33.917500	a	A
3	3	S3	4	29.667500	29.667500	a	A
4	1	S1	4	27.000000	27.000000	a	A
5	5	S5	4	26.332500	26.332500	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIÁVEL SULCO - \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 4**  
**( Área de Sulco )**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSÁVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	1697.2017017			
TRATAM.	4	14451.0274820	3612.7568705	3.6487	0.03597
RESIDUO	12	11881.6488081	990.1374007		
TOTAL	19	28029.8779918			

MEDIA GERAL = 110.527504

COEFICIENTE DE VARIACAO = 28.469 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	S4	4	141.300001	141.300001	a	A
2	5	S5	4	141.287502	141.287502	a	A
3	2	S2	4	106.537500	106.537500	ab	A
4	3	S3	4	86.662501	86.662501	b	A
5	1	S1	4	76.849999	76.849999	b	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIÁVEL MOBILIZA - ARQUIVO: ZELUIS \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 5**  
**( Volume mobiliza**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSÁVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR NOME

A TRATAM.  
 B BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	26518771.4843750			
TRATAM.	4	225797292.9687500	56449323.2421875	3.6487	0.03597
RESIDUO	12	185650769.5312500	15470897.4609375		
TOTAL	19	437966833.9843750			

MEDIA GERAL = 13815.937500

COEFICIENTE DE VARIACAO = 28.469 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.Ordem	NUM.Trat.	NOME	NUM.Repet.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	S4	4	17662	17662	a	A
2	5	S5	4	17660	17660	a	A
3	2	S2	4	13317	13317	ab	A
4	3	S3	4	10832	10832	b	A
5	1	S1	4	9606	9606	b	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

\* SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA \*  
 \* Autores: Eljo Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado \*  
 \* Centro de Informatica na Agricultura - ESALQ - USP - SP \*  
 \* ANALISE DA VARIÁVEL FORÇA - ARQUIVO: ZELUIS \*  
 \*\*\*\*\*

**ANEXO 6**  
**( Força horizontal)**

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSÁVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	624.5634170			
TRATAM.	4	76178.7401053	19044.6850263	31.3764	0.00003
RESIDUO	12	7283.6956129	606.9746344		
TOTAL	19	84086.9991352			

MEDIA GERAL = 213.180008

COEFICIENTE DE VARIACAO = 11.557 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	S4	4	294.622505	294.622505	a	A
2	5	S5	4	280.977501	280.977501	a	A
3	1	S1	4	177.360004	177.360004	b	B
4	3	S3	4	163.547501	163.547501	b	B
5	2	S2	4	149.392500	149.392500	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

ANEXO 7  
 ( Resistência especif.

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSAVEL: ZE LUIS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: BLOCOS AO ACASO

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAM.
B	BLOCOS

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCOS	3	0.9379800			
TRATAM.	4	1.9022200	0.4755550	1.4222	0.28519
RESIDUO	12	4.0124198	0.3343683		
TOTAL	19	6.8526198			

MEDIA GERAL = 2.033000

COEFICIENTE DE VARIACAO = 28.443 %

TESTE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TRATAM.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	S1	4	2.402500	2.402500	a	A
2	4	S4	4	2.107500	2.107500	a	A
3	5	S5	4	2.097500	2.097500	a	A
4	3	S3	4	2.095000	2.095000	a	A
5	2	S2	4	1.462500	1.462500	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO