

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE HASTES SULCADORAS NA MOBILIZAÇÃO
DO SOLO EM SEMEADURA DIRETA DO MILHO**

Érica Tricai

Engenheira Agrônoma

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE HASTES SULCADORAS NA MOBILIZAÇÃO
DO SOLO EM SEMEADURA DIRETA DO MILHO**

Érica Tricai

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 (Ciência do Solo).

2013

Tricai, Érica
T823a Avaliação de hastes sulcadoras na mobilização do solo em
semeadura direta do milho / Érica Tricai. – – Jaboticabal, 2013
xii, 53p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Banca examinadora: Alberto Carvalho Filho, Rouverson Pereira da
Silva
Bibliografia

1. Demanda de tração. 2. Mecanização Agrícola. 3. Semeadora-
adubadora. 4. Sistema Plantio Direto. 5. *Zea mays* L. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.33:633.15

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

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ÉRICA TRICAI – nascida em Ibitinga, São Paulo, no dia 03 de junho de 1983, filha de José Carlos Tricai e Dulce Helena Rodrigues Tricai, cursou o 1º e 2º grau no curso e colégio Decisão em Florianópolis, Santa Catarina. Em agosto de 2005 iniciou o curso de Agronomia na “Universidade Estadual de Santa Catarina” UDESC - em Lages, executando estágio extracurricular na Casa da Agricultura, em Tabatinga, São Paulo, concluindo a graduação em julho de 2010. Em 2011 participou da coordenação do projeto Jovem Aprendiz Rural da Prefeitura de Ibitinga, São Paulo com duração de 6 meses. No segundo semestre de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no programa de Ciências do Solo, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, desenvolvendo suas pesquisas e estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), localizado no Departamento de Engenharia Rural. Em julho de 2013, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

“Crescer custa, demora, esfolia, mas compensa. É uma vitória secreta, sem testemunhas. O adversário somos nós mesmos.”

(MARTHA MEDEIROS)

Aos meus Pais, José Carlos Tricai (in memorian) e
Dulce Helena Rodrigues Tricai.

DEDICO

Aos meus pais,
Ao meu namorado Felipe Parisi,
As minhas avós Geni e Minela

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao meu mentor maior Deus, por me proporcionar este momento de mais uma conquista em minha vida.

Ao pesquisador e professor Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani pela orientação, ensinamentos e amizade durante a realização do trabalho.

Ao pesquisador e professor Dr. Rouverson Pereira da Silva pelos ensinamentos e conselhos durante o mestrado.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa, e a empresa JUMIL - Justino de Moraes, Irmãos S/A, pela parceria e apoio no experimento.

Aos amigos da pós-graduação, Ariel Compagnon, Cristiano Zerbato, Evaldo Ferezin, Fábio Cavichioli, Leomar Lima, Marcelo Cassia, Marcelo Boamorte, Melina Cais, Murilo Coelho, Murilo Voltarelli, Priscila Iamaguti, Rafael Bertonha e Vicente Filho pela contribuição e ajuda na instalação do experimento no campo, atividades científicas, sugestões e pela enorme amizade.

A todos os assistentes do laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), Aparecido Alves (Cidão), Sebastião F. da Silva (Tiãozinho), Valdecir Aparicio (Maranhão), pela grande colaboração na realização dos trabalhos e amizade.

Em especial ao meu pai (in memoriam) pelos ensinamentos deixados, a minha mãe pela paciência, confiança e grande incentivo durante minha jornada acadêmica.

Ao meu namorado Felipe pela ajuda e carinho. E para todas as pessoas que, de formas diferentes, contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRAT	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO DE LITERATURA	2
1 A cultura do milho.....	2
2 Sistema Plantio Direto.....	3
3 Semeadora-adubadora para plantio direto	5
3.1 Mecanismo de corte e abertura do sulco	6
3.2 Uniformidade e distribuição de plantas	8
3.3 Fatores que afetam o desempenho operacional	9
III MATERIAL E MÉTODOS	11
1 Localização e caracterização da área experimental.....	11
2 Análise granulométrica e química do solo.....	12
3 Delineamento experimental	13
4 Caracterização do conjunto trator semeadora-adubadora	15
5 Aquisição de dados	16
6 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora	17
6.1 Velocidade de deslocamento e capacidade de campo operacional.....	17
6.2 Determinação da Patinagem dos rodados motrizes dianteiros e traseiros	19
6.3 Força e potência na barra de tração	19
6.4 Consumo de combustível	20
6.5 Consumo horário de combustível	21
6.6 Consumo operacional de combustível	22
7 Teor de água no solo	22
8 Determinação da Resistência mecânica do solo à penetração	23
9 Mobilização do solo.....	24
9.1 Largura do sulco, profundidade e área mobilizada	24

9.2 Força e potência específica por área mobilizada	25
10 Desenvolvimento da cultura	25
10.1 Número médio de dias para emergência das plântulas	25
10.2 Distribuição longitudinal das plântulas	26
10.3 Estande inicial de plantas	27
10.4 Altura de plantas, diâmetro do colmo e altura da inserção da espiga	27
10.5 Estande final de plantas	27
10.6 Produtividade de grãos e matéria seca da parte aérea do milho	28
10.7 Avaliações na espiga	28
11 Análise estatística	28
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
V CONCLUSÃO	44
VI REFERÊNCIAS	45

AVALIAÇÃO DE HASTES SULCADORAS NA MOBILIZAÇÃO DO SOLO EM SEMEADURA DIRETA DO MILHO

RESUMO – O Sistema Plantio Direto consiste no conjunto de técnicas que associam preservação dos recursos naturais, aliadas à mínima mobilização do solo. O desempenho da semeadora-adubadora está diretamente ligado aos mecanismos de contato com o solo, mais especificamente, as hastes sulcadoras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a mobilização do solo, o desempenho operacional e o desenvolvimento da cultura do milho, quando semeado com dois tipos de hastes sulcadoras em três profundidades de semeadura. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2011/12 em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP/Jaboticabal em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, esquema fatorial 2x3, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: área mobilizada, desempenho operacional e características agrônômicas da cultura. A área mobilizada houve significância para os fatores haste e profundidade. O comportamento distinto das hastes é devido a seus parâmetros construtivos, sendo fator limitante para profundidade de trabalho, pois, determina o volume de solo mobilizado. No desempenho operacional do conjunto trator semeadora-adubadora houve diferença tanto para haste como profundidade. Desta forma opta-se pela haste que teve uma maior mobilização do solo e exigiu menor força e potência na barra de tração, trabalhando a menor profundidade desde que o solo esteja em condições adequadas de semeadura, um vez que não houve diferença na produtividade final de grãos.

Palavras-chave: Demanda de tração, mecanização agrícola, semeadora-adubadora, Sistema Plantio Direto, *Zea mays* L

EVALUATION IN MOBILIZATION OF PLANTER'S SHANKS SOIL IN NO TILLAGE MAIZE

ABSTRACT – The no-tillage system is a set of techniques that combine natural resources preservation combined with minimum soil tillage. The seeder performance is directly linked to the mechanisms in contact with the soil, more specifically the planter shanks. This paper had as objective to evaluate the soil mobilization, operational performance and development of the corn crop when sown with two shank types furrow openers in three sowing depths. the operating performace of the tractor-seeder, soil tillage and agronomic characteristics of maize, working with two types of planter shanks fertilizer and three depths of operation. The experiment was conducted in the agricultural year 2011/12 at the experimental area the farm of teaching, research and extension UNESP/Jaboticabal on Eutradox. The experimental design was completely randomized, 2x3 factorial with four replicates. The variables analyzed were mobilized area, operating performace and agronomic characteristics culture. The area mobilized indicated significant factors and depth shank. Results showed no interaction between types of shank and depth factors, however the mobilized area showed different behavior for shank factor because of this construction parameters, been a limiting factor for depth of work, thus determines the volume of mobilized soil. Operating performance of the tractor seeder was no difference for both shank as depth. Thus opts for shank had a greater mobilization of soil and required less force and power to the drawbar, working the shallowest depth where the ground conditions are suitable for sowing, one time there was no difference in the final yield of grains.

Keywords: Demand traction, agricultural mechanization, seeder-fertilizer, no tillage system, *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em Jaboticabal, SP.....	12
2. Análise química da área experimental na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em Jaboticabal, SP.....	13
3. Síntese da análise de variância e teste de médias para área mobilizada, profundidade e largura do sulco e patinagem dos rodados motrizes dianteiros e traseiros.....	30
4. Desdobramento da variável largura.....	31
5. Síntese da análise de variância e teste de médias para força de tração média, pico e específica na barra de tração e velocidade do conjunto trator semeadora-adubadora.....	35
6. Síntese da análise de variância e o teste de médias para potência média, pico e específica na barra de tração na operação de semeadura direta do milho.....	37
7. Valores da análise de variância e o teste de médias para capacidade de campo operacional (CCo), consumo horário e operacional.....	38
8. Análise de variância e teste de médias para o número médio de dias pra emergência (NMDE), espaçamentos normais, falhos e duplos (distribuição longitudinal), das plântulas de milho.....	39
9. Síntese da análise de variância e teste de médias para estande inicial, final, altura das plantas aos 90 e 120 dias.....	40
10. Síntese da análise da variância e teste de média para diâmetro do colmo aos 90 e 120 dias, altura da inserção da primeira espiga viável, massa seca e produtividade final.....	41

11. Síntese de análise de variância e teste de médias para o comprimento e diâmetro, massa com palha e sem palha da espiga.....	42
12. Desdobramento do diâmetro da espiga.	42
13. Síntese da análise de variância e o teste de médias para número de grãos por fileira, número de fileira por espiga e massa 100 grãos	43

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura média durante o período de 2011/12. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).....	12
2. Desenho e dimensões das hastes sulcadoras de adubo. EH: espessura da haste; LP: largura da ponteira; AA: ângulo de ataque da haste sulcadora.....	13
3. Croqui da área experimental, distribuição das parcelas no campo	14
4. Trator utilizado no experimento de campo.....	15
5. Semeadora-adubadora utilizada no experimento em campo.....	16
6. Datalogger CR23X.....	17
7. Radar alinhado com ângulo de 45° em relação ao solo.....	18
8. Célula de carga com capacidade para 100 kN utilizada para determinação da força na barra de tração.....	20
9. Medidor de consumo de combustível Oval M – III, modelo LSF41.....	21
10. Penetrômetro eletrônico acoplado a um quadriciclo.....	23
11. Perfilômetro de varetas para determinar a mobilização do solo.....	25
12. Perfil do solo das hastes sulcadoras na profundidade 80 mm	32
13. Perfil do solo das hastes sulcadoras a 125 mm de profundidade	33
14. Perfil do solo das hastes sulcadoras a 150 mm de profundidade.....	34
15. Parede do sulco espelhada, e o desenvolvimento da raiz no sentido horizontal.....	36

I INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas agrícolas, destacando-se pelas diversas formas de uso e produção. Devido ao seu alto valor nutricional, a demanda deste cereal se torna cada vez maior com o aumento do crescimento populacional. O manejo da cultura é de importância, pois em função do tipo de preparo de solo tem-se a escolha de máquinas agrícolas adequadas associadas ao menor custo de produção.

A utilização de técnicas conservacionistas como o Sistema Plantio Direto (SPD) é o que mais se enquadra no aumento da produtividade, atendendo as exigências de preservação ambiental, qualidade de solo e sustentabilidade. O SPD se destaca pela eliminação das operações de preparo do solo, visando à mínima mobilização apenas na linha de semeadura, manutenção de resíduos vegetais e redução do tráfego de máquinas.

Porém, a eliminação das operações de preparo do solo e o tráfego de máquinas com o passar dos anos podem tornar as camadas superficiais compactadas, impedindo o bom desenvolvimento radicular da cultura e redução da produtividade dos grãos. Semeadoras-adubadoras equipadas com hastes sulcadoras atingem maiores profundidades de trabalho, rompendo essas camadas compactadas e proporcionando maior mobilização do solo.

Os parâmetros construtivos de uma haste sulcadora e a profundidade de trabalho podem interferir na área mobilizada, elevando a demanda de força e potência na barra de tração. Vários estudos discutem qual seria o formato das hastes e profundidade de trabalho, que proporcione condições ambientais favoráveis para o bom desenvolvimento da cultura, associada a maiores produtividades dos grãos. Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar a mobilização do solo, o desempenho operacional e o desenvolvimento da cultura do milho quando semeado com dois tipos de hastes sulcadoras em três profundidades de semeadura.

II REVISÃO DE LITERATURA

1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays L.*) é uma das principais culturas agrícolas desde os tempos anteriores ao descobrimento do Brasil, quando já fazia parte da dieta dos seus habitantes. Segundo Souza et al. (2012), o intenso uso deste cereal é devido ao seu valor nutricional na alimentação humana e animal e matéria prima para indústria.

Em termos de produção o Brasil fica atrás apenas dos Estados Unidos e China, tendo uma área agrícola de 15.69 milhões de hectares, e uma produção prevista 78 milhões de toneladas para a safra 2012/2013 (CONAB, 2013). A produção da cultura tende a se expandir consideravelmente para suprir a demanda em função do crescimento populacional, e principalmente pelo aumento do consumo do cereal para a fabricação de energia renovável como o etanol (SILVA, 2004).

A cultura do milho tem demonstrado variabilidade genética para responder as pressões de seleção para determinados caracteres nas mais variadas condições ambientais (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009). Para que fosse possível o aumento da produtividade da cultura do milho, a indústria de sementes desenvolveu cultivares híbridas, convencionais e transgênicos, liberados desde 2008 (ALVES; AMARAL, 2011).

De acordo com Reinert et al. (2008), as plantas de cobertura, como o milho, apresentam bom desenvolvimento do sistema radicular em solos sem restrição, já em solos com densidades elevadas, o crescimento é consideravelmente menor, podendo se observar alterações morfológicas como engrossamento das raízes, desvios no crescimento vertical e a concentração na camada mais superficial do solo.

Foloni et al. (2003) observaram, em ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico com textura argilosa, que uma camada compactada impede que o sistema radicular do milho atravesse e se desenvolva em profundidade. Assim, a adoção de

manejo criterioso, torna-se de importância para manifestação da capacidade produtiva da cultura.

2 Sistema Plantio Direto

A utilização de sistemas conservacionistas para a produção agrícola tem sido uma constante nos últimos anos, devido à necessidade de sustentabilidade, preservação ambiental, melhoria da qualidade de solos agrícolas e redução dos custos de produção. O sistema plantio direto (SPD), se torna eficiente para o atendimento de tais exigências, proporcionando aumento de rendimento dos sistemas produtivos, quando comparado aos sistemas de preparo convencional (TOPAKCI et al., 2011). Segundo Andrioli e Prado (2012) o sistema plantio direto é um manejo conservacionista que contribui efetivamente para a produção agrícola sustentável.

Esta técnica vem sendo usada há mais de 30 anos no Brasil, mas sua aplicação se difundiu nas regiões Centro-Sul. Hoje, são cultivados no país mais de 27 milhões de hectares (BODDEY et al., 2010), fazendo do Brasil o segundo país em termos de utilização desta técnica, superado somente pelos Estados Unidos (HUGGINS; REGANOLD, 2008).

O sistema conhecido como plantio direto, consiste em fazer a semeadura em solo não preparado previamente, diferenciando dos outros sistemas pela menor intensidade de mobilização do solo, redução da frequência do tráfego de máquinas e pela manutenção dos resíduos vegetais (FURLANI et al., 2007).

O SPD surgiu com o intuito de melhorar o manejo do solo, sendo possível reduzir os processos erosivos e promover melhorias em diversos atributos do solo, principalmente pelo aumento do carbono (BAYER et al., 2002; DIECKOW et al., 2009).

A utilização da semeadura direta implica na manutenção dos resíduos culturais sobre o solo, visto que os resíduos podem influenciar o desempenho da operação de semeadura no posicionamento da semente no solo e condicionamento

do microclima ao redor da mesma, afetando a emergência de plântulas (CASÃO JÚNIOR et al., 1992).

Em contra partida a produção de fitomassa é imprescindível para o sistema, protegendo o solo contra a erosão, contribuindo para o aumento da matéria orgânica na camada superficial do solo e a melhoria da fertilidade minimizando os impactos ambientais (NOZAKI; VENDRÚSCOLO, 2010).

Entre as vantagens agronômicas desse sistema se tem o controle da erosão, aumento da água armazenada no solo, redução da oscilação térmica, maior atividade biológica e maior teor de matéria orgânica (IAC, 2009).

O SPD vem sendo utilizado com grande aceitação entre os produtores agrícolas, no entanto, em áreas onde este sistema está implantado há mais tempo, pode ocorrer compactação do solo superficial. Podendo levar a redução da eficiência produtiva das culturas, assim como perda da capacidade de trabalho dos tratores e máquinas de semeadura, pelo aumento na demanda de força e potência na barra de tração (CONTE, 2011).

Atualmente, uma das maiores preocupações no uso do solo se refere à compactação, advinda da aplicação de pressões ao solo, incapazes de serem suportadas pela sua estrutura, resultando em alteração da mesma com aumento de densidade e redução de espaço poroso (DEBIASI et al., 2008).

Na tentativa de reverter esse quadro utiliza-se o preparo de solo, que rompe a estrutura do solo pela ação mecânica dos componentes ativos das máquinas. No entanto, no SPD não se pode contar com essa alternativa, e o que resta como estratégia é o uso de semeadoras-adubadoras equipadas com hastes sulcadoras, capazes de fazer um preparo localizado na linha de semeadura (CONTE et al., 2009).

Para se realizar a semeadura em solo não mobilizado por preparos, faz se necessário uma semeadora com dispositivos capazes de cortar os resíduos presentes sobre o solo, a fim de evitar o embuchamento e o acúmulo dos mesmos, assim como fazer a mobilização necessária na linha de semeadura para proporcionar condições adequadas às sementes, favorecendo a emergência, e o desenvolvimento das plantas (ASAE, 2005).

Apesar de crescente o uso do sistema plantio direto, a falta de adequação das semeadoras-adubadoras no mecanismo de corte para palha, rompimento do solo para melhor distribuição de insumos e sementes, mecanismos de distribuição e regulagens, dificuldade à reposição de peças, são os entraves em relação ao uso de maquinários no plantio direto (PAVAN JUNIOR, 2006).

3 Semeadora- adubadora para plantio direto

A mecanização agrícola é um importante componente na maioria dos sistemas de produção agrícola. No entanto sua introdução sem qualquer adaptação na área, sobre diferentes tipos de solo, pode ocasionar rápida e contínua degradação dos recursos naturais (REIS et al., 2007).

No sistema plantio direto as semeadoras-adubadoras sofreram alterações em todo processo de fabricação, tornando-as robustas, pesadas e com órgãos ativos de ataque capazes de romper camadas compactadas de solo (SILVEIRA et al., 2013).

Segundo Garcia et al. (2006), é importante conhecer a capacidade da máquina, a fim de selecionar a potência e os equipamentos que desempenharão as operações agrícolas em tempo hábil, evitando custos adicionais com máquinas superdimensionadas, que são comuns em propriedades agrícolas. O desempenho de máquinas agrícolas é importante para a correta execução das operações, dentre elas, a semeadura direta (CORTEZ et al., 2005).

Segundo Mattar (2010) a utilização de máquinas e equipamentos tem como objetivo melhorar a capacidade operacional, facilitar o trabalho do homem, melhorando assim a produtividade.

Aratani et al. (2006), avaliando o desempenho e à qualidade da semeadora-adubadora tradicional e com modificações mecânicas do sistema de corte de palha e haste sulcadora, em solo muito argiloso sob grande quantidade de palha do milho, concluíram que o sistema modificado proporcionou menor número de paradas do conjunto trator-semeadora, em função de embuchamento.

Métodos alternativos de compactação do solo para aqueles tradicionalmente empregados, tem sido preconizados com o emprego de semeadoras equipadas com

haste e disco de corte para descompactação na linha de semeadura. Este sistema permite o aumento da porosidade, redução da densidade e da resistência mecânica a penetração no local específico, onde crescerão o sistema radicular da cultura com efeito satisfatório se a compactação estiver restrita a camada superficial. (DRESCHER et al., 2011).

Segundo Koakoski et al. (2007), a adoção de mecanismo rompedor de solo tipo haste em semeadoras-adubadoras de plantio direto pode ocasionar aumento de 24,3% na porosidade do solo. O uso da haste proporciona também, menores valores de resistência à penetração na linha de semeadura, especialmente na camada de 100 a 150 mm.

3.1 Mecanismo de corte e abertura do sulco

Segundo Arf et al. (2008) sugerem que para evitar danos à germinação e desenvolvimento radicular é necessário que as semeadoras–adubadoras tenham mecanismos eficientes de corte dos restos culturais e distribuição do fertilizante que proporcionem sua colocação em profundidade adequada.

Em geral, as semeadoras-adubadoras adotam o corte da palha associado à haste sulcadora ou pelo próprio disco duplo defasado. Nestes casos, o corte se dá contra o solo, podendo inserir parte da palha, acelerando sua decomposição e prejudicando o ambiente germinativo das sementes pelo menor contato solo-semente. Existe a possibilidade da reposição da palha sobre a linha de semeadura por mecanismos de retorno, também conhecidos como aterradores, sendo uma recomendação de manejo nas condições climáticas tropicais, devido à palha reduzir as perdas do conteúdo de água no sulco de semeadura, melhorando o percentual de emergência das plântulas (BRANDELERO, 2009).

A qualidade e a eficiência no corte da palha são elementos determinantes no processo de semeadura, em função da ocorrência de “embuchamentos” e de paradas, no afastamento da palhada ou mesmo no conhecido efeito do “envelopamento” da semente que ocasiona a deposição sobre a palha enterrada pelo mecanismo. (SANTOS et al., 2010).

Os mecanismos de abertura de sulco são elementos mecânicos utilizados em semeadoras, a maioria dos quais empregados para assegurar a deposição de sementes e adubos no solo em ótimas condições para uma boa germinação e desenvolvimento. Considerando que as condições para o desenvolvimento das culturas dependem do tipo de solo e teor de água, o projeto de mecanismos não pode ser limitado a um único tipo capaz de ser usado para qualquer situação, dessa forma existem vários mecanismos de abertura de sulco empregados em semeadoras de plantio direto (MION; BENEZ, 2008).

As hastes sulcadoras, segundo Siqueira e Casão Júnior (2004), são ferramentas que possuem ponteiros, cuja função é cortar e penetrar o solo, abrindo o sulco. O ângulo de ação e o tipo de hastes apresentam diferentes formas de penetração no solo, e variabilidade de profundidade. A utilização de hastes sulcadoras está condicionado ao uso de discos de corte frontal para evitar a ocorrência de embuchamentos, associadas ao uso de discos duplos para abertura do sulco e deposição das sementes. O desempenho dos sulcadores é influenciado principalmente pelo seu projeto, pelas propriedades e características do solo, tais como textura, densidade e resistência do solo à penetração.

Camilo et al. (2004) estudaram o efeito de dois mecanismos de abertura de sulco para a deposição de fertilizantes (haste escarificadora e disco duplo) em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO com 44,51% de umidade e observaram que nestas condições o uso do mecanismo rompedor do tipo haste proporcionou maior porcentagem de emergência de plântulas.

Segundo Bonini et al. (2008), a adaptação das máquinas tem proporcionado soluções para 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. Estes podem vir a afetar a uniformidade das sementes e emergência das plântulas, além de exigir maior potência das máquinas.

Os componentes de ataque ao solo incluem disco de corte de palha e sulcador para fertilizante, que podem ser de dois tipos: discos ou hastes, sendo que este último tem sido usado com mais frequência, pela maior capacidade de penetração no solo (MODOLO et al., 2005).

3.2 Uniformidade e distribuição de plantas

Uma condição fundamental para a germinação das sementes é o teor de água do solo. A semente tem que atingir a umidade suficiente para germinar e iniciar o crescimento radicular. Para isso, é necessário não apenas que o teor de água do solo seja adequado, mas também a relação solo-água-semente, que é diretamente influenciada pela operação de semeadura (REIS et al., 2006).

Estudos apontaram à uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade das culturas. Os parâmetros básicos utilizados para determinar a eficiência são: o coeficiente de variação geral de espaçamentos e a distribuição longitudinal de sementes, sendo eles a percentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos (KURACHI et al., 1989).

Um dos fatores da baixa produtividade está na dificuldade de se estabelecer a população ideal de plantas por ocasião da semeadura, em razão dos vários fatores que impedem a germinação normal de parte das sementes. Dentre os fatores que condicionam o meio ambiente do solo, a umidade, a temperatura e a aeração são primordiais para a germinação (NABI et al., 2000).

A distribuição desuniforme entre plantas é fator prejudicial para a produtividade da cultura do milho, em virtude da concorrência entre plantas pela interceptação da radiação solar (PALHARES, 2003).

3.3 Fatores que afetam o desempenho operacional

Fernandes et al. (2008), avaliando o consumo energético de operações agrícolas mecanizadas, concluíram que os sistemas com menos operações por hectare, obtiveram menor consumo de combustível, destacando a semeadura direta do preparo reduzido e convencional.

A mobilização na linha de semeadura por sulcadores do tipo haste reduziu a resistência mecânica do solo à penetração até a profundidade de 0,12 m. Estes mecanismos que equipam as semeadoras-adubadoras preparadas para operar em semeadura direta acabam requerendo mais potência, do que quando atuam sobre solo preparado, e com isso o conjunto todo se torna mais demandante em termos de potência e tração e conseqüentemente o consumo de combustíveis por área ou horário aumenta (VEIGA et al., 2007).

O uso do sistema de abertura de sulcos para deposição do adubo tipo haste sulcadora aumenta as exigências de força de tração, o consumo de combustível e o índice de patinagem, em relação ao sistema de abertura de sulcos do tipo discos duplos (SANTOS et al., 2008).

Porém, Seki et al. (2012) verificaram que a haste promove maior mobilização de solo. Esta maior capacidade de mobilização, quando em condições externas desfavoráveis e áreas heterogêneas pode estimular o bom desenvolvimento da cultura, e segundo Mello et al. (2003), promover um acréscimo de 11,3% na produtividade do milho. Koakoski et al. (2007) constataram essas mesmas informações para as variáveis de solo e demonstraram, ainda, que a pressão das rodas compactadoras melhora a eficiência de germinação, quando há uso de hastes sulcadoras.

Segundo Mion e Benez (2008) a haste apresentou maior mobilização do solo com menor requerimento de esforço horizontal, atingindo maiores profundidades de trabalho. O trabalho mostrou que a carga vertical influenciou a profundidade de trabalho dos mecanismos de abertura de sulco. Os mecanismos de abertura de sulco do tipo disco necessitam de maior força vertical para penetrar no solo.

Ao aplicar diferentes modelos de hastes na realização do sulco de plantio, nota-se, um incremento na demanda de tração do conjunto trator semeadora-

adubadora que muitas vezes foi evidenciado pela profundidade de atuação da haste. De acordo com Conte et al. (2008) 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.

A ineficiência em termos de mobilização pode ocorrer quando deseja-se fazer uma haste sulcadora estreita operar em maiores profundidades (GODWIN, 2007) e com isso além de elevar exponencialmente a demanda de potência, a mobilização de solo não se eleva proporcionalmente a profundidade de trabalho da haste.

No SPD onde utilizam-se hastes estreitas a profundidade crítica de trabalho pode ser obtida entre cinco e sete vezes a largura da ponteira da haste. As ponteiros de hastes sulcadoras empregadas são aproximadamente de 2,5 centímetros, o que levaria a atingir uma profundidade crítica a partir de 12,5 centímetros (CONTE et al., 2011).

A relação força de tração e grau de compactação pode ser modificada quanto ao uso de hastes com geometrias diferentes, ou mediante alteração da profundidade de atuação, esses são alguns dos fatores que influenciam diretamente na força de tração (CONTE et al., 2007). Concordando com os autores, Cepik et al. (2005) estudaram a força de tração em ARGISSOLO VERMELHO 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 que o friável e seco apresentou maiores esforços quando comparado com o solo úmido.

A utilização de haste sulcadora para deposição do adubo resume-se no fato romper melhor as camadas compactadas e também por trabalharem melhor em solos mais argilosos, diminuindo as perdas de tempo e insumos. O aumento da profundidade de atuação das hastes sulcadoras, é uma medida que também pode estimular o desenvolvimento radicular e reduzir os efeitos da compactação sobre a produtividade do milho (CONTE et al., 2009). O mecanismo de abertura de sulco do tipo haste, comparadas ao uso do disco duplo, pode favorecer o aumento da produtividade de grãos (KANEKO et al., 2010).

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP/Jaboticabal, no Estado de São Paulo, no período de novembro de 2011 a abril de 2012, localizada nas coordenadas geodésicas 21°14'54" latitude Sul e 48°16'51" longitude Oeste, com altitude média de 560 metros e declividade média de 4%. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (ANDREOLI; CENTURION, 1999).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual em torno de 22°C. A amplitude térmica anual, com temperatura média no mês mais frio em torno de 18°C e a temperatura mais quente em torno de 32°C. Esta região apresenta precipitação pluviométrica média anual de 1424 mm. A precipitação e a temperatura ambiente durante o período do experimento é representada pela Figura 1.

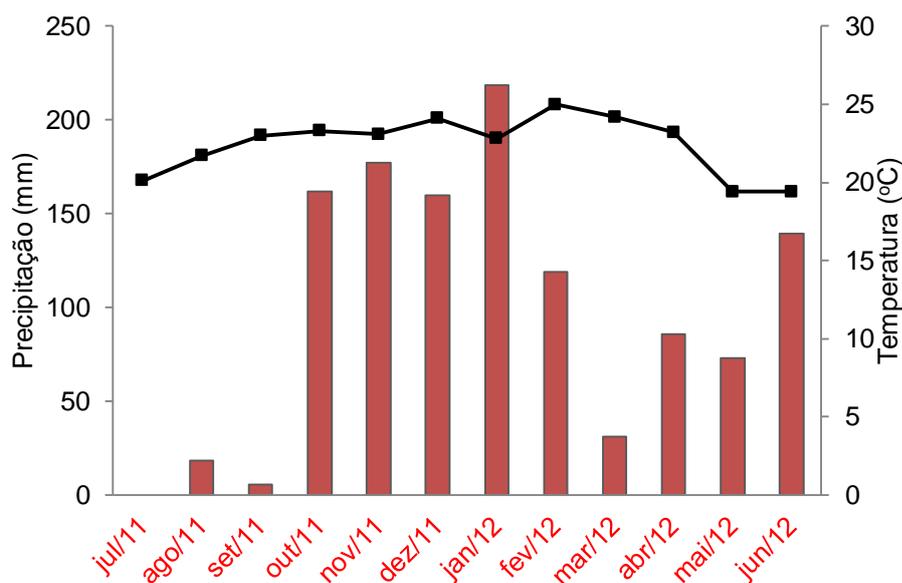


Figura 1. Dados meteorológicos da temperatura média e da precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura do milho no período de 2011/12. Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal.

2 Análise granulométrica e química do solo

As análises granulométrica (Tabela 1) e química do solo (Tabela 2) foram amostradas na profundidade de 0,0 a 0,20 m, realizadas antes da implantação do experimento.

Tabela 1. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em Jaboticabal, SP.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia		Classe Textural
			Fina	Grossa	
(g kg ⁻¹)					
0,0 - 0,20	481	291	116	112	Argiloso

Tabela 2. Análise química da área experimental na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em Jaboticabal, SP.

Profundidade	pH	M.O	P.resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
(m)	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						(%)
0,0 - 0,20	5,6	24	48	3,3	47	24	25	74,3	99,3	75

* M.O: matéria orgânica; SB: soma de bases; T: CTC; V: saturação por bases

3 Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com seis tratamentos em esquema fatorial 2x3 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de hastes sulcadoras (Figura 2), a três profundidades de trabalho teóricas (80; 125 e 150 mm).

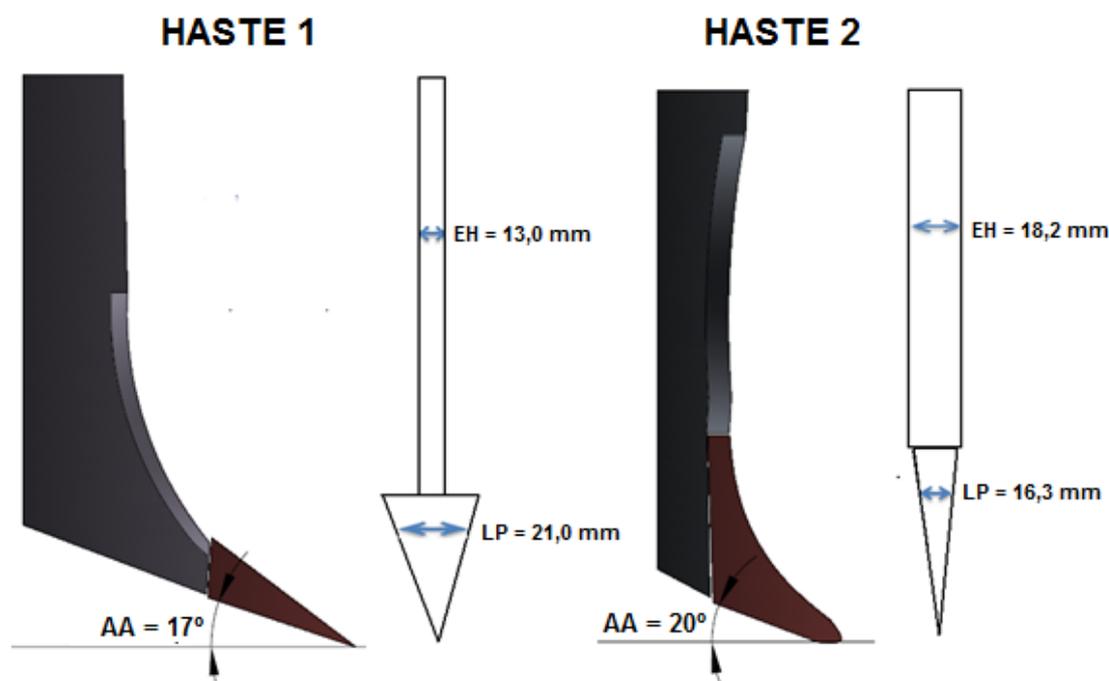


Figura 2. Desenho e dimensões das hastes sulcadoras de adubo. EH: espessura da haste; LP: largura da ponteira; AA: ângulo de ataque da haste sulcadora.

A área útil de cada parcela foi de 100 m² (25 x 4 m) constituídas de 4 fileiras de milho espaçadas a 0,90 m. Entre as parcelas foram deixados 15 m, destinados a manobra do conjunto trator semeadora-adubadora, perfazendo um total de 24 parcelas (Figura 3).

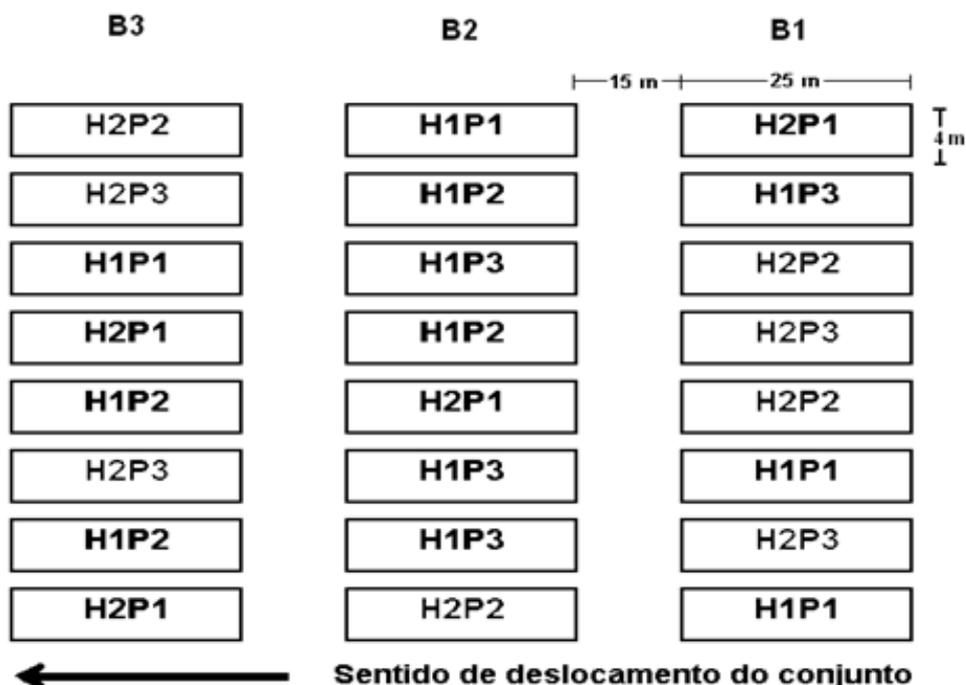


Figura 3. Croqui da área experimental, distribuição das parcelas no campo.

Em que:

- H1 – Haste 1 ;
- H2 – Haste 2 ;
- P1 – Profundidade 80 mm ;
- P2 – Profundidade 125 mm e ;
- P3 – Profundidade 150 mm.

A cultura do milho foi implantada em área com Sistema Plantio Direto a 7 anos, sob palhada do consórcio do milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Uruclbas*. As sementes utilizadas foram do híbrido simples BG 7049 precoce, da empresa Pioneer®, com adubação de 330 kg ha⁻¹ (NPK 8-20-20) de acordo com a recomendação para a cultura (RAIJ et al., 1997).

4 Caracterização do conjunto trator semeadora-adubadora

Foi utilizado um trator da marca Valtra, modelo BM 125i (Figura 4), 4x2 TDA, com potência máxima no motor de 91,9 kW (125 cv) a 2300 rpm, com pneus dianteiros 14.9 - 26 R1, 6 lonas, com pressão de insuflagem de 137,9 kPa (20 psi); e traseiros 23.1 - 30 R1, 12 lonas, com pressão de insuflagem de 165,5 kPa (24 psi). A bitola dianteira e traseira é de 1,85 m.



Figura 4. Trator Valtra utilizado no experimento de campo.

O trator possui massa de 6.454 kg, distribuídas com 42% no eixo dianteiro e 58% no traseiro, com 51,6 kg cv⁻¹ (relação massa/potência). Estava lastrado com água até 75% nos pneus dianteiros e traseiros, e elementos metálicos, sendo 5 elos frontais com massa de 35 kg e mais 6 elos com massa de 37,5 kg para os pneus dianteiros, e 5 anéis laterais com massa de 70 kg em cada pneu traseiro, acoplados no centro da roda. O conjunto trator semeadora-adubadora trabalhou na marcha 2^aL a 2100 rpm com velocidade média de 4,0 km h⁻¹.

Para a operação de semeadura foi utilizada uma semeadora-adubadora de marca Jumil, modelo JM3060PD, com disco horizontal mecânico para distribuição de sementes; pneus 6.50-16, 10 lonas; marcador de linha hidráulico; depósito de adubo

com dosador fertisystem; disco de corte liso de 17"; unidade adubadora por linha; hastes sulcadoras; uma unidade semeadora pantográfica; controlador de profundidade com bandas paralelas; discos duplos para sementes, com profundidade de deposição regulada para 3,0 cm; e conjunto compactador flutuante "V"; operando com 4 fileiras de semeadura; espaçamento entre fileiras de 0,90 m, com largura útil de 3,6 m e massa de 3000 kg (Figura 5).



Figura 5. Semeadora-adubadora utilizado no experimento de campo.

5. Aquisição de dados

Para realizar a aquisição e armazenamento dos dados referentes a velocidade de deslocamento, consumo de combustível e força de tração, foi utilizado um sistema composto pelo Datalogger CR23X da Campbell Scientific Inc (Figura 6).



Figura 6. Datalogger CR23X.

6 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora

6.1 Velocidade de deslocamento e capacidade de campo operacional

A velocidade real de deslocamento do conjunto trator semeadora-adubadora foi mensurada por meio de radar marca Dickey John, modelo RVS II, (Figura 7), instalado na lateral direita do trator, disposto em ângulo de 45° com a horizontal, à frequência de 1 Hz. Considerou-se como velocidade real de deslocamento, a média obtida pelos dados do radar no momento em que o trator estava em operação na parcela experimental. Os valores de velocidade foram obtidos em m h^{-1} e convertidos para km h^{-1} .



Figura 7. Radar alinhado com ângulo de 45° em relação ao solo.

A capacidade de campo operacional (Cco) foi obtida em função da largura de trabalho da semeadora-adubadora, da velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora-adubadora e da eficiência da operação, a qual foi adotada 75% (Equação 1):

$$Cco = \left(\frac{v \times Le}{10} \right) \times e \quad (1)$$

Em que:

Cco = capacidade de campo operacional ($ha\ h^{-1}$);

v = velocidade real de deslocamento do conjunto ($km\ h^{-1}$);

Le = largura útil de trabalho (m);

e = eficiência (decimal); e

10 = fator de conversão de unidades.

6.2 Determinação da Patinagem dos rodados motrizes dianteiros e traseiros

A patinagem dos rodados dianteiros e traseiros foi determinada da seguinte forma:

1. Numeraram-se com giz as garras dos pneus dos rodados dianteiros e traseiros do trator;
2. Com o conjunto em movimento, observou-se qual garra tocou o solo na estaca de entrada da parcela, o número de voltas realizadas pelo pneu, e a garra que tocou o solo na estaca de saída da parcela.
3. Com isso, determinou-se o número total de voltas e a fração de volta do pneu;
4. Assim, a patinagem foi determinada pela (Equação 2):

$$P = \frac{(Tv \times p) - c}{c} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

P = Patinagem (%);

Tv = Total de voltas do pneu;

p = Perímetro do pneu (m); e

c = comprimento da parcela (m).

6.3 Força e potência na barra de tração

A força requerida na barra de tração (FT) foi medida utilizando-se uma célula de carga M. Shimizu, modelo TF 400, com capacidade de 100 kN e precisão de ± 1 N, instalada em um berço sobre a barra de tração do trator e o cabeçalho da semeadora-adubadora (Figura 8).



Figura 8. Célula de carga com capacidade para 100 kN utilizada para determinação da força na barra de tração.

As aquisições foram realizadas a cada segundo, sendo os dados obtidos em kgf e convertidos para kN. De posse dos dados, calculou-se o valor médio da força de tração de cada parcela experimental. A força de tração pico foi representada pelo maior valor obtido na parcela. O cálculo da demanda de potência média (kW) e pico na barra de tração foi determinado pelo produto da força média (kN) , pico e velocidade de deslocamento ($m s^{-1}$) em cada parcela.

6.4 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi determinado em todas as parcelas experimentais em unidade de volume (mL), por meio da diferença entre os volumes de combustível medidos antes da bomba injetora e no retorno, obtendo-se o volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso. O sistema consiste em dois conjuntos (Figura 9), um para a alimentação da bomba injetora e o outro de retorno. Cada conjunto contém um medidor de fluxo, marca Oval M – III, modelo LSF41, com precisão de 1% sobre a vazão nominal, e vazão máxima de $100 L h^{-1}$, e um sensor de temperatura do tipo resistivo, modelo PT 100, (resistência de 100 ohms a $0^{\circ}C$).

Os valores de fluxo de combustível foram obtidos em mL, determinando o consumo horário e operacional por volume de solo trabalhado.



Figura 9. Medidor de consumo de combustível Oval M – III, modelo LSF41.

6.5 Consumo horário de combustível

Com base no volume consumido e no tempo de percurso em cada parcela, foi determinado o consumo horário de combustível (Equação 3):

$$Ch = \left(\frac{Va - Vr}{t} \right) \times 3,6 \quad (3)$$

Em que:

Ch = consumo horário de combustível ($L h^{-1}$);

Va = volume de alimentação de combustível na entrada da bomba injetora (mL);

Vr = volume total retornado dos bicos e da bomba injetora (mL);

t = tempo de percurso na parcela(s); e

3,6 = fator de conversão.

6.6 Consumo operacional de combustível

O consumo operacional de combustível foi calculado com base no consumo horário e na capacidade de campo operacional, sendo expresso em $L ha^{-1}$ (Equação 4):

$$Co = \frac{Ch}{Cco} \quad (4)$$

Em que:

Co = consumo de combustível operacional ($L ha^{-1}$);

Ch = consumo horário de combustível ($L h^{-1}$); e

Cco = capacidade de campo operacional ($ha h^{-1}$).

7 Teor de água no solo

Para a determinação do teor de água no solo foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade. Utilizou-se para a coleta das amostras trado holandês, sendo o solo acondicionado em recipientes de alumínio e colocado à estufa a $105^{\circ}C$ até massa constante, de acordo com o método gravimétrico descrito pela Embrapa (1997). Para cálculo foi utilizada a (Equação 5).

Os resultados do teor de água do solo no momento da semeadura na camada de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m foram 23,6% e 23,8% de umidade, respectivamente.

$$U = \frac{(UM - MS)}{(MS - Ta)} \cdot 100 \quad (5)$$

Em que:

U = umidade no solo (%);

UM = massa úmida (g);

MS = massa seca (g); e

Ta = peso do anel volumétrico (g).

8. Determinação da Resistência mecânica do solo à penetração

Para as medições da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) foi utilizado penetrômetro eletrônico acoplado ao quadriciclo (TOLEDO et al., 2009), o qual foi desenvolvido pela empresa DLG Automação Industrial Ltda (RIBEIRO, 2010). O penetrômetro modelo PNT-2000/MOTOR possui entrada para GPS e é constituído de célula de carga com capacidade nominal de 150 kgf (1.500 N) para medição da força normal de penetração da haste (Figura 10).

Em cada parcela experimental, três dias antes da semeadura, foram coletadas cinco amostras de RMSP para caracterização da área, em pontos aleatórios da parcela, até a profundidade de 0,30 m, para determinação do índice de cone (IC), a cada intervalo de profundidade de 0,10 m. Sendo encontrados valores de Índice de Cone (IC) de 1,47, 2,81 e 3,29 MPa nas camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2 e de 0,2-0,3 m, com o teor médio de água de 25,56; 25,64 e 26,21%, respectivamente.



Figura 10. Penetrômetro eletrônico acoplado a um quadriciclo.

9 Mobilização do solo

9.1 Largura do sulco, profundidade real e área mobilizada

Após a passagem da semeadora-adubadora realizou-se a retirada manual do solo mobilizado no sulco, sendo possível modelar o mesmo. As variáveis avaliadas foram:

- **Largura e profundidade do sulco:** estas avaliações foram realizadas com perfilômetro constituído de 45 varetas, espaçadas de 0,01m e altura máxima de 0,3 m (MAHL, 2002). Ao fundo do equipamento colocou-se um quadro com papel A4 com linhas na horizontal espaçadas de 0,005 m para facilitar a leitura, sendo a mesma analisada por imagens fotográficas, com quatro repetições por parcela experimental nas duas linhas centrais (Figura 11). O posicionamento da extremidade superior das varetas copia a forma geométrica do sulco, podendo-se então realizar as leituras. A largura foi definida da primeira até a última vareta a qual, ao caírem no solo, apresentaram medidas distintas. A profundidade real máxima foi definida pela média das três varetas que apresentaram maior medida na região central do sulco.
- **Área mobilizada do sulco:** após as leituras das imagens fotográficas os dados foram lançados em uma planilha eletrônica do programa Microsoft Excel®, em que se obteve a área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora, em cm^2 , resultante da integral da regra do trapézio (RUGGIERO; LOPES, 1996), de acordo com a (Equação 6):

$$\int = \frac{h}{2} \{f(x_0) + 2[f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{m-1})] + f(x_m)\} \quad (6)$$

em que:

- ∫ = integral numérica para área mobilização do solo;
- h = distância entre as varetas do perfilômetro (1 cm); e
- f(x) = valor das leituras das varetas (cm).



Figura 11. Perfilômetro de varetas para determinar a mobilização do solo.

9.2 Força e potência específica por área mobilizada

A força e potência específica ($N\ cm^{-2}$) por área mobilizada correspondem à relação entre o requerimento de força e potência média demandada pela semeadora, e a área do solo mobilizada pelas hastes sulcadoras.

10 Desenvolvimento da cultura

10.1 Número médio de dias para emergência das plântulas

Avaliou-se o número médio de dias para a emergência das plântulas de milho, com a contagem diária, considerando-se qualquer parte das plântulas visíveis sob o solo, até a estabilização, em três metros nas duas fileiras centrais de cada parcela, calculado de acordo com a equação (7) de (EDMOND; DRAPALA, 1958).

$$NDE = \frac{[(N1.G1) + (N2.G2) + \dots + (Nn.Gn)]}{(G1 + G2 + \dots + Gn)} \quad (8)$$

Em que:

NDE = Número médio de dias para emergência das plântulas de milho;

N1 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G1 = Número de plantas emergidas na primeira contagem;

N2 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

G2 = Número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

Nn = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas; e

Gn = Número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.

10.2 Distribuição longitudinal das plântulas

A distribuição longitudinal entre as plântulas na fileira de semeadura foi determinada mediante a mensuração da distância entre todas as plântulas existentes numa faixa de três metros, em duas fileiras centrais de cada parcela, sendo o espaçamento entre plântulas medido com régua graduada.

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

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

10.3 Estande inicial de plantas

Considerou-se como população inicial o número de plântulas resultante no último dia da avaliação do número médio de dias para emergência, após a estabilização das plântulas, os valores foram convertidos em plantas por hectare.

10.4 Altura de plantas, diâmetro do colmo e altura da inserção da espiga

Para a variável altura de plantas, mediu-se com uma trena graduada em milímetros do nível do solo até o ponto de inserção da folha bandeira, enquanto que o diâmetro do colmo foi obtido com o uso de paquímetro digital com precisão de 0,1 mm, foram realizadas duas medições em diferentes épocas durante o ciclo da cultura 90 e 120 dias. Obteve-se o diâmetro médio do colmo, devido ao seu formato elíptico, por meio da medição do maior e menor diâmetro, no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias.

Avaliou-se a altura de inserção da espiga viável com o uso de trena graduada em milímetros, medindo-se do nível do solo até o ponto de inserção da espiga. A altura das plantas, diâmetro do colmo e altura da inserção da espiga foram obtidos no mesmo local da contagem do número médio de dias para emergência, em 5 plantas seguidas nas duas fileiras centrais da parcela (5 plantas por fileira).

10.5 Estande final de plantas

A população final foi obtida no mesmo local da contagem do número médio de dias para emergência, contando-se as plantas dos três metros de cada fileira, das duas fileiras centrais de cada parcela no dia da colheita. Esses valores foram convertidos em plantas por hectare.

10.6 Produtividade de grãos e matéria seca da parte aérea do milho

Para a variável produtividade dos grãos, foram colhidas manualmente as espigas em três metros de cada fileira, nas duas fileiras centrais de cada parcela, após o momento em que a cultura atingiu o ponto de maturação fisiológica e umidade próxima de 18%. As espigas foram trilhadas em uma máquina estacionária e determinou-se a massa de grãos, corrigida para 13% de teor de água. Os valores obtidos foram transformados em kg ha^{-1} .

A massa de matéria seca foi determinada, após a colheita, recolhendo-se todo o material vegetal encontrado dentro de uma armação metálica de lados iguais ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) com uma área de $0,25 \text{ m}^2$. A armação foi lançada ao acaso em cada parcela, o material foi separado e seco em estufa a 65°C por um período de 72 horas, depois de seco esse material foi pesado separadamente em balança digital e transformados em kg ha^{-1} .

10.7 Avaliações na espiga

No momento da colheita foram coletadas 5 espigas aleatoriamente, entre as coletadas para produtividade em cada parcela. Avaliou-se: massa da espiga com palha, sem palha, comprimento e diâmetro da espiga sem palha com auxílio do paquímetro digital, número de fileiras e número de grãos na fileira da espiga e massa de 100 grãos (BRASIL, 2009).

11 Análise estatística

A averiguação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Anderson-Darling utilizando o programa (MINITAB, 2003), e quando assimétricos foi aplicado transformação $\text{Log}(x)$. As análises dos resultados foram processadas com o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), realizando-se a análise de

variância e aplicando o teste F e, quando houve significância, o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável área mobilizada houve diferença tanto para o fator haste como profundidade (Tabela 3). A haste 1 apresentou maior mobilização do solo, 29,8% superior em relação à haste 2, o que pode ser explicado, primeiro, pelo menor ângulo de ataque, o qual proporciona melhor mobilização vertical (de baixo para cima) e segundo pela maior largura da ponteira 28,8% sendo que este aumento praticamente se equivale com o aumento da área mobilizada.

Tabela 3. Síntese da análise de variância e teste de médias para área mobilizada, profundidade real e largura do sulco, e patinagem dos rodados motrizes dianteiros e traseiros.

Tratamentos	Sulco			Patinagem	
	Área mobilizada (cm ²)	Profundidade Real (cm)	Largura (cm)	Dianteira (%)	Traseira (%)
Hastes (H)					
1	195,79 a	12,00 a	25,54	7,44 b	3,32 a
2	151,95 b	11,21 b	24,10	10,33 a	3,48 a
Profund. (P)					
80 mm	113,09 c	9,01 c	22,59	7,60 a	2,26 b
125 mm	159,56 b	10,85 b	24,31	7,98 a	3,80ab
150 mm	247,46 a	14,86 a	27,37	11,42 a	4,10 a
Teste F					
H	14,04*	6,28*	5,02*	4,76*	0,08 ^{NS}
P	43,38*	73,75*	18,82*	2,29 ^{NS}	4,40*
H x P	0,03 ^{NS}	6,80 ^{NS}	5,43*	0,35 ^{NS}	0,03 ^{NS}
C.V. (%)	16,90	3,48	6,38	16,48	39,62

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Quanto às profundidades testadas, às mesmas diferiram entre si, correspondendo um aumento da área mobilizada conforme aprofundava-se as hastes, sendo que a profundidade de 125 e 150 mm foram 42% e 119% superiores a primeira profundidade. Verifica-se que a largura da ponteira tem influência direta no rompimento vertical do solo.

A haste 1 alcançou profundidade maior que a haste 2, provavelmente devido ao fato da primeira apresentar menor ângulo de ataque, o que proporciona melhor sucção vertical no solo. Quanto às profundidades testadas às mesmas apresentaram diferença significativa como esperado, porém, diferente da regulagem da máquina, esse fato demonstra que, a regulagem efetuada na máquina será diferente em função do tipo e umidade do solo. Neste sentido, Silveira et al. (2011), verificaram que as hastes sulcadoras tendem a se aproximar da superfície, mesmo quando ajustados para colocar o fertilizante a profundidades predeterminadas.

A variável largura apresentou interação significativa, sendo apresentado seu desdobramento na (Tabela 4). Observou-se que para haste 1 a largura do sulco foi maior para as profundidades 125 e 150 mm e na haste 2 foi apenas na profundidade de 150 mm, isso é explicado pela maior largura da ponteira da haste 1. A ponteira da haste tem a função de mobilização vertical do solo, dessa forma sua largura é a responsável direta para esse efeito, diante desse fato, a haste 2 não conseguiu mobilizar adequadamente na profundidade intermediária. Isso pode ser comprovado pela diferença significativa na profundidade de 125 mm, onde a haste 1 obteve maior largura de corte em relação à haste 2.

Tabela 4. Desdobramento da variável largura.

Profundidade (mm)	Largura (cm)	
	Haste 1	Haste 2
80	23,25 Ba	21,94 Ba
125	26,44 Aa	22,19 Bb
150	27,42 Aa	27,35 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A patinação dos rodados dianteiros foi maior para a haste 2, mesmo com diferenças para largura, profundidade e área mobilizada maiores para a haste 1 (Tabela 3), a diferença na patinação pode ter sido influenciada por outros fatores, como solo, teor de água ou ainda resíduos vegetais na superfície, sendo que visualmente observou-se a desuniformidade de cobertura. A patinação é maior à medida que aumenta a quantidade de resíduos sobre o solo, efeito que pode ser atribuído ao contato deficiente do pneu com o solo.

Os valores de patinagem ficaram dentro do limite aceitável para tratores 4 x 2 com TDA. Segundo ASAE (1989) recomenda, para obtenção de máxima eficiência de tração, patinagem de $0,08$ a $0,10 \text{ mm}^{-1}$ em solos não mobilizados.

Quanto às profundidades não houve diferença significativa para as dianteiras com o aumento da mesma, porém na profundidade 150 mm foi excedido o recomendado pelo ASAE, mostrando que quanto maior a profundidade de atuação das hastes, maior a patinagem. Para a patinagem traseira na profundidade 80 e 150 mm se diferiram entre si, porém na intermediária não ocorreu significância entre as mesmas. Segundo Cepik et al. (2010) a patinagem dos rodados do trator, avaliada na operação de semeadura com três linhas, apresentou diferenças significativas somente na maior profundidade de atuação das hastes.

Na Figura 12 encontra-se o perfil de solo comparando os 2 tipos de hastes sulcadoras, a profundidade regulada de 80 mm. Nota-se que ambas as hastes sulcadoras aprofundaram mais do que o esperado, e apresentaram mobilização do solo semelhante, diferenciando na camada superficial. Possivelmente esta diferença ao tocar a haste no solo se deve ao ângulo de ataque, onde a haste 1 apresentou mobilização vertical do solo, e a haste 2 por apresentar maior espessura da haste mobilizou o solo na horizontal.

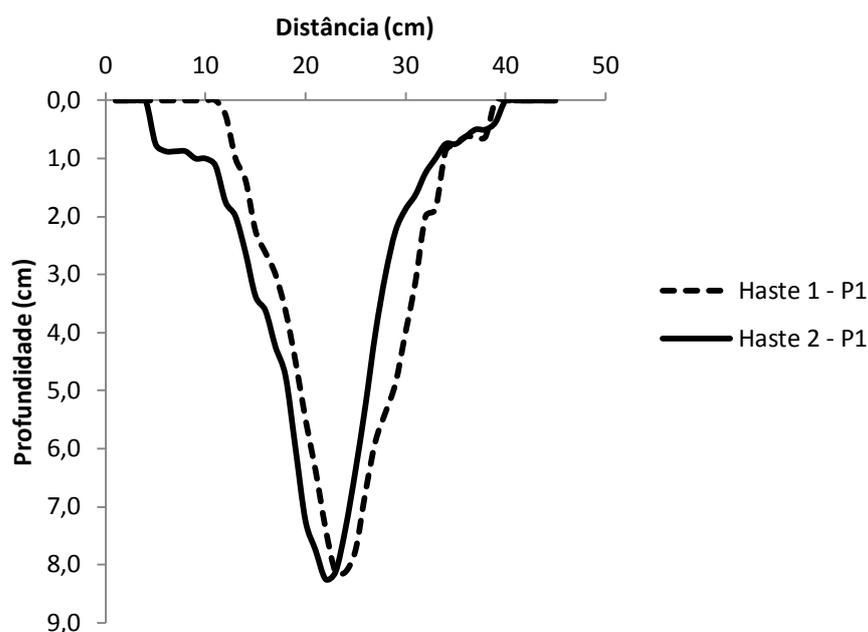


Figura 12. Perfil do solo das hastes sulcadoras na profundidade 80 mm.

Na Figura 13 encontra-se o perfil do solo comparando as hastes sulcadoras, em relação à profundidade regulada de 125 mm. A haste 1 conseguiu mobilizar o solo de maneira mais adequada, atingindo maior profundidade em relação à haste 2. Observa-se que o perfil do solo da haste 2 houve uma diminuição do ângulo de ruptura, podendo desta forma não romper a camada que oferece limitação no desenvolvimento do sistema radicular da cultura do milho.

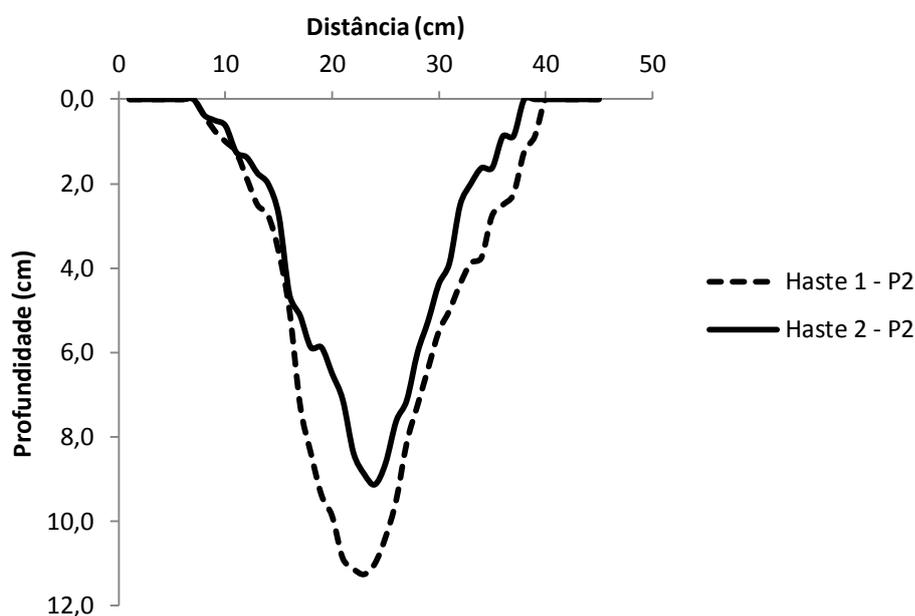


Figura 13. Perfil do solo das hastes sulcadoras a 125 mm de profundidade.

Na Figura 14 encontra-se o perfil do solo, comparando às hastes sulcadoras a profundidade maior de trabalho. Observando que as hastes conseguiram mobilizar o solo de acordo com a regulagem da profundidade de 150 mm. Os perfis de solo são semelhantes, mostrando a não interferência dos fatores em estudo.

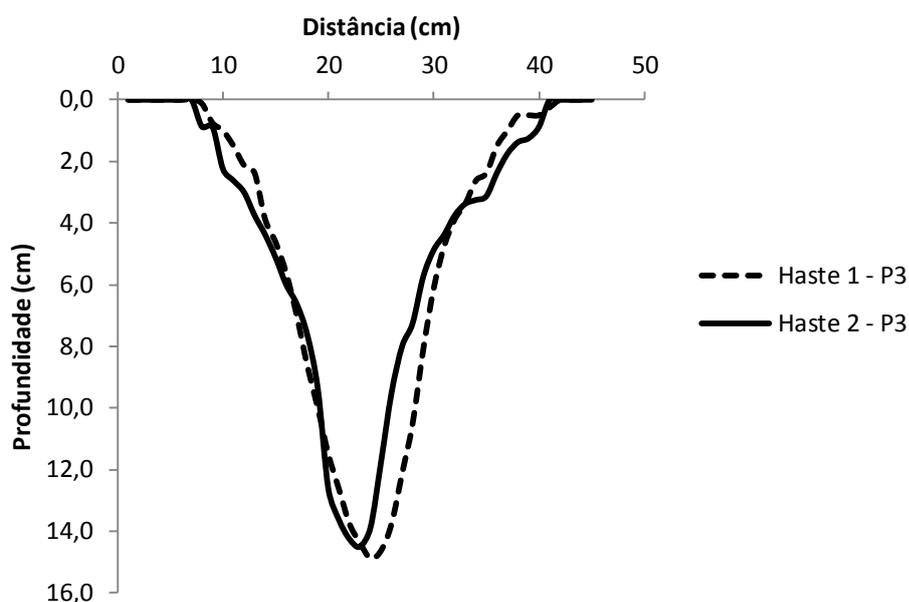


Figura 14. Perfil do solo das hastas sulcadoras a 150 mm de profundidade.

Os resultados do desempenho do conjunto trator semeadora-adubadora, mostraram que houve diferença tanto para o fator haste e profundidade, não havendo interação entre os mesmos (Tabela 5). Quanto à força de tração média e pico requerida pela haste, observou-se que a haste 1 exigiu uma menor força quando comparado com a haste 2, e conforme aumentava a profundidade de trabalho maior a exigência de força na barra de tração.

Nota-se que a haste 2 apesar de demandar maior força teve menos área mobilizada no sulco de semeadura, podendo ser explicado pela mobilização do solo que foi frontal (horizontal) resultando em maior resistência do solo. Dessa forma, Palma et al. (2010) trabalhando a quatro profundidades de trabalho da haste (100, 150, 200 e 250 mm) observaram, quando a ponteira da haste sulcadora trabalha nas camadas mais resistentes, se tem maior demanda de força de tração do que ao trabalhar com a ponteira ligeiramente abaixo dessas camadas, que oferecem maior resistência mecânica do solo a penetração. Explica-se esse fator, devido ao ângulo de ataque que o mecanismo sulcador tem em relação ao solo.

Os valores encontrados de força média por linha (força média pelo número de linhas) variam 4,12 a 4,50 kN e força pico entre 4,71 a 5,30 kN. Valores superiores aos indicados pela ASAE (2003), podendo chegar a 3,5 kN por linha, em função do

tipo de solo, leito de semeadura e número de linhas, ressaltando que o solo neste estudo esta em sistema plantio direto. Silveira et al. (2011) encontraram valores inferiores (2,61 kN), quando trabalharam com velocidade de 3,5 km h⁻¹ e profundidade do sulco de (110 mm).

Os resultados obtidos para a força específica foram semelhantes aos discutidos para a força de tração quanto ao comportamento das hastes sulcadoras. A força de tração específica para haste 2 foi maior (próximo de 50%) superior a haste 1. Fato esse relacionado, principalmente ao ângulo de ataque, sendo que o menor ângulo possibilita a mobilização do solo para cima, enquanto que, o maior ângulo acarreta em mobilização frontal, demandando assim maior força. Outro ponto que colaborou para tal resultado foi a maior espessura da haste 2, que acarretou maior demanda de força na barra.

Tabela 5. Síntese da análise de variância e teste de médias para força de tração média, pico e específica na barra de tração e velocidade do conjunto trator semeadora-adubadora.

Tratamentos	Força de tração			Velocidade (km/h)
	Média (kN)	Pico (kN)	Específica (N cm ⁻²)	
Hastes (H)				
1	16,47 b	18,84 b	87,62 b	4,30 a
2	17,93 a	21,29 a	128,65 a	4,33 a
Profundidades (P)				
80 mm	13,32 c	16,24 c	125,61 a	4,22 a
125 mm	16,51 b	19,36 b	108,73 ab	4,34 a
150 mm	21,76 a	24,59 a	90,06 b	4,35 a
Teste F				
H	6,62*	7,45*	32,6*	0,02 ^{NS}
P	74,95*	29,36*	8,19*	1,67 ^{NS}
H x P	0,06 ^{NS}	0,29 ^{NS}	2,45 ^{NS}	2,7 ^{NS}
C.V. (%)	8,11	10,98	16,25	3,79

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

A força de tração específica diminuiu da menor para maior profundidade de trabalho, a intermediária não diferiu das mesmas, não havendo interação significativa entre os fatores. Sabendo-se que a condição ideal seria que a haste rompesse o solo em ângulo de 45° , observou-se que, à medida que se aprofunda a haste, esse ângulo de ruptura diminuiu, apresentando menor força de tração específica. Esse fato mostra que ao trabalhar com a haste sulcadora e a mesma não aprofundar de forma correta, pode-se tornar as paredes do sulco espelhadas (compactação), diminuindo a área de exploração das raízes (Figura 15).

A velocidade média na operação de semeadura direta do milho não foi influenciada pelos fatores em estudo, ou seja, o aumento da profundidade de atuação das hastes não altera a capacidade de campo operacional, demonstrando que o trator estava adequadamente dimensionado para a operação.



Figura 15. Parede do sulco espelhada, e o desenvolvimento da raiz no sentido horizontal.

Para a variável potência média e pico na barra de tração observou-se diferença para os tratamentos, porém não havendo interação entre os mesmos (Tabela 6). A haste 2 apresentou maior demanda de potência média e pico requerida na barra de tração. Para as profundidades testadas, quanto mais se aprofundavam as hastes maiores as exigências de potência média e pico, dados similares aos da força de tração, pois, o parâmetro potência na barra é função da força na barra de tração e da velocidade operacional (SALVADOR et al., 2009).

Tabela 6. Síntese da análise de variância e o teste de médias para potência média, pico e específica na barra de tração na operação de semeadura direta do milho.

Tratamentos	Potência		
	Média (kW)	Pico (kW)	Específica (W cm ⁻²)
Hastes (H)			
1	19,64 b	22,48 b	104,74 b
2	21,30 a	25,31 a	154,23 a
Profundidade (P)			
80 mm	16,08 c	19,58 c	151,42 a
125 mm	19,91 b	23,35 b	131,67 ab
150 mm	25,44 a	28,75 a	105,37 b
Teste F			
H	7,17*	7,50*	30,23*
P	76,10*	26,51*	8,78*
H x P	0,46 ^{NS}	0,35 ^{NS}	2,50 ^{NS}
C.V. (%)	7,45	10,6	17,03

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Possivelmente o comportamento distinto das hastes é devido a diferenças construtivas, tais como espessura da ponteira e espessura da haste. Observa-se que a potência na barra de tração aumentou respectivamente 58% quando a profundidade de trabalho variou de 80 a 150 mm. Quanto à potência específica a haste 2 teve um acréscimo de 47% de exigência, e para o fator profundidade um decréscimo de 30% de potência específica, quando se compara a menor com a maior profundidade, porém a intermediária não diferiu das mesmas, não havendo interação entre os fatores.

Na Tabela 7 quanto à capacidade de campo operacional não houve diferença nos fatores em estudo, por ser função direta da velocidade de operação, sendo que não ocorreu significância de deslocamento neste trabalho. Para o consumo horário e operacional houve diferença no fator profundidade de trabalho. Conforme aumentava a profundidade de trabalho, maior o consumo de combustível horário e operacional, fato este explicado anteriormente pelo aumento da demanda de força e potência na barra de tração.

Tabela 7. Valores da análise de variância e o teste de médias para capacidade de campo operacional (CCo), consumo horário e operacional.

Tratamentos	CCo (ha h ⁻¹)	Consumo	
		Horário (L h ⁻¹)	Operacional (L ha ⁻¹)
Hastes (H)			
1	1,16 a	8,74 a	7,53 a
2	1,16 a	9,11 a	7,94 a
Profundidade (P)			
80 mm	1,17 a	7,91 c	6,85 c
125 mm	1,17 a	8,81 b	7,52 b
150 mm	1,14 a	10,03 a	8,83 a
Teste F			
H	0,05 ^{NS}	2,55 ^{NS}	4,29 ^{NS}
P	1,40 ^{NS}	30,30*	35,03*
H x P	2,55 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,11 ^{NS}
C.V. (%)	3,79	6,14	6,23

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Na Tabela 8 o número médio de dias para emergência de plântulas (NMDE), apresentou significância para o fator profundidade de trabalho, sendo que a menor profundidade observou-se maior dificuldade de germinação e emergência possivelmente à deposição do adubo mais próximo da semente, quando comparado com as demais profundidades. Dados que diferem do trabalho de Silva (2013), que trabalhando no mesmo local não obteve significância quanto às profundidades testadas.

Quanto à distribuição longitudinal não houve significância entre os fatores testados. O mecanismo dosador de sementes da semeadora-adubadora apresentou distribuição regular, mostrando resultados em torno de 60% nos tratamentos.

Os resultados de Melo et al. (2013), foram inferiores para semeadora mecânica sendo 42,2 e 52,7% dos espaçamentos apresentaram regularidade durante o processo de distribuição das sementes para a velocidade de 4 e 7 km h⁻¹, respectivamente.

Tabela 8. Análise de variância e teste de médias para o número médio de dias para emergência (NMDE), espaçamentos normais, falhos e duplos (distribuição longitudinal), das plântulas de milho.

Tratamentos	NMDE	Distribuição longitudinal		
		Normais (%)	Falhos (%)	Duplos (%)
Hastes (H)				
1	5,12 a	60 a	20 a	20 a
2	5,17 a	60 a	21 a	19 a
Profundidade(P)				
80 mm	5,37 a	58 a	19 a	23 a
125 mm	5,06 b	57 a	18 a	19 a
150 mm	5,00 b	65 a	18 a	17 a
Teste F				
H	0,27 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,19 ^{NS}
P	8,45*	1,44 ^{NS}	1,42 ^{NS}	2,36 ^{NS}
H x P	1,90 ^{NS}	2,13 ^{NS}	0,42 ^{NS}	2,74 ^{NS}
C.V. (%)	3,8	16,95	37,98	33,20

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Na Tabela 9 são apresentados os valores de estande inicial, final e altura das plantas aos 90 e 120 dias. Referente ao estande inicial de plantas houve diferença no fator haste e profundidade de trabalho. A haste 1 apresentou um melhor estande inicial comparado com a haste 2, fator correlacionado com a maior área mobilizada e melhor contato solo-semente, podendo favorecer o desenvolvimento radicular da cultura, isso demonstra que no sistema plantio direto a mobilização do solo pela haste é fundamental para o bom desenvolvimento inicial da plântula. Quanto às profundidades, a menor difere da mais profunda, mostrando que na profundidade de 150 mm ocorreu uma melhor germinação e emergência de plântulas. No estande final, não houve significância entre os fatores testados. A altura das plantas no que

se refere aos tratamentos aos 90 dias não se diferiram, porém aos 120 dias houve diferença entre as hastes, sendo que a haste 1 apresentou um melhor desenvolvimento das plantas, não se diferenciando na profundidade de trabalho. Este fato pode estar relacionado ao maior volume de área mobilizada (Tabela 3) por esse tipo de haste, proporcionando uma melhor descompactação do solo e consequentemente um maior volume de solo explorado pelas raízes.

Tabela 9. Síntese da análise de variância e teste de médias para estande inicial, final, altura das plantas aos 90 e 120 dias.

Tratamentos	Estande		Altura das plantas	
	Inicial (Plantas ha ⁻¹)	Final	90 dias	120 dias (cm)
Hastes (H)				
1	61265 a	55400 a	129 a	189 a
2	57099 b	50924 a	138 a	187 b
Profundidade (P)				
80 mm	56018 b	52777 a	131 a	183 a
125 mm	58333 ab	53008 a	140 a	188 a
150 mm	63194 a	53703 a	130 a	195 a
Teste F				
H	4,92*	3,52 ^{NS}	1,20 ^{NS}	0,12*
P	5,01*	0,05 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,98 ^{NS}
H X P	1,88 ^{NS}	1,51 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,62 ^{NS}
C.V. (%)	7,78	10,99	16,31	9,08

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Na Tabela 10 encontram-se os resultados da análise de variância e teste de médias para a variável diâmetro do colmo aos 90 e 120 dias, altura de inserção da primeira espiga viável, massa seca e produtividade final. Para estas variáveis não houve diferença entre os fatores testados. Porém o diâmetro do colmo foi influenciado pela época, pois aos 90 dias ocorre um maior acúmulo de água e nutrientes no colmo da planta, e conforme a planta atingiu o final do ciclo 120 dias, o colmo se desidrata e com isso o diâmetro diminui. Quanto a produtividade final observa-se a importância de escolher corretamente a semeadora-adubadora e seus mecanismos sulcadores, mostrando até que ponto é viável a maior mobilização do solo sem interferência na produtividade. Dados semelhantes ocorreram com Canova

(2010) que avaliando 5 hastes sulcadoras não obteve diferença significativa para produtividade da cultura do milho, corroborando com Debiasi et al. (2010) que trabalhando com duas profundidades (60 e 120 mm,) e três tipos de coberturas do solo, com o aumento da profundidade de atuação das hastes sulcadoras não influenciou na produtividade do milho.

Tabela 10. Síntese da análise da variância e teste de média para diâmetro do colmo aos 90 e 120 dias, altura da inserção da primeira espiga viável, massa seca e produtividade final.

Tratamentos	Diâmetro do colmo		Altura da inserção (cm)	Massa seca (t ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	90 dias	120 dias			
Hastes (H)					
1	2,0 a	1,9 a	124 a	9,03 a	6323 a
2	2,1 a	2,0 a	108 a	8,99 a	6576 a
Profundidade(P)					
80 mm	2,0 a	1,8 a	115 a	9,64 a	6298 a
125 mm	2,1 a	1,9 a	95 a	8,60 a	6226 a
150 mm	2,0 a	1,9 a	77 a	8,78 a	6825 a
Teste F					
H	0,16 ^{NS}	1,09 ^{NS}	3,11 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,36 ^{NS}
P	0,01 ^{NS}	2,25 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,81 ^{NS}
H X P	0,01 ^{NS}	3,38 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,72 ^{NS}
C.V. (%)	6,71	9,79	2,33	23,59	15,94

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Na Tabela 11 são apresentados o comprimento, diâmetro, massa com palha e sem palha da espiga. As variáveis comprimento e massa da espiga com palha não apresentaram diferença entre os tratamentos estudados. A variável diâmetro da espiga houve interação entre os fatores, sendo mostrado seu desdobramento na (Tabela 12).

Quanto a massa da espiga sem palha houve diferença quanto ao tipo de haste. A haste 2 apresentou maior massa em relação à haste 1, podendo estar relacionado a população final de plantas, sendo que a haste 1 obteve uma maior estande porém podendo ocasionar maior competição entre plantas.

Tabela 11. Síntese de análise de variância e teste de médias para o comprimento e diâmetro, massa com palha e sem palha da espiga.

Tratamentos	Comprimento da espiga (cm)	Diâmetro da espiga	Massa espiga	
			Com palha	Sem palha
			(g espiga ⁻¹)	
Haste (H)				
1	14,67 a	5,0	147,4 a	50,39 b
2	15,30 a	5,2	153,5 a	51,89 a
Profundidade (P)				
80 mm	14,96 a	5,0	149,2 a	50,48 a
125 mm	14,91 a	5,1	150,8 a	51,32 a
150 mm	15,09 a	5,1	151,4 a	51,62 a
Teste F				
H	1,72 ^{NS}	7,20*	1,91 ^{NS}	8,68*
P	0,05 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,09 ^{NS}	1,79 ^{NS}
HXP	0,99 ^{NS}	3,87*	0,28 ^{NS}	1,80 ^{NS}
C.V.(%)	7,78	2,45	7,16	2,44

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

Na Tabela 12, observa-se que na haste 1 o diâmetro diferiu nas profundidades 80 e 150 mm e para haste 2 não houve diferença entre as profundidades. Comparando o tipo de hastes nota-se diferença apenas na profundidade de 80 mm, sendo que a haste 2 apresentou um maior diâmetro da espiga.

Tabela 12. Desdobramento do diâmetro da espiga.

Profundidade	Diâmetro (cm)	
	Haste 1	Haste 2
80 mm	4,9 Bb	5,2 Aa
125 mm	5,0 ABa	5,2 Aa
150 mm	5,2 Aa	5,1 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 13 são apresentados o número de grãos por fileira, número de fileira por espiga e massa de 100 grãos. Para estas variáveis não se observou significância para os fatores testados através da análise de variância, estando

diretamente ligada a produtividade final que não obteve diferença nos fatores em estudo.

Os valores de número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e a massa de 100 grãos estão associados a fatores genéticos, mas o manejo da cultura exerce influência sobre os mesmos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Tabela 13. Síntese da análise de variância e o teste de médias para número de grãos por fileira, número de fileira por espiga e massa 100 grãos.

Tratamentos	Nº grãos por fileira	Nº fileira por espiga	Massa 100 grãos (g)
Hastes (H)	-	-	
1	32,93 a	14,43 a	29,96 a
2	34,03 a	14,90 a	30,85 a
Profundidade (P)			
80 mm	32,93 a	14,45 a	31,50 a
125 mm	33,37 a	14,65 a	30,00 a
150 mm	34,40 a	14,90 a	29,71 a
Teste F			
H	0,65 ^{NS}	3,21 ^{NS}	2,47 ^{NS}
P	0,54 ^{NS}	0,99 ^{NS}	3,79 ^{NS}
H x P	0,21 ^{NS}	0,31 ^{NS}	2,45 ^{NS}
C.V. (%)	9,94	4,35	4,59

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{NS}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; CV (%): coeficiente de variação.

O fato do tipo de hastes e profundidades de trabalho não influenciarem determinada característica da espiga, pode estar relacionado principalmente a fatores genéticos da cultivar utilizada, demonstrando desta forma a uniformidade da cultura no presente trabalho.

V CONCLUSÕES

A haste com menor ângulo de ataque e ponteira mais larga obteve melhor desempenho operacional, devido à maior mobilização do solo, exigindo menor força e potência na barra de tração.

Na semeadura direta a menor profundidade de trabalho propiciou área mobilizada adequada para o desenvolvimento da cultura, e menor consumo de combustível. A produtividade do milho não foi influenciada pelos fatores em estudo.

VI REFERÊNCIAS

ALVES, R. C. H.; AMARAL, F. R. Produção, área colhida e produtividade do milho no nordeste. **Informe Rural Etene**, Banco do Nordeste, v. 5, n. 16, p. 1-9, 2011.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais...**, Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 32p. (T025-3 CD-ROM).

ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 963-978, 2012.

ARATANI, R. G.; MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; PECHE, F. A.; DUARTE, A. P.; KANTHACK, R. A. D. Desempenho de semeadoras-adubadoras de soja em Latossolo Vermelho muito argiloso com palha intacta de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 517-522, 2006.

ARF, O.; AFONSO, R.J.; ROMANINI JUNIOR, A.; SILVA, M.G.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Agricultural tractor test code. In: ASAE, **Standards 1989**: Standards engineering practices data. St. Joseph: ASAE, 1989. 5p.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. ASAE. Agricultural machinery management data. In: ASAE **Standards 2003**: Standards engineering practices data. St. Joseph, 2003. p. 373-380.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. In: ASAE, **Standards EP291-3**. St. Joseph, MI, p. 116-118, 2005.

BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; SAAB, S.D.; MILORI, D.M.P.; BAGNATO, V. S. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by electron spin resonance and fluorescence spectroscopies. **Geoderma**, Amsterdam, v. 105, p. 81-92, 2002.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P. DOS.; DENARDIN, J. E.; AITA, C., GIACOMINI, S. J., ALVES, B. J. R., URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, Illinois, v. 16, p..784–795, 2010.

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.

BRANDELERO, E. M. **Manejo da palha na linha em semeadura direta**. 2009. 82f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Centro de Ciências Agrárias, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS. p. 157-162. 2009.

CAMILO, A. J.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RESENDE, R. C. Influência de mecanismos rompedores e velocidade de trabalho no desempenho de semeadora-adubadora de plantio direto do feijão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 203-211, 2004.

CANOVA, R. **Desempenho de semeadora-adubadora com cinco modelos de hastes sulcadoras na cultura do milho (*Zea mays L.*)** 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em agronomia/ Produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

CARGNELUTTI-FILHO, A.; STORCK, L.; RIBOLDI, J.; GUADAGNIN, J, P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 340-347, 2009.

CASÃO JUNIOR, R. J.; HENKLAIN, J. C.; LADEIRA, A. S.; MORENO, E. C. Efeito de diferentes implementos na resistência a tração e qualidade de preparo do solo (Latossolo Roxo). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20, 1992, Londrina. **Anais...**Londrina: SBEA/IAPAR, 1992. p. 847-868.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semadoras-adubadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 561-566, 2010.

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.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra 2012/2013**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_09_11_56_07_boletim_2_maio_2013.pdf Acesso em: 13 de maio 2013.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H.; STURMER, S. L. K.; MAZURANA, M.; MULLER, J. Soil disturbance index as an indicator of seed drill efficiency in no-tillage agrosystems. **Soil and Tillage Research**, v. 114, n. 1, p. 37-42, 2011.

CONTE, O. **Mobilização, atributos de solo e variabilidade espacial em integração lavoura-pecuária**. 2011.136 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

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

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; XAVIER, A. A. P.; DEBIASI, H. Demanda de tração, mobilização do solo na linha de semeadura e rendimento da soja, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1254-1261, 2009.

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. 220-8, 2007.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Avaliação de uma semeadora adubadora em sistema de plantio direto para a cultura da soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 268-276, 2005.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; MAZURANA, M. Capacidade de suporte e compressibilidade de um Argissolo, influenciadas pelo tráfego e por plantas de cobertura de inverno. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. especial, p. 2629-2637, 2008.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; ZANATTA, J.A.; MARTINETO, L.; MILORI, D.M.B.P.; SALTON, J.C.; MACEDO, M.C.M.; MIELNICZUK, J.; HERNANI, L.C. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 60, p. 240-249, 2009.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1713-1722, 2011.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil acetone on germination of okra seed. **Proceeding of America Society Horticulture Science**, v. 71, p. 428-34, 1958.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M. da; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 947-953, 2003.

FURLANI, C. E. A. ; PAVAN, A. J. ; LOPES, A. ; SILVA, R. P. ; GROTTA, D. C. C. ; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 456-462, 2007.

GARCIA, L. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 520-527, 2006.

GODWIN, R.J. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. **Soil and Tillage Research.**, v. 97, p. 331-340, 2007.

HUGGINS, D. R.; REGANOLD, J. P. **No-till: The quiet revolution**. Scientific American, INC, 77, p. 1-8, 2008.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Plantio direto: caminho para a agricultura sustentável**. Campinas, 2009. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/PlantioDireto/PlantioDireto.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; SOUZA, L. C. F.; REIS, E. F. Desempenho de semeadora adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42 n. 5, p. 725-731, 2007.

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

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

MATTAR, D. M. P. **Influência do deslizamento da roda motora de uma semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes de milho**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

MELLO, L. M. M.; PINTO, E. R.; YANO, É. H. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, p. 563-567, 2003.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 94-101, 2013.

MINITAB. *MINITAB Release 16.1: Meet MINITAB 16*(Versão em Português); MINITAB Stat Guide; MINITAB Help. [S.l.]: Minitab Inc., 2003.

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

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.

NABI, G.; MULLINS, C. E.; MONTEMAYOR, M. B.; AKHTAR, M. S. Germination and emergence of irrigate cotton in Pakistan in relation to sowing depth and physical properties of the seedbed. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 59, n. 2, p. 33-44, 2000.

NOZAKI, M. H.; VENDRÚSCOLO, M. Características químicas e densidade global de um Latossolo Vermelho eutroférico cultivado com plantas de cobertura em Toledo-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 1245-1252, 2010.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003, 107f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior Paulista “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C, E, S.; BARBOSA, J. A.; SPAGNOLO, R. T.; BARROS, M. M.; BOAS, L. A. V. Efeito da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de uma semeadora-adubadora na patinagem, na força de tração e no consumo de combustível de um trator agrícola. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1320-1326, 2010.

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 “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. Boletim Técnico, 100.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; ANDRADA, C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, 2008.

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, n. 5, p. 777-785, 2006.

REIS, G. N.; BIZZI, A. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; GROTTA, D. C. C. Avaliação do desenvolvimento da cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob diferentes sistema de preparo. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 31, n.1, p. 228-235, 2007.

RIBEIRO, C. A. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)**. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

RUGGIERO, M. A. G.; LÓPES, V. L. R. **Cálculo Numérico**. Aspectos Teóricos e computacionais. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

SALVADOR, N.; MION, R. L.; BENEZ, S. H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 870-874, 2009.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; BACKES, C.; SALOMÃO, L. C.; BICUDO, S.J. Desempenho de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 25, n. 4, p. 17-30, 2010.

SANTOS, A. P.; VOLPATO, C. E. S.; TOURINO, M. C. C. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 540-546, 2008.

SEKI, A.S.; BENEZ, S.H.; SILVA, P.R.A. Desempenho operacional de semeadora e produtividade do milho em plantio direto e cultivo mínimo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 1, p. 1-18, 2012.

SILVA, D. F. Biocombustíveis e produção animal impulsionarão a cultura. **Agrianual**, São Paulo, p. 373-374, 2004.

SILVA, V. A. F. **Mobilização do solo e desempenho operacional de semeadora-adubadora com dois tipos de hastes sulcadoras em plantio direto de milho**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em agronomia/ Produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Furrow depth, soil disturbance area and draft force of a seeder-fertilizer at different seeding speeds. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 293-298, 2011.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Demanda energética de uma semeadora – adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 44-52, 2013.

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.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, MARIA A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012.

TOLEDO, A.; RIBEIRO, C. A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Penetrógrafo eletrônico automático acoplado a quadriciclo para aplicação em agricultura de precisão. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 2009, Viçosa, **Anais...** Lavras: SBIAgro, 2009. 1-6 p.

TOPAKCI, M.; KARAYEI, D.; CANAKCI, M.; FURAT, S.; UZUN, B. Sesame hill dropping performance of a vacuum seeder for different tillage practices. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 27, n. 02, p. 203-209, 2011.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1-2, p. 104-113, 2007.