

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

**DESEMPENHO DE SEMEADORA-ADUBADORA COM CINCO
MODELOS DE HASTES SULCADORAS NA CULTURA DO
MILHO (*Zea mays L.*)**

Ricardo Canova
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Fevereiro de 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

**DESEMPENHO DE SEMEADORA-ADUBADORA COM
CINCO MODELOS DE HASTES SULCADORAS NA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays L.*)**

Ricardo Canova

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Fevereiro de 2010

Canova, Ricardo
C227d Desempenho de semeadora-adubadora com cinco modelos de
hastes sulcadoras na cultura do milho (*Zea mays L.*). / Ricardo Canova.
-- Jaboticabal, 2010
vi, 57 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Banca examinadora: Rouverson Pereira da Silva, Danilo César
Checchio Grotta
Bibliografia

1. Milho-haste sulcadora 2. Distribuição longitudinal 3. Força de
tração 4. Plantio direto I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

AGRADEÇO

À DEUS, por mais esta oportunidade.

Aos meus Pais, Florival e Zertina pelo carinho, paciência e confiança.

DEDICO

Aos meus irmãos,

Rodrigo e Renata,

Ao meu sobrinho Lorenzo,

E a minha noiva Carla

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar mais este momento de felicidade e realização.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, UNESP, câmpus de Jaboticabal.

Ao pesquisador e professor Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani pela orientação, ensinamentos e sugestões seguras durante o estudo.

Ao pesquisador e professor Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela imensa atenção e constante ajuda.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal FCAV-UNESP, Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves.

Ao pesquisador e professor Dr. Afonso Lopes pelos ensinamentos.

Aos amigos da pós-graduação Anderson de Toledo, Danilo C. C. Grotta, Rubens A. Tabile, Rafael Scabelo Bertonha, Fábio Cavichioli e Tatiane pela contribuição e ajuda na instalação do experimento no campo, sugestões e amizade.

A todos os assistentes do LAMMA, Aparecido Alves (Cidão), Sebastião F. da Silva (Tiãozinho), Valdecir Aparecido (Maranhão), Davi Rosalem pela grande colaboração na realização dos trabalhos e amizade.

À empresa JUMIL, por ceder a semeadora, o campo experimental e por tudo que foi fornecido durante a instalação do experimento.

Aos funcionários e amigos da JUMIL, Malagutti, Dirceu, Fábio Chenchi, José Augusto, José Bergoglio, Gustavo, Marcelinho, Luiz Fernando, Carlos Tressoldi, Baianinho, Weber, Leandro, Célio e Osvaldo.

Aos meus cunhados Camila e Gustavo por toda a ajuda na realização do trabalho.

E para todas as pessoas que, de formas diferentes, contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	Erro! Indicador não definido.
I. INTRODUÇÃO	3
II. REVISÃO DE LITERATURA	4
1. A cultura do milho	4
2. Sistema Plantio Direto	4
3. Semeadora-Adubadora:	7
4. Parâmetros a serem avaliados no conjunto semeadora-adubadora....	9
4.1. Mecanismo de corte e abertura de sulco.....	9
4.2. Uniformidade de distribuição de sementes.....	12
4.3. Fatores que afetam a eficiência da semeadora.....	14
4.3.1. Velocidade de deslocamento	15
4.3.2. Modelo de ferramenta	16
4.3.3. Profundidade.....	17
4.3.4. Número de linhas na barra.....	18
4.3.5. Tipo de manejo do solo.....	18
4.3.6. Condições do solo.....	19
4.4. Área mobilizada.....	21
4.5. Produtividade da cultura.....	22
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
1. Localização da área experimental	23
2. Caracterização do conjunto trator semeadora-adubadora.....	25
3. Umidade do solo.....	26
4. Semeadura e adubação	26
5. Determinação da tração nas hastes sulcadoras	27
6. Potência média requerida na barra de tração.....	28
7. Avaliação da área mobilizada do solo	28
8. Índice de velocidade de emergência de plântulas	28
9. Distribuição longitudinal de plantas	29
10. Estande inicial e final de plantas	29
11. Produtividade	29
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
V. CONCLUSÕES.....	42
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

RESUMO

O uso de sulcadores do tipo haste nas semeadoras-adubadoras utilizadas no plantio direto tem se generalizado, principalmente em áreas de solos argilosos, como alternativa para romper a camada superficial mais compactada. Entretanto, em determinadas condições a eficiência da haste sulcadora não se mantém, devido às características relacionadas ao solo, a semeadura e até mesmo ao próprio sistema de preparo. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de cinco modelos de hastes sulcadoras, distribuição longitudinal de sementes e o desempenho da cultura utilizando uma semeadora-adubadora em sistema plantio direto. O experimento foi conduzido no campo experimental da empresa Jumil, na cidade de Batatais - SP, com altitude e declividade médias de 862 m e 4%, respectivamente. Foi utilizada uma semeadora-adubadora da marca Jumil, modelo Guerra JM 7090 EX com cinco unidades de semeadura, espaçadas de 0,70 m e acoplada a um trator com tração 4x2 TDA. A semeadura do milho foi realizada sobre palhada de braquiária (*Brachiaria decumbens Stapf*). Os parâmetros avaliados foram força de tração média e de pico na barra, potência na barra de tração, profundidade de deposição do adubo, emergência de plântulas, distribuição longitudinal, estande inicial e final, produtividade, remoção de solo e capacidade de campo efetiva. A haste sulcadora com formato parabólico apresentou menor demanda de força de tração e potência na barra e a semeadora-adubadora utilizada para todas as hastes sulcadoras avaliadas, apresentou ótima distribuição de espaçamentos normais na distribuição longitudinal de sementes.

PALAVRAS-CHAVES: Haste sulcadora, distribuição longitudinal, força de tração, plantio direto.

ABSTRACT

The use of planter chisel type openers in no-tillage has been generalized, mainly in areas with clay soils as an alternative to break the most compact superficial layer. However, in some conditions the efficiency of the planter chisel openers it is not kept due to the characteristics of the soil, sowing and even the tillage system. Thus the aim of this work is to evaluate the performance of five different openers for planter chisel, seeds longitudinal distribution of no-tillage. The experiment was conducted in the experimental field of the company Jumil, in the city of Batatais, SP, with average altitude and slope of 862 m and 4%, respectively. It was used a planter chisel with the brand of Jumil Guerra JM7090 EX with five units of tillage, with 0.70m one from the other and attached to a tractor with 4x2 wheel drive TDA. The corn sowing was done on *Brachiaria decumbens* Stapf. The parameters analyzed were average traction and peak in the coupling, power in the coupling, profundity of the fertilizer deposition, seedlings emergence, longitudinal distribution, initial and final stand, productivity, soil removing and effective capacity of field. The opener with the parabolic format presented less demand of traction and power in the coupling and the planter chisel used presented a good distribution of normal spaces in the longitudinal distribution of seeds.

Key words: Openers, longitudinal distribution, traction, no-tillage.

I. INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil tem importante papel sócio-econômico, pois desempenha uma função estratégica na cadeia produtiva, fornecendo produtos para a alimentação humana, animal e matéria-prima para a indústria. Todavia, apesar de sua importância, a produtividade média brasileira é baixa, reflexo das tecnologias adotadas pela maioria dos produtores (SANTOS & REIS., 2001).

Para obtenção de altas produtividades na cultura do milho, além das condições edafoclimáticas adequadas, sementes de boa qualidade genética, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, uma das operações de maior importância é a semeadura.

O ângulo de ação e o tipo das hastes sulcadoras podem promover maior ou menor mobilização do solo nos sulcos de semeadura, acarretar em erosão e exigir maior ou menor pressão para penetração no solo. Outro fator importante a ser analisado nas hastes sulcadoras é quanto à espessura e a profundidade de trabalho, pois se entende que quanto mais espessa for a haste sulcadora e maior a profundidade para deposição do adubo, maior será a força para penetração e remoção de solo (GAMERO, 2008).

Levando-se em consideração as diferenças dos solos, comprovadas pela variabilidade de parâmetros físicos, químicos e mineralógicos e a diversidade de coberturas vegetais no cultivo de milho em semeadura direta, torna-se evidente a necessidade que as semeadoras-adubadoras desenvolvam seu trabalho eficientemente mediante as condições impostas (BRANQUINHO et al., 2004).

Desta forma, é imprescindível a realização de estudos para auxiliar os fabricantes no aperfeiçoamento de suas máquinas e os agricultores a adequarem o uso destas, que poderão contribuir para o aumento da produtividade das culturas. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de cinco modelos de hastes sulcadoras, distribuição longitudinal de sementes e o desempenho da cultura utilizando uma semeadora-adubadora em sistema plantio direto.

II. REVISÃO DE LITERATURA

1. A cultura do milho

O milho é cultivado em todos os Estados do Brasil e em quase todas as propriedades agrícolas, tanto na agricultura familiar quanto na de exportação e está presente em todas as cadeias produtivas. É uma cultura de grande e diversificada utilização na sociedade moderna e um dos produtos agrícolas de mais ampla distribuição mundial, tanto na produção, quanto no consumo. Dentre as espécies originárias das Américas, o milho é, certamente, o de maior importância econômica e social em nível mundial. Em termos de área semeada e de produção de grãos é o segundo cereal de maior importância no Brasil, sendo que, apenas nos dois últimos anos, perdeu a primeira colocação para a cultura da soja.

A cultura do milho tem um alto potencial produtivo, no entanto, o que se observa na prática são produtividades muito baixas e irregulares (GROTTA, 2008). De acordo com Silva (2004), a baixa produtividade é devido a não adequação de vários fatores como a fertilidade do solo, população e arranjo de plantas, escolha de cultivares adaptados a cada condição de manejo, clima e práticas culturais.

2. Sistema Plantio Direto

Nos dias atuais tem se aumentado a preocupação com a conservação do solo, e cada vez mais são adotadas medidas para manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, principalmente nos períodos mais críticos do ano. A manutenção de uma cobertura sobre o solo representa a diferença importante entre plantio direto e convencional cujos principais efeitos são verificados pelo controle da erosão, menor variação da temperatura e umidade do solo, maior eficiência agrônômica e flexibilidade operacional, melhoria na dinâmica da matéria orgânica, do complexo de carga do solo, reestruturação física e seus efeitos na dinâmica da água e do ar do solo (FURLANI, 2000; PAVAN JÚNIOR, 2006).

Neste contexto, destaca-se o sistema conhecido como plantio direto, que consiste em fazer a semeadura em solo não preparado previamente, diferenciando dos outros processos de semeadura pela menor intensidade de mobilização do solo e pela redução da frequência de tráfego de máquinas sobre o terreno e por manter sobre a superfície do mesmo uma quantidade maior de massa vegetal (FURLANI et al., 2007).

O plantio direto bem como os sistemas denominados de preparo reduzido são sistemas considerados conservacionistas por preconizarem a manutenção de cobertura vegetal sobre o solo. De acordo com Lopes (1996), estes sistemas têm como lado positivo o aumento do teor de matéria orgânica do solo, que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, assim como reduz as perdas de nutrientes por erosão. A preservação dos resíduos vegetais sobre o solo auxilia na manutenção da umidade em períodos de secas prolongadas, protege o solo contra a radiação solar e do impacto direto das gotas de chuva, diminui os gradientes de variação da temperatura na superfície do solo e aumenta a atividade de microrganismos nas camadas superficiais.

Além disso, esta camada de material vegetal sobre o solo, pode contribuir no manejo de plantas daninhas, uma vez que reduz a emergência de plântulas devido ao sombreamento ou até mesmo por efeito alelopático (HERNANI & SALTON 1997 citados por GROTTA, 2008). Segundo Pitelli & Durigan (2001), o efeito físico da cobertura morta pode reduzir as chances de sobrevivência das plantas daninhas com pequenas quantidades de reservas nas sementes, as quais podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência das mesmas no espaço percorrido, até que tenha acesso à luz e inicie o processo de fotossíntese.

Conceitualmente, o plantio direto na agricultura totalmente mecanizada é um sistema de semeadura onde as sementes são depositadas diretamente em solo não preparado, sendo que os resíduos vegetais da cultura anterior permanecem na superfície do solo e as plantas daninhas são controladas com herbicidas. Fundamenta-se na substituição gradativa de processos mecânico-químicos por processos biológico-culturais de manejo do solo e maior eficiência econômica

decorrente da redução de gastos com insumos, energia e controle da erosão (MUZILLI, 1985, DERPSCHE et al., 1991 e MUZILLI et al., 1997).

Segundo Blevins (1983), citados por Grotta (2008), em comparativo feito entre o Sistema Plantio Direto e o preparo convencional mostram que o convencional tem maior efeito nocivo nas propriedades do solo, tais como: perda de nutrientes, redução de resíduos e na produtividade das culturas, e proporciona a movimentação da camada superior do solo, o que acarreta distúrbio a seus agregados.

Derpsch (1991) relatam que o sistema plantio direto se intensificou após o início da fabricação de semeadoras-adubadoras, capazes de penetrar em solo com maior resistência, providas de discos para corte dos restos vegetais remanescentes na superfície. Somando-se a isto, Pavan Júnior (2006) afirma que o uso do plantio direto em áreas extensivas, tornou-se possível somente após a introdução de herbicidas apropriados, que permitem um controle adequado das plantas daninhas antes e depois do plantio.

Alvarenga et al. (2001) também ressaltam que no sistema plantio direto as plantas de cobertura devem oferecer pequena resistência aos mecanismos de corte das semeadoras-adubadoras de forma que a operação de semeadura não seja prejudicada operacionalmente. Por outro lado, Portella (1983), evidenciam a necessidade de que as semeadoras-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas sejam robustas, resistentes, e, ainda possuam discos de corte e abridores de sulco capazes de cortar a vegetação na superfície do solo, distribuir as sementes e adubos em profundidades uniformes e adequadas e que compactem o solo o menos possível, permitindo uma germinação uniforme das sementes.

Todavia, a utilização do plantio direto em algumas áreas ainda é um desafio, especialmente devido a solos desuniformes, com baixa fertilidade, estrutura instável, facilmente compactados, que formam camadas com baixa porosidade e permeabilidade, com plantas daninhas de difícil controle e com alta pedregosidade (CASTRO, 1989). Outro fator limitante para adoção da técnica está relacionado ao clima, como por exemplo, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte da região

Nordeste do Brasil, que se caracterizam por possuir inverno seco que dificulta o estabelecimento de plantas neste período, ao passo que as condições climáticas no período primavera-verão propiciam alta taxa de decomposição de resíduos vegetais, constituindo-se um problema para produção de massa vegetal de cobertura (ALVARENGA, et al., 2001).

Apesar de crescente, o uso do sistema plantio direto na agricultura brasileira, a adequação de semeadoras-adubadoras, a falta de equipamentos adequados; aperfeiçoamento de mecanismos de corte para palha e rompimento do solo para melhor distribuição de insumos e sementes; problemas em mecanismos de distribuição e regulagens, dificuldade de acesso à reposição de peças; entre outros, ou seja, são inúmeros os entraves com relação ao uso de maquinários em plantio direto (PAVAN JUNIOR, 2006). A carência de estudos nesta área é um dos outros problemas que dificultam o uso da técnica.

3. Semeadora-Adubadora:

As semeadoras são classificadas em dois grupos: as semeadoras de precisão e semeadoras de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão distribuem as sementes em sulco de semeadura em linha e intervalos regulares de acordo com a densidade de semeadura requerida. Já as de fluxo contínuo distribuem de forma contínua as sementes no solo, principalmente sementes miúdas que requerem menores espaçamentos entre elas (ABNT, 1994).

No sistema plantio direto (SPD) ou semeadura direta as semeadoras merecem especial atenção, pois neste sistema de plantio não ocorre o preparo do solo. A melhor configuração das semeadoras-adubadoras constitui em um item de grande importância porque pode ajudar na melhor distribuição das sementes e fertilizantes no solo contribuindo para melhorar o índice de emergência de plântulas, fator que determina boa produtividade (PORTELLA et al., 1998).

As semeadoras-adubadoras desempenham, também, a função de corte da palhada para facilitar a deposição das sementes nos sulcos. Entretanto, com a utilização de mecanismos de abertura do sulco, como diferentes hastes

sulcadoras, é de se esperar que ocorram diferenças na relação solo-semente (FONSECA 1997).

As semeadoras-adubadoras sofreram inúmeras modificações para operarem no sistema plantio direto, recebendo novos componentes de mobilização do solo como, por exemplo: discos de corte, hastes sulcadoras, discos duplos defasados, rodas controladoras de profundidade, discos ou rodas aterradoras e rodas compactadoras (SIQUEIRA et al., 2001), diferenciando-se, basicamente das convencionais pelo seu sulcador de adubo que é do tipo haste ou facão (Machado et al., 1996).

De acordo com Marques (2004) e Amado et al. (2005), a eficiência das semeadoras-adubadoras é avaliada pela qualidade e quantidade de trabalho que executam. A quantidade é obtida pela capacidade de trabalho por unidade de tempo e os fatores que interferem mais diretamente são a largura de trabalho e a velocidade de deslocamento. Por outro lado, a qualidade requer a obtenção de uma população de plantas de acordo com a densidade pré-estabelecida, sendo obtida pela combinação de inúmeros fatores, dentre eles, de qualidade das sementes, do adequado preparo do sulco de semeadura, da cobertura das sementes e do contato com o solo e água, da localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura, do espaçamento entre plantas, da manutenção da cobertura do solo e da uniformidade de emergência de plântulas.

Para a obtenção de sucesso em sistema de semeadura direta, a seleção de componentes adequados para as semeadoras-adubadoras, é sem dúvida uma ação necessária para manutenção da eficácia do sistema. Dentre os itens a serem verificados, os mecanismos de corte de palha das semeadoras influenciam muito no rendimento da operação (SILVA, 2007).

4. Parâmetros a serem avaliados no conjunto semeadora-adubadora

4.1. Mecanismo de corte e abertura de sulco

Em sistema plantio direto objetiva-se produzir sulcos satisfatórios com o uso de um mesmo tipo de sulcador, numa mesma configuração e regulagem, nas mais diversas condições de umidade e graus de consolidação do solo. Sabe-se que o solo se comporta diferentemente frente a essas condições. Portanto, é observado que a maneira de abertura do sulco será diferente em cada condição de solo e que acarretará em diferenciada eficiência operacional do conjunto trator e semeadora-adubadora. Essas variações podem tornar o processo de semeadura economicamente inviável, devido a gastos energéticos elevados ou se a emergência não for satisfatória (CEPIK, 2002).

Na operação de semeadura devem ser abertos sulcos com largura e profundidades mínimas de forma a proporcionar economia de potência e ao mesmo tempo, garantir a adequada posição do fertilizante e das sementes e o bom desenvolvimento das plantas (SIQUEIRA & CASÃO JÚNIOR, 2004).

A abertura dos sulcos é feita por meio de sulcadores, dentre os quais, os mais comumente utilizados são do tipo discos duplos defasados e hastes sulcadoras. O desempenho dos sulcadores é influenciado principalmente pelo seu projeto, pelas propriedades e características do solo, tais como textura, densidade, resistência do solo à penetração e ainda, pressão exercida pela semeadora-adubadora, quantidade de palha, profundidade e velocidade de deslocamento (SIQUEIRA & CASÃO JÚNIOR, 2004).

Segundo Faganello et al. (1999) os discos de corte podem ser encontrados em diferentes diâmetros e formatos. Quanto ao formato, os mais usuais são do tipo liso, estriado, corrugado, ondulado e recortado. Os discos lisos, quando devidamente afiados, cortam melhor os resíduos vegetais e requerem menor peso e pressão das molas para penetração no solo.

Segundo Silva (2007), os discos de corte têm a função de cortar os restos culturais e abrir um sulco, facilitando a ação dos mecanismos depositórios de fertilizantes e ou sementes. Contudo, os mecanismos normalmente adotados pelas semeadoras nacionais de plantio direto são ineficientes para operar nas diferentes condições de solos e restos culturais, portanto, necessitam do desenvolvimento de mecanismos de abertura de sulco mais eficientes.

A haste sulcadora tem como vantagem, em alguns casos, o rompimento da camada compactada, que no plantio direto ocorre mais superficialmente, podendo melhorar o desenvolvimento vegetativo das culturas. Porém, uma desvantagem da haste em relação aos discos seria seu consumo mais alto de energia durante a operação de semeadura (GERMINO & BENEZ, 2006).

Segundo Godwin e Spoor (1977) que desenvolveram um modelo onde a variação entre profundidade de trabalho e largura da ferramenta que determina a região de ruptura na camada superficial (crescente) e região de ruptura nas camadas profundas do solo (lateral), concluíram que o solo na camada superficial desloca-se em três direções; à frente, acima e aos lados da ferramenta. E nas camadas profundas desloca-se apenas em duas direções, à frente e aos lados da ferramenta. Determinando assim, o método para obtenção da profundidade abaixo da qual a ruptura muda de crescente para lateral.

Sulcadores do tipo facão com ângulos de ataque nas hastes e nas ponteiros corretos, penetram mais facilmente no solo sem muita demanda de força de tração. Casão-Júnior et al. (2000) revelaram que, em condições invariáveis de solo e profundidade de semeadura, houve diferenças de até 50% entre sulcadores tipo facão comercialmente utilizados em semeadoras-adubadoras de precisão. Isso evita que as semeadoras equipadas com esse mecanismo dependam basicamente da transferência de peso da máquina para promover a penetração dos discos de corte dos resíduos e dos discos duplos (sulcadores para deposição das sementes) no solo. Outro fator de destaque é que esses promoveram preparo localizado, atingindo boas profundidades (8 a 15 cm), onde pode ser depositado o adubo.

Os mecanismos sulcadores do tipo haste podem ter diferentes ângulos de ataque para facilitar na penetração ao solo, sendo dependente da transferência do peso da máquina, proporcionando preparo localizado do solo na linha de semeadura.(CASÃO JUNIOR et al. 1998).

Peças projetadas inadequadamente, com relação a sua configuração geométrica ou material constituinte, requerem maior manutenção e reposição, contribuindo para o aumento do custo operacional. As ponteiros dos sulcadores, assim como todas as ferramentas que interagem com o solo, estão sujeitas ao desgaste por abrasão (REIS & FORCELLINI, 2000). A fricção ou o deslizamento entre duas superfícies rugosas de diferentes durezas provoca a retirada de material da mais macia, sem que haja a posterior adesão deste à outra superfície de maior dureza, ou seja, a ação do atrito do solo sobre as ferramentas de preparo, origina o desgaste desta última, sendo que o material removido não adere às partículas do solo. Neste sentido, a ação do deslizamento das ponteiros sulcadoras com as partículas duras do solo, origina o desprendimento de material de sua superfície. Por conseguinte, com o transcorrer das operações de campo, apresentam modificações em sua configuração geométrica e por via de consequência a formação do sulco em sua forma ideal.

Coelho (1998) avaliou durante quatro safras no sistema plantio direto em solo Podzólico Vermelho Escuro eutrófico, o desempenho de cinco combinações de sulcadores para unidades semeadoras e adubadoras. As combinações resultaram dos elementos disco duplo, disco duplo defasado, disco simples angulado, haste e haste sulcadora com ponteira, sendo os três últimos protótipos. O autor verificou que os sulcadores para adubação do tipo facas sulcadoras exigiram maior força de tração e revolveram maior quantidade de solo em relação aos demais tratamentos, embora não apresentassem diferenças estatísticas entre si.

Em solos de plantio direto existe uma alta resistência aos componentes rompedores, associada a sua grande retenção de umidade, estes fatores conforme Bonini et al. (2008), tem proporcionado a adaptação das máquinas em busca de soluções para os problemas, como: corte da palha, dosagem das sementes e do adubo nas quantidades preestabelecidas, aderência do solo nos

componentes, desuniformidade na profundidade de semeadura, cobertura e compactação irregular do solo sobre as sementes que acabam afetando a uniformidade e a emergência das plantas além de exigir maior potência das máquinas.

Dentre os mecanismos de corte inicial, o que demandou maior trabalho específico foram as facas rotativas, seguido, em ordem decrescentes, pelos discos ondulados, discos corrugados e discos planos. Concluíram ainda que dentre os diferentes discos de corte testados, os discos lisos foram os que mobilizaram menor volume de solo e os discos ondulados o maior volume (RIGHES, 1990).

De acordo com Reis et al. (2003) quando se usa diferentes mecanismos de abertura de sulco, como disco duplo e haste sulcadora do tipo facão espera-se que ocorram diferenças na relação solo-semente e qualidade da semeadura.

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

4.2. Uniformidade de distribuição de sementes

Mahl et al. (2004) relataram resultados diferentes para o estande inicial do milho em estudo de diferentes sistemas de preparo do solo e de velocidade, em que verificaram que os tratamentos não interferiram na população inicial do milho.

Segundo critérios estabelecidos por Tourino e Klingensteiner (1983) pode-se classificar o desempenho das semeadoras quanto à eficiência de distribuição longitudinal de sementes de acordo com o percentual de sementes distribuídas na faixa de espaçamentos aceitáveis, sendo considerado como desempenho ótimo com 90 a 100%, bom com 75 a 90%, regular com 50 a 75% e insatisfatório abaixo de 50% de sementes distribuídas na faixa desejada (0,5 a 1,5 vezes o espaçamento desejado).

Avaliando uma semeadora-adubadora de plantio direto pneumática com diferentes mecanismos sulcadores e rodas compactadoras, Takahashi et al. (2001) detectaram que o mecanismo sulcador de hastes depositou o fertilizante e as sementes em profundidades maiores que o sulcador de discos e não encontraram diferenças significativas na distribuição longitudinal de sementes de milho. Tourino (1993) afirmou que a distribuição espacial de plantas de milho pode ocasionar perdas de 15% ou mais na produtividade de grãos.

Analisando o desempenho de uma semeadora-adubadora, na implantação da cultura do milho, Silva et al. (2000) classificaram a uniformidade de espaçamentos entre sementes como excelente na velocidade de deslocamento de $3,0 \text{ km.h}^{-1}$; regular para $6,0$ e $9,0 \text{ km.h}^{-1}$; e, insatisfatória na velocidade de $11,2 \text{ km.h}^{-1}$.

Bortolloto et al. (2005) apresentaram resultados semelhantes para aveia, na velocidade de $10,21 \text{ km h}^{-1}$, e Silveira et al. (2005) verificaram que, com o aumento da profundidade de deposição de $0,197$ para $0,268 \text{ m}$, o requerimento de força de tração cresceu de $3,78$ para $5,51 \text{ kN}$.

Segundo Kurachi et al. (1989), estudos apontaram a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para a obtenção de um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, de uma melhor produtividade da cultura. Os mesmos autores citaram normas da ABNT que estabelecem como espaçamentos aceitáveis os que se situam entre $0,5$ e $1,5$ vezes o espaçamento médio desejado. Os espaçamentos que se situam abaixo do limite inferior são considerados como múltiplos, e, os que estão acima do limite superior como espaçamentos falhos.

Endres & Teixeira (1997), relataram a importância da uniformidade de distribuição espacial das plantas nas linhas de semeadura, afirmando que espaços não preenchidos ou adensados pela queda de múltiplas sementes ocasionam maiores perdas devido à competição entre as plantas. Ressaltaram que tal problema pode ser amenizado com a adequada regulação da semeadora-

adubadora no que diz respeito à seleção de peneiras de acordo com as sementes e, principalmente, do mecanismo distribuidor de sementes utilizado.

A semeadura adequada é aquela onde a diferença entre a quantidade de plantas possíveis de serem obtidas e as emergidas são mínimas, o espaçamento entre elas é uniforme e o tempo necessário para emergência de toda a população de plântulas seja mínimo (MARONI et al., 2005).

4.3. Fatores que afetam a eficiência da semeadora

Segundo Bowman (1987), a eficiência de mecanismos de distribuição de sementes em semeadoras é analisada pelos critérios: profundidade de deposição de sementes, número de plântulas emergidas, espaçamento entre sementes, patinagem de rodas motrizes do trator e de acionamento dos mecanismos de distribuição da semeadora, posicionamento semente-fertilizante, força de tração e potência exigida.

O estudo da potência requerida por uma máquina para a realização de um trabalho é necessário, pois através dele descobrimos a capacidade das máquinas e equipamentos de realizar em tempo hábil determinada operação (GARCIA et al., 2005) evitando o uso de máquinas superdimensionadas que oneram ainda mais o produtor.

Para Lyne et al. (1984), a previsão precisa de energia ou da força requerida pelas ferramentas de preparo tem sido prejudicada devido às dificuldades na identificação de parâmetros relevantes no sistema solo-ferramenta, principalmente os parâmetros de resistência dinâmica do solo. Dentre estes fatores podemos citar: velocidade de deslocamento, modelo da ferramenta, profundidade de atuação, números de linha na barra, tipo de manejo do solo e condições do mesmo.

4.3.1. Velocidade de deslocamento

Delafosse (1986) afirmou que a velocidade de trabalho é um dos parâmetros que mais influencia o desempenho de semeadoras, e que a distribuição longitudinal das sementes no sulco de semeadura é afetada pela velocidade de deslocamento, influenciando diretamente o rendimento da cultura.

Segundo Siqueira et al. (2001) avaliando quatro semeadoras adubadoras, em semeadura direta de soja, percebeu que houve um aumento significativo no requerimento de potência média e máxima na barra de tração ao se aumentar a velocidade de deslocamento do conjunto de 4,7 km h⁻¹ para 8,3 km h⁻¹.

Mercante et al. (2005) verificaram que a velocidade de deslocamento quando passa de 5,20 km h⁻¹ para 8,45 km h⁻¹, somente a potência na barra aumenta significativamente. Mahl et al. (2004), testando semeadoras em Nitossolo Vermelho, estudando velocidades de deslocamento e sistemas de manejos do solo, relataram que a velocidade não foi influenciada pelo sistema de manejo, entretanto, em relação às velocidades, nota-se que, na maior velocidade (8,1 km h⁻¹), há maior força de tração e demanda de potência na barra de 96% superior. Por outro lado, Trintin et al. (2005) avaliando as mesmas semeadoras não observaram o efeito da velocidade para os parâmetros forças de tração média e máxima; entretanto, verificaram o aumento do consumo horário de combustível e potências média e máxima.

Silveira et al. (2005) verificaram que, com o aumento da profundidade de deposição de 1,97 para 2,68 cm, o requerimento de força de tração cresceu de 3,78 para 5,51 kN, e o aumento da velocidade de deslocamento, de 5,24 km h⁻¹ para 7,09 km h⁻¹, acrescentou 6,9% no requerimento de força de tração.

Em áreas de plantio direto com 12 anos, Silva et al. (2000) constataram que, na semeadura direta do milho (quatro linhas), os maiores valores de força de tração (16,12 kN) ocorreram na maior velocidade.

No entanto, em trabalho desenvolvido por Bonini et al. (2008) notou-se que um aumento na velocidade de deslocamento de 5,9 km h⁻¹ para 6,15 km h⁻¹ não foi

suficiente para determinar diferença significativa na força de tração e na demanda de potência por linha. Porém, a medida que ocorreu variação na profundidade de sulcação e na velocidade de deslocamento, ocorreu aumento da força de tração por linha para plantio de soja e milho.

4.3.2. Modelo de ferramenta

Na interação solo-ferramenta, ocorre que as variações geométricas da ferramenta que estão associadas a outros fatores externos, tais como: a velocidade de deslocamento da máquina, a profundidade de trabalho da ferramenta e as condições do solo, resultam em diferentes necessidades de esforço de tração e em diferentes reações do solo. A natureza exata das forças alteradas por tais mudanças não é bem conhecida, embora se reconheça que devem variar (PORTELLA, 1983).

A principal função do sulcador fixo, no sistema de semeadura direta, deve ser a descompactação ou mobilização do solo em subsuperfície, em profundidade e extensão estipuladas tecnicamente. A condição de solo e as necessidades das culturas devem definir as regulagens a serem realizadas no disco de corte (profundidade de trabalho) e no próprio sulcador (profundidade de trabalho, ângulo de ataque, tipo e tamanho da ponteira e da haste do mesmo) (CEPIK et al., 2005).

De acordo com Araújo et al. (2001a), a velocidade e o tipo de mecanismo sulcador são fatores importantes para a definição do requerimento de potência do trator para efetuar a operação de semeadura. Araújo et al. (2001b) afirmaram que em determinados solos, há necessidade de se utilizar hastes sulcadoras ou facões para romper a camada superficial compactada, aumentando a exigência de esforço do trator.

Andreolla & Gabriel-Filho (2006) avaliando a força de tração, a potência requerida na barra de tração pela semeadora e a potência necessária no motor em semeadoras com dois tipos de sulcadores tipo haste e tipo disco em solos com diferentes situações de pisoteio por pastejo, observaram que foram maiores os

valores de potência requerida quando foi utilizado o mecanismo sulcador tipo haste, enquanto a velocidade de deslocamento foi maior quando se utilizou o mecanismo sulcador de disco.

O uso de hastes sulcadoras possibilita que o fertilizante seja depositado a maiores profundidades, estimulando o crescimento de raízes mais profundas. No entanto, o uso de hastes sulcadoras aumenta o requerimento de força de tração (T) e conseqüentemente o consumo de combustível, diminuindo a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, comparado a discos (SILVA, 2003).

4.3.3. Profundidade

Ao aplicar diferentes modelos de hastes na realização do sulco de plantio nota-se um incremento na demanda de tração do conjunto trator-semeadora que muitas vezes foi evidenciado pela profundidade de atuação da haste. De acordo com Conte et al. (2008) que observaram que modelos de hastes diferiram em termos de requerimento de força de tração e isso poderia ser atribuído à maior profundidade de atuação das mesmas, bem como ao menor teor de água observado durante a sua avaliação.

Cepik et al. (2005) estudaram a força de tração em um Argissolo sob plantio direto e concluíram que houve aumento na demanda de tração com o aumento da profundidade trabalhada, e sua magnitude dependeu do estado de consistência do solo, sendo verificado, também, que a velocidade não influenciou na força de tração.

O mesmo se destaca, segundo Bortolloto et al. (2006), a força de tração requerida na haste de menor profundidade, poderia ter se igualado as outras com o aumento da velocidade de deslocamento visto que o aumento na velocidade de deslocamento eleva o esforço demandado.

Conte et al. (2008) ressalta que a correlação entre as variáveis: resistência, penetração no solo e força de tração requerida são positivas e significativas, tanto para a hastes trabalhando a 6,0 cm de profundidade, quanto para a 15,3 cm de

profundidade. Os mesmos autores verificaram que isso ocorria independentemente da geometria da haste e da ponteira.

Segundo Cepik et al. (2002) os sulcadores que promovem maior mobilização do solo, como o caso dos facões, demandam maior esforço de tração e, conseqüentemente, podem induzir maior patinação do trator, comparativamente aos de discos.

4.3.4. Número de linhas na barra

No trabalho de Bonini et al. (2008) foi observado que o aumento no número de linhas utilizadas na semeadura tanto da soja como do milho, gerou um acréscimo na força de tração demandada, utilizando o mesmo mecanismo sulcador. Modolo et al. (2005), também verificaram um aumento do esforço na barra de tração com o acréscimo do número de linhas de semeadura.

Segundo Bonini et al. (2008), à medida que ocorreu variação na profundidade de sulcação e na velocidade de deslocamento, ocorreu aumento da força de tração por linha para as duas culturas estudadas, verificando que o aumento no número de linhas automaticamente gera aumento no consumo de tração e potência na barra.

A força de tração necessária para a operação de semeadoras de grãos graúdos (semeadoras de precisão), na direção horizontal do deslocamento, já incluída a resistência ao rolamento da máquina, com bom leito de semeadura, varia de $900\text{N} \pm 25\%$ por linha de semeadura (American Society of Agricultural Engineers, 1999).

4.3.5. Tipo de manejo do solo

A escolha do tipo de equipamento utilizado ou até mesmo o tipo de preparo do solo implica em gastos de energia diferentes o que implica em diferentes requerimentos de potência.

Segundo Hernanz et al. (1992), ao realizarem um estudo comparativo do consumo energético e dos custos de produção em três sistemas de cultivo e várias culturas concluíram que, em relação ao preparo convencional, os consumos de energia nos sistemas de preparos mínimos e plantio direto são menores sendo que a redução é de 10 % e 11% em trigo, 5% e 8% em cevada, e entre 11% e 15% para a soja respectivamente.

Hetz e Barrios (1997) avaliando o custo energético de algumas operações mecanizadas de preparo do solo e semeadura, concluíram que o consumo energético horário (MJ h^{-1}) das operações mecanizadas é diretamente proporcional ao tamanho do conjunto trator-implemento, sendo o consumo por área trabalhada em MJ ha^{-1} independente do tamanho do equipamento.

No mesmo trabalho, Hetz e Barrios (1997), avaliaram o consumo energético em sistemas de preparo reduzido e plantio direto que comparados ao sistema convencional sendo mais econômicos à medida que economizam entre 793 e 1178 MJ ha^{-1} de energia, respectivamente, equivalente a um gasto de 16,6 e 24,6 L ha^{-1} em combustível.

4.3.6. Condições do solo

Outro fator que pode influenciar na força de tração requerida pelas hastes é o efeito do teor de água do solo. Nesse sentido, Cepik et al. (2005), trabalhando em um solo franco-argilo-arenoso, observaram menores valores de força de tração por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras quando as mesmas atuaram em condições de solo seco, comparativamente à condição friável e seca.

Bonini et al. (2008) avaliou o requerimento de potência de semeadora-adubadora de precisão, modelo SMT 6414, de arrasto, com mecanismo sulcador tipo facão, para deposição de adubo e disco duplo defasado para sementes em quatro condições de compactação do solo e duas culturas, observou-se que mesmo mantendo a velocidade e a profundidade de sulco constante para as culturas de soja e de milho, a força na barra de tração por linha diferiu

significativamente para as culturas estudadas. Esses dados são semelhantes aos observados por Casão Júnior et al. (1998), que apresentaram diferença significativa na força de tração requerida por uma semeadora com quatro linhas de milho e sete de soja a $4,5 \text{ km h}^{-1}$.

Em solo muito argiloso do basalto paranaense, Casão Júnior et al. (2000) concluíram em uma semeadora-adubadora com hastes, a força de tração requerida para deposição do adubo aumentou quando a consistência do solo passou de friável a plástica. Os autores atribuíram o aumento da força com o incremento na umidade e à maior aderência de solo às hastes.

O mesmo foi observado por Conte et al. (2008) onde em suas avaliações em dois anos consecutivos sobre pastagens, avaliou que no primeiro ano (2004) o aumento do teor de água do solo, observado da maior para a menor intensidade de pastejo colaborou para redução da força de tração requerida. Já em 2005, quando os teores de água do solo foram mais baixos, o autor afirma que a maior coesão, típica em solos mais secos, tenha-se somado ao efeito do grau de compactação mais elevado detectado nas menores alturas da pastagem, resultando em maior força de tração.

Siqueira et al. (2000) testando diferentes hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto em diferentes teores de água e profundidade de sulco, verificou que a maior profundidade exigiu maior força e potência e que o teor de água no solo não afetou o requerimento de potência.

De acordo com Silva (1999), citado por Cepik et al. (2005) a definição do teor de água no solo ideal para a execução das operações agrícolas, e a estimativa da deformação que ocorrerá quando as pressões forem aplicadas excederem a sua capacidade de suporte de carga, são determinantes para evitar a sua compactação.

A força de tração (T) demandada por hastes sulcadoras pode ser variável de acordo com vários fatores, entre eles está o fator compactação do solo (CEPIK et al., 2005). Entretanto, a relação força de tração (T) com grau de compactação do

solo pode variar quando se faz uso de hastes com geometrias diferentes ou profundidades de trabalho variadas, porque se tratam de outros fatores que afetam os valores da força de tração requerida pela haste sulcadora (CONTE et al., 2007).

A compactação do solo é causada pelo rearranjo de suas partículas sólidas. O teor de água no solo, no momento em que ocorre a compactação é fator determinante da sua intensidade. Qualquer que seja a operação agrícola, caso seja efetuada no solo com teores de água inadequados, implicará deterioração de seus atributos físicos (BOENI, 2000).

Avaliando as duas culturas Bonini et al. (2008) observou que a cultura da soja obteve maiores requerimentos energéticos a medida que aumenta-se a compactação do solo, o que não ocorre com a cultura do milho, porém esta última sofre uma redução no seu estande de plantas, logo aos 18 dias após a semeadura tendo variação significativa entre os solos mais compactados do não compactado.

4.4. Área mobilizada

Em se tratando de área de solo mobilizada, as ferramentas que mais mobilizam solo seriam as hastes sulcadoras em relação a discos duplos (ARAÚJO et al. 2001 a).

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

Avaliando a combinação de mecanismos sulcadores com diferentes velocidades de semeadura de milho, Silva et al. (2001), verificaram que: o aumento da velocidade acarretou redução significativa no índice de manutenção

de cobertura do solo, o qual não foi influenciado pelo mecanismo sulcador; o sulcador de haste quando comparado ao de discos duplos, mobilizou maior área de solo e apresentou menor número de sementes expostas na superfície; a área de solo mobilizado e o número de sementes expostas não foram influenciados pela variação de velocidade.

Siqueira et al. (2000) e Oliveira et al. (2000), estudaram o desempenho de diferentes hastes sulcadoras (dimensões e ângulos) e afirmaram que é possível selecionar hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto que exijam menores esforços e potência e que, selecionando teores de água e profundidade de trabalho, pode-se reduzir a mobilização do solo.

4.5. Produtividade da cultura

Para a cultura do milho o aumento de sua produção depende do estande final de plantas estabelecida, esta população vegetal é dada em função da capacidade de suporte do meio e do sistema de produção utilizados, do tempo de duração de áreas foliares fotossinteticamente ativas, da produtividade do genótipo usado, da época de semeadura e da adequada distribuição espacial das plantas. (FANCELLI, 2000).

Klimionte et al. (2001), por meio de análises de regressão e estudos estatísticos, observaram uma tendência de aumento no rendimento de grãos de milho com o aumento da população de plantas e com a melhor distribuição das mesmas na linha de semeadura.

Portella et al. (1997), observaram que um aumento na velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora de 50%, reduziu em média 4% o índice de emergência de plântulas de milho, sendo que a maior sensibilidade (redução de 12%) ocorreu para a semeadora-adubadora equipada com conjuntos sulcadores de discos duplos desencontrados.

Bertol & Fischer (1997), compararam a semeadura direta com quatro sistemas de preparo reduzido do solo (escarificação com rolo destorroador,

escarificação, gradagem seguida de escarificação, escarificação seguida de gradagem). Observaram que na semeadura direta, a emergência de plântulas de soja foi significativamente superior aos tratamentos de preparo reduzido constituídos de apenas uma operação e, que a produtividade de grãos obtida em solo preparado com escarificador equipado com rolo destorroador foi significativamente superior aos demais.

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. Localização da área experimental

O trabalho foi conduzido no campo experimental pertencente à empresa Jumil, localizado na cidade de Batatais - SP, com as seguintes coordenadas geodésicas: latitude de 20°53' sul e longitude 47°35' oeste, com altitude e declividade médias de 862 m e 4%, respectivamente. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO (EMBRAPA, 1999).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso constituído por cinco tratamentos e oito repetições, avaliando cinco modelos de hastes sulcadoras, (Figura 1) que diferiram entre si pelo formato da haste e ângulo de penetração das sapatas (Tabela 1). A análise estatística foi feita pelo programa ESTAT – da FCAV UNESP com o teste de Tukey a 5% de significância. Cada parcela ocupou área de 87,5 m², sendo de 25 m de comprimento por 3,5 m de largura. A profundidade de adubação foi de 0,13 m.

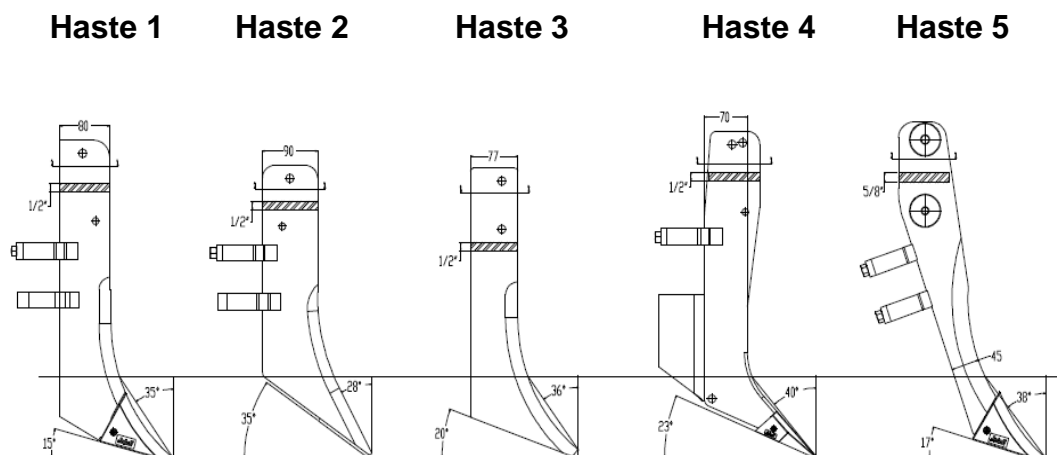


Figura1. Modelos das hastes sulcadoras utilizadas no experimento.

Os modelos das hastes sulcadoras utilizadas no experimento apresentavam espessura de 1,27 cm e diferiram entre si pelo formato e ângulo de inclinação de acordo com o apresentado na Tabela 1. Todas as hastes foram reguladas por meio de um kit controlador de profundidade da semeadora-adubadora, trabalhando à profundidade teórica de 13 cm da superfície do solo.

Tabela 1. Variação de ângulo de inclinação da sapata das cinco hastes utilizadas.

Hastes	Formato das hastes	Angulação das sapatas (graus)
1	Reta	15
2	Reta	35
3	Reta	20
4	Parabólica	23
5	Inclinada	17

2. Caracterização do conjunto trator semeadora-adubadora

Utilizou-se uma semeadora-adubadora da marca Jumil Guerra JM 7090 EX com cinco unidades de semeadura, espaçadas a 0,70 m uma da outra, distribuídas em um chassi com largura útil de 3,86 m, com as seguintes características: mecanismo de corte de palha tipo disco liso de 20" com regulagens de ângulo de ataque para diferentes tipos de palhadas; mecanismo de abertura de sulco para adubação do tipo haste sulcadora com kit controlador de profundidade; mecanismo dosador de adubo do tipo fertisystem; mecanismo de abertura de sulco para deposição de sementes tipo disco duplo desencontrado de 14"; mecanismo dosador de sementes tipo pneumático, com disco de sementes de milho com 30 furos e diâmetro do furo com 5 mm; rodas compactadoras e cobridoras de sementes do tipo "V".

A semeadora-adubadora foi acoplada a um trator New Holland com tração 4x2 TDA, potência máxima no motor de 99 kW (135 cv).(Figura 2).



Figura 2. Conjunto trator-semeadora-adubadora utilizado no experimento.

O cálculo da Capacidade de Campo Efetiva foi feita por meio da equação 1:
$$CcE = ((V * L) / 10) * 0,65.$$

Em que:

CcE: Capacidade de Campo efetiva (ha h^{-1});

V: Velocidade de deslocamento do conjunto (km h^{-1});

L: Largura da faixa de trabalho (m);

0,65: Eficiência estimada de acordo com Mialhe (1974).

3. Umidade do solo

Para a determinação do teor de água no solo foram coletadas amostras nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm de profundidade. Utilizou-se para a coleta das amostras um trado, que foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório para determinação da umidade.

Os resultados de umidade estão relacionados na tabela a seguir:

Tabela 2. Umidade do solo na área amostrada em duas profundidades.

Profundidade	U%
0 - 10 cm	19
10 - 20 cm	18

4. Semeadura e adubação

Efetou-se a semeadura da cultura do milho em plantio direto, sobre palhada de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), distribuindo o equivalente a 60.000 sementes por hectare à profundidade média de 0,05 m. A adubação foi feita de acordo com as exigências e as necessidades do solo e da cultura.

A velocidade teórica de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora durante a operação de semeadura foi de $6,8 \text{ km h}^{-1}$.

A distribuição longitudinal de plântulas foi determinada conforme descrito por Kurachi et al. (1989), sendo a avaliação do espaçamento entre plântula realizada por meio de uma régua graduada em uma faixa de 5 m nas três linhas centrais para cada tratamento.

5. Determinação da tração nas hastes sulcadoras

Para a determinação do requerimento de força de tração das hastes sulcadoras da semeadora-adubadora, foi utilizado uma célula de carga com capacidade para 100 kN entre a barra de tração do trator e o cabeçalho da semeadora-adubadora (Figura 3), cujas informações foram armazenadas em um sistema de aquisição de dados “Micrologger 23X”. A força de tração média na barra correspondeu à média aritmética de todos os valores armazenados, sendo um dado por segundo, durante o deslocamento do conjunto trator semeadora-adubadora pela parcela experimental.



Figura 3. Célula de carga com capacidade para 100 kN utilizada para determinação da força de tração na barra.

6. Potência média requerida na barra de tração

A potência média requerida na barra de tração foi determinada pelo produto da força média e da velocidade média de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora em cada parcela. A velocidade foi monitorada por meio de um radar, o qual forneceu valores instantâneos ao sistema de aquisição de dados.

7. Avaliação da área mobilizada do solo

Com a utilização de um “rastelo” pequeno, foi retirado o excesso de palhada na superfície do sulco após a passagem da haste sulcadora e com uma trena graduada em milímetros mediu-se a abertura do sulco na superfície e a profundidade do mesmo, determinando assim a área mobilizada. Foram efetuadas duas avaliações por parcelas escolhidas aleatoriamente entre as fileiras.

8. Índice de velocidade de emergência de plântulas

O índice de velocidade de emergência de plântulas foi avaliado no comprimento total da parcela (25 metros), nas três fileiras centrais de plantio de cada parcela, com 8 repetições. A contagem das plântulas emergidas foi feita diariamente desde o plantio até o estabelecimento final da cultura. Após estar estabelecida a germinação, foi determinado o estande inicial nos 25 metros.

Determinou-se o índice de velocidade de emergência das plântulas, conforme metodologia descrita por Maguire (1962) contando-se o número de plântulas emergidas a cada dia, aplicando-se posteriormente os números à equação 2, obtendo-se o índice de velocidade de emergência das plântulas.

$$IVE = E1/N1 + (E2 - E1)/N1 + \dots + (EM - EN)/NN \quad (1)$$

Em que:

IVE: Índice de Velocidade de Emergência (plantas/dia);

E1, E2, EM: número de plantas emergidas, computadas na primeira, segunda, terceira e enésima contagem;

N1, N2, NN: número de dias desde a semeadura.

9. Distribuição longitudinal de plantas

A regularidade de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plantas na linha de semeadura foi determinada mediante a mensuração da distância entre todas as plantas existentes numa faixa de cinco metros, em três linhas centrais de cada parcela experimental.

Os espaçamentos entre as plantas (X_i) foram analisados mediante classificação proposta por Kurachi et al. (1989) determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes: normais ($X_{ref} < X_i < 1,5 X_{ref}$), múltiplos ($X_i < 0,5 \cdot X_{ref}$) e falhos ($X_i > 1,5 \cdot X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulagem de cada semeadora.

Para expressar a regularidade dos espaçamentos entre plantas, foi determinado o coeficiente de variação de todos os espaçamentos.

10. Estande inicial e final de plantas

O estande inicial de plantas foi determinado por meio da contagem nas três linhas centrais e no comprimento total da parcela, imediatamente após a estabilização da emergência das plântulas (sete dias e meio após plantio).

O estande final foi determinado no estágio de maturação, utilizando 5 metros nas três linhas centrais de cada parcela.

11. Produtividade

Quantificou-se a produtividade da cultura do milho, colhendo amostras em cinco metros nas duas fileiras centrais de cada parcela no momento em que a

cultura atingiu o estágio de maturação fisiológica. Determinou-se a massa expressa em unidade de quilogramas por hectare, sendo a mesma corrigida para o teor de água de 13%.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, a seguir estão apresentados os dados de velocidade média de deslocamento, força média e força pico requeridas pelo conjunto trator-semeadora-adubadora adquiridos durante a condução do experimento para todos os modelos de hastes sulcadoras utilizadas.

Tabela 3. Análise de variância expressa pelo teste F e teste de médias para as variáveis velocidades de deslocamento, força de tração média e pico.

Haste	Velocidade	Força de tração (kN)	
		Média	Pico
Sulcadora	(Km h ⁻¹)	(kN)	(kN)
1	6,3	19,33 a	21,61 a
2	6,2	20,06 a	22,27 a
3	6,1	20,42 a	22,58 a
4	6,4	17,53 b	19,40 b
5	6,4	19,35 a	21,55 a
Teste F (Tratamento)	1,55 ns	3,61 *	3,39 *
Média	6,30	19,34	21,48
CV (%)	5,07	8,56	8,90

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; * representa o efeito significativo de ($P < 0,05$), ns representa o efeito não significativo ($P < 0,05$), Média corresponde às médias de cada variável e CV o coeficiente de variação.

No experimento a velocidade de deslocamento não apresentou diferença significativa para os cinco tipos de hastes sulcadoras utilizadas, apresentando média de $6,3 \text{ km h}^{-1}$, que está dentro da velocidade recomendada para semeadoras com dosador de sementes do tipo pneumático.

A demanda de força de tração média e pico na barra foi menor para o sulcador 4 em relação aos demais. Essa demanda menor de força pode estar relacionada à forma parabólica da haste sulcadora e ao seu ângulo da ponteira. Estas duas características propiciaram que a força para romper o solo seja para cima enquanto que nos outros sulcadores é para frente o que resulta em uma maior resistência do solo a penetração da ferramenta.

A haste modelo 4 apresentou valor de força média de $17,53 \text{ kN}$ o que corresponde a $3,5 \text{ kN linha}^{-1}$. Segundo (ASAE 1999), a exigência de força na barra de tração varia de $1,1$ a $2,0 \text{ kN}$ para solos preparados. Isto demonstra a maior exigência de força em semeadura de plantio direto.

Siqueira et al. (2001), utilizando 13 diferentes modelos de sulcadores tipo facão em semeadoras-adubadoras de precisão, encontraram demandas de força de tração com valores entre $1,3$ e $2,2 \text{ KN/linha}$, trabalhando numa velocidade média de $5,5 \text{ km h}^{-1}$. A profundidade de atuação dos sulcadores testados por estes autores variou entre $11,7$ a $13,3 \text{ cm}$.

Na tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos da análise estatística das porcentagens de emergência das plântulas de milho, estande inicial e estande final de cada modelo de haste.

Tabela 4. Análise de variância expressa pelo teste F e teste de médias para as variáveis porcentagem de emergência (7,5 dias após semeadura) de plântulas, estande inicial e final de plantas nas diferentes hastes avaliadas.

	Emergência	Estande Inicial	Estande Final
Haste Sulcadora	(dias)	(pl ha⁻¹)	(pl ha⁻¹)
1	7,4	58.568 a	57.497 a
2	7,4	58.211 a	58.211 a
3	7,5	54.283 b	53.211 b
4	7,6	59.639 a	58.925 a
5	7,5	58.568 a	56.425 a
Teste F (Tratamento)	0,65 ^{ns}	4,22 ^{**}	7,15 ^{**}
Média	7,500	57,854	56,854
CV (%)	3,37	4,80	4,16

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; * representa o efeito significativo de ($P < 0,05$), ns representa o efeito não significativo ($P < 0,05$), Média corresponde às médias de cada variável e CV o coeficiente de variação.

De acordo com a análise apresentada nota-se que o estande inicial e final foram significativamente diferentes no tratamento 3 (haste 3) que teve menor número de plantas por hectare. Este resultado, provavelmente pode estar relacionado com o formato reto da haste sulcadora e a baixa profundidade de atuação em relação a média. No entanto, no fator porcentagem de emergência não foi apresentada nenhuma diferença estatística significativa em número de dias para a completa emergência de todas as plântulas de cada tratamento tendo em média um prazo de 7,5 dias para a ocorrência de total emergência de plântulas.

Segundo Portella et al. (1997) e Reis et al. (2006), estudando o efeito dos elementos de abertura do sulco e da compactação das sementes em diferentes semeadoras–adubadoras, não encontraram diferenças significativas no índice de velocidade de emergência. Furlani et al. (2001) não verificaram efeito significativo da compactação do solo no número médio de dias para a emergência de plântulas de milho, o que também foi observado no presente trabalho. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que a profundidade dos cinco sulcadores tenham sido a mesma. Como os mecanismos aterradores e compactadores foram os mesmos, a germinação e conseqüentemente a emergência podem não ter sido influenciados.

Os sulcadores 1,2,4, e 5 apresentaram valores maiores de plantas por hectare no estande inicial, em média 58.700 pl ha⁻¹, bem próximo da regulação da semeadora-adubadora que foi de 4,2 sem/m, ou seja, 60.000 pl ha⁻¹. Baseado nisso, a média dos estandes obtidos nos sulcadores 1,2,4 e 5, foram apenas 2,13% menor do que o preconizado, e para o sulcador 3 o estande foi 10,53% menor. O estande final também obteve o mesmo resultado sendo os tratamentos 1, 2, 4 e 5 com resultados em média 3,87% menor do que o estande de plantas preconizado diferenciando do tratamento 3 com um estande de 12,76% menor do que o teórico, variando estatisticamente dos demais.

Casão Júnior & Siqueira (2003) relataram que, se a semeadora apresentar número de sementes distribuídas no campo inferior a 10 % do recomendado, ela pode ser considerada como boa.

A seguir a tabela 5 mostra a média da população de plantas por hectare e a porcentagem de diferença entre o estande final e inicial.

Tabela 5. População de plantas nas diferentes épocas avaliadas e sua diferença em percentagem do estande inicial para o final.

Estande inicial (pl/ ha)	Estande Final (pl/ ha)	Varição (%)
58.568	57.497	-1,8
58.211	58.211	0
54283	53211	-1,2
59.639	58.925	-1,2
58.568	56.425	-3,7

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados obtidos da análise estatística para espaçamento normal, falho e duplo.

Tabela 6. Espaçamentos encontrados nos diferentes tratamentos avaliados.

Hastes Sulcadoras	Espaçamento		
	Normal	Falha	Duplo
1	89	4 a	7 a
2	88	6 a	6 a
3	85	9 a	6 a
4	90	5 a	5 a
5	89	5 a	6 a
Teste F (Tratamento)	0,49 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Média	88	6	6
CV (%)	8,88	89,95	81,73

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; * representa o efeito significativo de ($P < 0,05$), ns representa o efeito não significativo ($P < 0,05$), Média corresponde às médias de cada variável e CV o coeficiente de variação.

Os espaçamentos normais, falhos e duplos não apresentam diferenças estatísticas significativas para as cinco hastes sulcadoras estudadas. Nota-se que em todos os tratamentos a distribuição dos espaçamentos entre plantas foi normal, em mais que 85% dos espaçamentos avaliados. Segundo Coelho (1998), é considerado muito bom. Os espaçamentos falho e duplo apresentaram media de 6% cada. Resultados semelhantes foram encontrados em Mahl et al. (2004) que testou diferentes velocidades e observou que as velocidades de 4,4 e 6,1 km h⁻¹ obteve uma porcentagem superior a 88% de espaçamentos normais, o mesmo foi encontrado, na observação destes autores, quanto ao tipo de preparo de solo comparando plantio direto e solo escarificado.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de potência média e pico em quilo-watt (kW) e a Capacidade de Campo operacional.

Tabela 7. Potência média e pico requeridas na barra de tração do conjunto trator-semeadora-adubadora e capacidade de campo operacional encontrada nos mesmos.

	Potência-Média	Potência - Pico	Capacidade Campo
Haste Sulcadora	(kW)	(kW)	(ha h⁻¹)
1	33,8 a	37,8 a	1,4 a
2	34,5 a	38,4 a	1,4 a
3	34,6 a	38,3 a	1,4 a
4	31,1 b	34,4 b	1,5 a
5	34,4 a	38,3 a	1,5 a
Teste F (Tratamento)	1,84 *	1,84 *	1,44 ^{ns}
Média	33,7	37,4	1,4
CV (%)	8,96	9,06	5,74

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; * representa o efeito significativo de ($P < 0,05$), ns representa o efeito não significativo ($P < 0,05$), Média corresponde às médias de cada variável e CV o coeficiente de variação.

Com relação à força média e força pico requeridas na barra de tração para a realização da operação foi observada uma diferença significativa, somente, na haste modelo 4 que obteve menores valores tanto para potência requerida como para potência pico.

A potência média e pico foram menores para o sulcador 4 em relação aos demais, fato esse relacionado diretamente a menor demanda de força de tração neste sulcador. Segundo Andreolla et al. (2006) a potência requerida na barra de tração pela semeadora foi maior quando foi utilizado o mecanismo sulcador tipo haste, comparado ao mecanismo sulcador de disco. A demanda de potência requerida na barra de tração por linha, para o sulcador 4, foi de $6,2 \text{ kN haste}^{-1}$ (8,5 cv por haste) conforme observado na tabela 2.

Segundo Mercante et al. (2005) o consumo maior de potência na barra ocorreu quando utilizou-se mecanismo sulcador tipo haste (guilhotina) em comparação a semeadoras que utilizaram discos duplos defasados porém não sendo significativa esta diferença e apresentando diferença significativa somente entre as força de tração que foi 19 % maior nas semeadoras de tipo haste.

Para a variável capacidade de campo não houve diferenças significativas para os 5 modelos de sulcadores avaliados, sendo em média de 1,4 ha por hora. Fato esse diretamente relacionado à velocidade de deslocamento que não apresentou diferença estatística e a largura útil constante da semeadora. O mesmo foi observado por Furlani et al. (2008) que a capacidade de campo operacional não apresentou diferença estatística significativa para os fatores preparo e pressão. Por ser a capacidade de campo operacional função direta da velocidade de deslocamento, verificou-se que o aumento de 76,5% na velocidade de deslocamento proporcionou incremento de 83,3% na capacidade de campo operacional. Mahl (2006), trabalhando em solo argiloso na capacidade de campo, encontrou aumentos de 44 e 84% na capacidade de campo operacional, com incrementos de 2,4 e 2,2 km h^{-1} , respectivamente.

Mahl (2002) observou que um aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de 4,4 para 8,0 e para 9,8 km h^{-1} implicou em um aumento de 83% e 125%, respectivamente, na capacidade de campo efetiva do conjunto.

Com relação à área de solo mobilizada pelas hastes os dados encontrados estão apresentados na Tabela 8, juntamente com suas respectivas larguras e profundidades.

Tabela 8. Área mobilizada de solo e suas respectivas largura e profundidade em cada tratamento avaliado.

	Área Mobilizada	Largura Sulco	Profundidade
Hastes Sulcadoras	cm ²	Cm	cm
1	36,2	6,0	11,6
2	41,7	5,9	14,1
3	35,6	5,9	11,7
4	38,3	6,0	12,5
5	37,9	5,8	12,8
Teste F (Tratamento)	0,28 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,76 ^{ns}
Média	37,9	5,9	12,6
CV (%)	33,65	25,21	17,14

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; * representa o efeito significativo de (P< 0,05), ns representa o efeito não significativo (P< 0,05), Média corresponde às médias de cada variável e CV o coeficiente de variação.

A largura do sulco formado após a passagem dos sulcadores não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos tendo em média de 5,9 cm. O mesmo aconteceu com a profundidade do sulco, que apresentou média de 12,6 cm,

conseqüentemente a área mobilizada com média de 37,9 cm², também não apresentou diferenças estatísticas significativas. Esses resultados são interessantes quando se observa a exigência de força e potência na haste modelo 4, pois o mesmo mobiliza áreas semelhantes aos outros modelos e exige menor força e potência.

Silva (2007) constatou que a maior área de solo mobilizado ocorreu quando foi aplicada uma maior carga vertical. Resultados semelhantes foram obtidos por Mion (2002) que estudando diferentes mecanismos de penetração no solo em diferentes cargas verticais aplicadas, concluiu que quanto maior a carga aplicada maior a área mobilizada de solo pelos sulcadores.

Para finalizar foi avaliada a produtividade da cultura, na época da colheita, quando a mesma encontrava-se em seu ponto de maturidade fisiológica e com grãos com cerca de 13% de umidade. Foi avaliada a produtividade em toneladas por hectare de peso seco de grãos nos cinco diferentes tratamentos avaliados conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9. Produtividade da cultura expressa em toneladas por hectare.

Hastes sulcadoras	Produtividade (t ha⁻¹)
1	11,7 a
2	12,5 a
3	13,9 a
4	11,8 a
5	11,2 a
Teste F (Tratamento)	2,19 ^{ns}
Média	12,260
CV (%)	15,91

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; * representa o efeito significativo de ($P < 0,05$), ns representa o efeito não significativo ($P < 0,05$), Média corresponde às médias de cada variável e CV o coeficiente de variação.

A produtividade do milho não apresentou diferença estatística para nenhum dos sulcadores avaliados, resultado esse interessante quando se observa o sulcador modelo 4, que exigiu menor força e potência e não alterou a produtividade.

V. CONCLUSÕES

A haste sulcadora de formato parabólico apresentou menor demanda de força de tração e potência na barra.

A semeadora-adubadora utilizada para todas as hastes sulcadoras avaliadas, apresentou ótima distribuição de espaçamentos normais na distribuição longitudinal de sementes.

Estande, produtividade, profundidade, área mobilizada, capacidade de campo, velocidade, espaçamento normal, falho e duplo e emergência, não apresentaram diferenças estatísticas para as 5 hastes sulcadoras estudadas.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Semeadora de precisão - ensaio de laboratório - método de ensaio. **Projeto de Norma 04: 015.06-004**; Rio de Janeiro, 1994. 7 p.

ALVARENGA, R. C., CABEZAS, W. A. L., CRUZ, J. C., SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. (**Informe Agropecuário**), Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

AMADO, M.; TOURN, M. C. ROSATO, H. Efeito de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribucion y emergencia de maíz. In: BARBOSA, O. A. **Avances em Ingenieria Agrícola 2003-2005**. San Luis: CADIR 2005, p.77-81. 2005.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural Machinery Management Data. In: **ASAE standards 1999: Standards Engineering Practices Data**. San Joseph, p. 359-66. (ASAE D-497.4). 1999.

ANDREOLLA, V. R. M.; GABRIEL-FILHO, A. Demanda de Potência de uma Semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.768-776, 2006.

ARAÚJO, A. G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. Máquinas para semear. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.2, p.10-1, 2001a.

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

BERTOL, O. J.; FISCHER, I. I.Semeadura direta versus sistemas de preparo reduzido: efeito na cobertura do solo e no rendimento da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, p.87- 96, 1997.

BLEVINS, R. L. Changes in soil properties after 10 years continuous nontilled and conventionally tilled corn. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.3, p.135-146, 1983.

BOENI, M. **Comportamento mecânico de solos escarificados em função do teor de água e pressão de inflação dos pneus do trator.** 2000. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BONINI, A. K.; GABRIEL-FILHO, A.; SECCO, D.; SOUZA, R. F.; TAVARES, C. Atributos físicos e requerimento de potência de uma semeadora-adubadora em um latossolo sob estados de compactação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.136-144, 2008.

BORTOLOTTO, V. C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTO, M. C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora sob diferentes velocidades de

deslocamento e tipos de cobertura vegetal no plantio da soja. **Acta Scientiarum Agronomic**, Maringá, v.27, n.2, p.357-62, 2005.

BORTOLOTTO, V. C.; PINHEIRO-NETO, R.; BORTOLOTTO, M. C.; Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.122-130, 2006.

BOWMAN, D.I. Feasibility studies on planting corn trials to a stand. **Crop Science**, v.27, p.1231-4, 1987.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; BORSATTO, E. A. D. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.375-379, 2004.

CASÃO JUNIOR, R. & SIQUEIRA, R. **Resultados das avaliações do desempenho de semeadoras-adubadoras de plantio direto na costa oeste paranaense**. (Informativo de Pesquisa), Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, 132p. 2003.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; RALISCH, R.; SILVA, A. L.; LADEIRA, A. S.; SILVA, J. C.; MACHADO, P.; ROSSETTO, R. **Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 PD no basalto paranaense**. (Informativo de Pesquisa) Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina (Circular, 105), 1998.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; RALISH, R. Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.523-32, 2000.

CASTRO, O. M. Compactação do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba : FEALQ/ ESALQ, p.129-139. 1989.

CEPIK, C. T. C. **Análise de desempenho de uma haste sulcadora de semeadora-adubadora, em diferentes teores de água no solo, velocidades e profundidades de trabalho**. 2002. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.447-57, 2005.

COELHO, J. L. D. **Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CEPIK, C. T. C.; DEBIASI, H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n.1, p. 220-228, 2007.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; MAZURANA, M.; DEBIASI, H. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras em sistema de integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.730-739, 2008.

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

DERPSCH, R. **Controle da erosão no Paraná: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo convencional**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 268p., 1991.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 412p, 1999.

ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. **Milho: informações técnicas Circular Técnica, 5**, Dourados: EMBRAPA – CPAO, 222 p., 1997.

FAGANELLO, A.; SATTLER, A.; PORTELLA, J. A. Eficiência de semeadoras na emergência de plântulas de milho (*Zea mays*) sob Sistema Plantio Direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, p.29-30, 1999.

FANCELLI, A. L. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. **Plantio Direto**, Passo Fundo, ed. esp., n. 58, p. 56-64, 2000.

FONSECA, M. G. C. **Plantio direto de forrageiras: sistema de produção.** Guaíba, RS: Agropecuária, 1997. 101p.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 2000. 218f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; REZENDE, L. C.; SOUZA E SILVA, S.S. & LEITE, M. A. S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia Agrícola**, v.9, p.147-153, 2001.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. Cultura do milho em diferentes manejos de plantas de cobertura do solo em plantio direto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Jaboticabal, v.7. n.1, p.161–167, 2007.

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO-FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.345-352, 2008.

GAMERO, A. C. **Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral (“paraplow”), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidade de trabalho.** 2008. Dissertação (Mestrado em

Agronomia - Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

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

GERMINO, R.; BENEZ, S. H. Ensaio comparativo em dois modelos de hastes sulcadoras para semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura** Botucatu, v.21, n.3, p.85-92, 2006.

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

GROTTA, D. C. C. **Desempenho operacional de semeadora-adubadora e perdas na colheita do milho em sistema plantio direto**. 2008. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

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

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

KLIMIONTE, M. A. et al. Influência da distribuição de plantas no rendimento de milho (*Zea mays* L.). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 30, 2001. Foz do Iguaçu. Anais... Cascavel: UNIOESTE/SBEA, 2001.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v.48, n.2, p.249-62, 1989.

LOPES, A. S. Calagem adequada nos solos ácidos. In: Guia **das melhores técnicas agrícolas**. São Paulo: Editora Agy, p.11-20, 1996.

LYNE, P. W. L.; BURT, E. C.; MEIRING, P. Effect of tire and engine parameters on efficiency. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.1, p.5-7, 11, 1984.

MACHADO A. L. T., REIS A. V., MORAES M. L. B. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: Editora da UFPEL. 1996.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

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

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.150-7, 2004.

MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema de plantio direto do milho.** 2006. 143f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu, 2006.

MARONI, J. et al. Velocidad de emergencia Del maíz: prestaciones de diferentes organos para El contactado semilla-suelo La siembra. In: BARBOSA, O. A. **Avances em Ingenieria Agrícola 2003-2005.** San Luis: CADIR 2005, 2005. P. 9-14.

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

MERCANTE, E.; SILVA, S. L.; MODOLO., A. J.; SILVEIRA, J. C. M. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.424-8, 2005.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

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

MODOLO, A. J.; GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; GNOATTO, E. Força de tração necessária em função do número de linhas de semeadura utilizadas por uma semeadora-adubadora de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.465-73, 2005.

MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.3-16.

MUZILLI, O.; BORGES, G. O.; MIRANDA, M. A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agrônomico do Paraná, p.48-49, 1997.

OLIVEIRA, M. F. B.; SIQUEIRA, R.; RALISCH, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO-JÚNIOR, R. Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-

adubadoras de plantio direto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29.** 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia agrícola, 2000.

PAVAN-JÚNIOR, A. **Sistema de Plantio Direto: Avaliação de semeadora em função do manejo da palhada e velocidade de trabalho na cultura da soja.** 2006, 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Ciência do Solo) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

PITELLI, R. A., DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: DIAZ ROSSELLO, R. (Coord.): **Siembra directa en Cono Sur.** Montevidéo: PROCISUR, 2001. p.203-10.

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

PORTELLA, J. A.; SATLER, A. & FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e de milho em semeadura direta no sul do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.71-78, 1997.

PORTELLA, J.A., SATTLER, A., FAGANELLO, A. Regularidade de distribuição de sementes e de fertilizantes de semeadoras para plantio direto de trigo e soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.4, p.57-64, 1998.

REIS A. V., FORCELLINI F. A. Seleção de materiais para ponteiros de escarificadores. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA**, Fortaleza - CE. 2000.

REIS, E. F.; CUNHA, J. P. A.; FERNANDES, H. C.; RONDÓN, P. P. Influência de mecanismos rompedores de solo no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v.12, p.1-6, 2003.

REIS, E. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. C.; NAIME, J. M.; ARAÚJO, E. F. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.777-786, 2006.

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

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2001. 212p.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetado pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.191-9, 2000.

SILVA, A. R. B.; BENEZ, S. H.; MAHL, D.; LEITE, M. A. S.; PONTES, J. R.; GRECO, C. R.; MARQUES, J. P.; COSTA, A. M. Avaliação de uma semeadora-

adubadora de plantio direto em função de diferentes mecanismos sulcadores e velocidades de deslocamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30.** 2001. Foz do Iguaçu. Anais ... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

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

SILVA, P.R.A.; BENEZ, S.H.; MAHAL, D.; GERMINO, R. Avaliação da potência e área mobilizada de hastes sulcadoras em semeadoras-adubadoras diretas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33.,** 2004, São Pedro. Anais...Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p., 2000.

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

SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, AG; CASÃO JUNIOR, R; RALISCH, R. Desempenho energético de semeadoras adubadoras de plantio direto na implantação da cultura

da soja (*Glycine max* L.). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30.**, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

SIQUEIRA, R. et al. Demanda energética do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29.**, 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000.

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

TAKAHASHI, C. M.; MELLO, L. M. M.; YANO, E. H. Distribuição longitudinal de sementes de milho (*Zea mays* L.) em plantio direto In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30**, Foz do Iguaçu, PR, 2001. Anais...Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. - In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13**, 1983, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983. v.2, p.103-16.

TOURINO, M. C. C. **Influência da velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja na precisão de semeadura.** 1993. 98 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

TRINTIN, C. G.; NETO-PINHEIRO, R.; BORTOLOTTI, V. C. Demanda energética solicitada por uma semeadora - adubadora para plantio direto, submetida a três velocidades de operação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.1, p.127-31, 2005.