

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

**DESEMPENHO DE SEMEADORAS-ADUBADORAS DE MILHO (*Zea
mays* L.) EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

DENISE MAHL

Engenheira Agrícola

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Junho – 2002

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

**DESEMPENHO DE SEMEADORAS-ADUBADORAS DE MILHO (*Zea
mays* L.) EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

DENISE MAHL

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Junho – 2002

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

M214d Mahl, Denise, 1976-
 Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea
mays* L.) em sistema de plantio direto / Denise Mahl. --
Botucatu, [s.n.], 2002
 xvi, 160 f. : il. color., gráfs., tabs.

 Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Pau-
lista, Faculdade de Ciências Agronômicas
 Orientador: Carlos Antonio Gamero
 Co-orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
 Inclui bibliografia

 1. Plantio direto 2. Milho 3. Sementes - Distri-
buição 4. Milho - Semeadura - Velocidade I. Gamero,
Carlos Antonio II. Furlani, Carlos Eduardo Angeli
III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mêsquita
Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agro-
nômicas IV. Título

Palavras-chave: Semeadora-adubadora; Plantio direto; Milho; De-
manda energética; Mobilização de solo; Veloci-
dade de deslocamento; Mecanismo dosador de
sementes

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DESEMPENHO DE SEMEADORAS-ADUBADORAS DE MILHO (*Zea mays*
L.) EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO”

ALUNA: DENISE MAHL

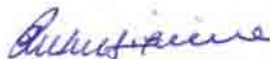
ORIENTADOR: PROF.DR. CARLOS ANTONIO GAMERO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



DR. RUBENS SIQUEIRA



DR. JOSE GERALDO DA SILVA

Data da Realização: 28 de junho de 2002.

*“...Tenha fé em Deus,
tenha fé na vida. Tente
outra vez...”*

*...Tente, e não diga que a
vitória está perdida. Se é
de batalhas que se vive a
vida. Tente outra vez...”*

(Raul Seixas)

Para

Romeu e Terezinha, meu pais

Dedico

Para

Lenir e Ilson, meus irmãos

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus, fonte de amor e sabedoria, pela vida e sua eterna proteção.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, ao Departamento de Engenharia Rural e à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura, pela acolhida e oportunidade de realizar o curso.

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero pelo profissionalismo com que me orientou, confiança e incentivo.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, pelos ensinamentos, apoio incondicional e pela agradável convivência, meu respeito e consideração.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo A. Furlani, que também dividiu a tarefa de me orientar, pela dedicação e amizade.

À Fapesp por acreditar e financiar este projeto de pesquisa.

Aos professores Drs. Kleber Pereira Lanças, Ulisses Rocha Antuniassi e Silvio José Bicudo, pelo apoio que, de diferentes formas, tornou possível realizar este trabalho.

Ao Prof. Suedêmio de Lima Silva, pelo auxílio na Instrumentação das máquinas e pelas sugestões ao longo deste trabalho.

Ao Prof. Ângelo Catâneo pelo auxílio nas análises estatísticas.

À empresa Marchesan em nome de João Marchesan e João de Freitas, pelo empréstimo de semeadoras-adubadoras.

Ao Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, em nome do Prof. Dr. Cláudio Cavariani, por possibilitar a realização de análises e pelas sugestões.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental Lageado, em especial à Mário de Oliveira Munhoz, Marcos José Gonçalvez, Manuel Lopes dos Santos, Aparecido Bessa Pavan, Acássio Tavares, Luciano Alvez, Antonio de Andrade e, aos

funcionários do Departamento de Engenharia Rural, especialmente à Rosangela C. Moreci, Maury Torres da Silva, Gilberto Winckler, Pedro Alves, e demais funcionários, pela cooperação e empenho nas diversas etapas do trabalho.

Aos integrantes do Grupo de Plantio Direto: André Costa, Antonio Renan B. Silva, Célia R. Grego, João Paulo Marques, José Roberto Pontes, Mariela Leite, Mariana Bérghamo, Paulo R. Arbex Silva e Rogério Germino, que mais que colegas, foram meus amigos, pela amizade, empenho e colaboração nas diversas etapas.

Aos demais colegas do curso de Pós-Graduação, em especial à Renato Lara de Assis, Edmilson Ruiz, Francisco Faggion, Maurício Javier de Leon, Emerson Borghi e Élcio Yano pelo constante apoio e amizade.

Às companheiras e amigas Magnólia Silva da Silva e Débora Rafaelli, pela excelente convivência, companheirismo e estímulo sempre.

Ao pesquisador Rubens Siqueira e aos colegas professores Alberto Nagaoka e Pedro Castro Neto pela contribuição e ensinamentos.

À Lúcia Raquel pelas sugestões ortográficas.

Às sempre amigas Joseane Amadeu, Giovana Giannesi, Elaine Kronbauer e Alessandra Carrito, pelo constante incentivo e por acreditarem no meu sucesso.

À minha família, que mesmo distante, esteve sempre presente, dando-me força espiritual, pela confiança, compreensão e paciência.

À todos que de diferentes formas contribuíram para este trabalho, meu singelo agradecimento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XVI
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Aspectos gerais da cultura do milho.....	7
4.2 Sistema de plantio direto.....	8
4.3 Máquinas para semeadura direta.....	12
4.4 Fatores que afetam a eficiência de semeadura.....	14
4.4.1 Velocidade.....	15
4.4.2 Mecanismos dosadores.....	16
4.4.3 Condições de solo.....	18
4.5 Parâmetros para avaliação de semeadoras-adubadoras na semeadura direta.....	19
4.5.1 Distribuição de sementes e fertilizantes.....	20
4.5.2 Demanda energética.....	27
4.5.3 Mobilização e cobertura do solo.....	30
4.5.4 Danificação de sementes.....	32
4.5.5 Desenvolvimento e produtividade da cultura.....	36
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
5.1 Material.....	39
5.1.1 Área experimental.....	39
5.1.2 Caracterização do solo.....	40
5.1.3 Dados climatológicos.....	41
5.1.4 Material e equipamentos utilizados nas operações de preparo do solo, semeadura e tratos culturais.....	43
5.1.4.1 Máquinas e implementos agrícolas.....	43
5.1.4.1.1 Tratores.....	43

5.1.4.1.2 Máquinas e implementos agrícolas.....	44
5.1.4.2 Insumos agrícolas.....	47
5.1.4.2.1 Sementes.....	47
5.1.4.2.2 Fertilizantes.....	47
5.1.4.2.3 Defensivos agrícolas.....	48
5.1.5 Material e equipamentos para coleta de amostras de parâmetros de caracterização do solo.....	48
5.1.5.1 Determinação do teor de água no solo.....	48
5.1.5.2 Determinação da matéria seca da cobertura vegetal.....	49
5.1.5.3 Determinação da resistência mecânica do solo à penetração.....	49
5.1.5.4 Outras determinações.....	49
5.1.6 Material e equipamentos para coleta de dados de parâmetros de avaliação..	49
5.1.6.1 Sistema de aquisição de dados.....	49
5.1.6.2 Determinação da profundidade de deposição de sementes.....	50
5.1.6.3 Determinação da área de solo mobilizado e profundidade do sulco de semeadura.....	50
5.1.6.4 Determinação da percentagem de manutenção de cobertura do solo	51
5.1.6.5 Determinação do consumo horário de combustível.....	51
5.1.6.6 Determinação da patinagem dos rodados do trator e das semeadoras-adubadoras.....	51
5.1.6.7 Determinação da força de tração na barra.....	51
5.1.6.8 Determinação da distribuição longitudinal de plantas.....	52
5.1.6.9 Determinação da distribuição transversal de sementes e de fertilizantes.....	52
5.1.6.10 Determinação da qualidade das sementes após a passagem pelos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras.....	52
5.1.6.11 Determinação da produtividade de grãos.....	53
5.2 Métodos.....	53
5.2.1 Delineamento experimental.....	53
5.2.2 Descrição dos tratamentos.....	53

5.2.3	Instalação e condução do experimento.....	55
5.2.4	Cronograma de condução do experimento.....	55
5.2.5	Métodos de determinação dos parâmetros de caracterização do solo.....	57
5.2.5.1	Teor de água no solo.....	57
5.2.5.2	Matéria seca da cobertura vegetal.....	57
5.2.5.3	Resistência mecânica do solo à penetração.....	57
5.2.5.4	Outras determinações.....	58
5.2.6	Métodos de determinação dos parâmetros de avaliação.....	59
5.2.6.1	Sistema de aquisição de dados.....	59
5.2.6.2	Velocidade de deslocamento.....	59
5.2.6.3	Profundidade de deposição de sementes.....	60
5.2.6.4	Área de solo mobilizado.....	61
5.2.6.5	Profundidade do sulco de semeadura.....	61
5.2.6.6	Porcentagem de manutenção de cobertura do solo.....	62
5.2.6.7	Índice de sementes expostas.....	62
5.2.6.8	Capacidade de campo efetiva.....	63
5.2.6.9	Patinagem das rodas motrizes das semeadoras-adubadoras e dos rodados do trator.....	63
5.2.6.10	Consumo horário de combustível.....	65
5.2.6.11	Força média de tração na barra.....	65
5.2.6.12	Força máxima de tração na barra.....	66
5.2.6.13	Força média requerida por linha de semeadura.....	66
5.2.6.14	Força média requerida por profundidade do sulco.....	67
5.2.6.15	Força média requerida por área de solo mobilizado.....	67
5.2.6.16	Potência média requerida na barra de tração do trator.....	68
5.2.6.17	Potência máxima requerida na barra de tração do trator.....	68
5.2.6.18	Potência média requerida por linha de semeadura.....	69
5.2.6.19	Potência média requerida por profundidade do sulco.....	69
5.2.6.20	Potência média requerida por área de solo mobilizado.....	70
5.2.6.21	Distribuição longitudinal de plantas.....	70

5.2.6.22	Distribuição transversal de sementes.....	71
5.2.6.23	Índice de enchimento do disco dosador.....	71
5.2.6.24	Distribuição de fertilizantes.....	72
5.2.6.25	Variação percentual na distribuição de fertilizantes.....	73
5.2.6.26	Qualidade de sementes após a passagem pelas semeadoras-adubadoras.....	73
5.2.6.27	Número médio de dias para emergência de plântulas.....	75
5.2.6.28	Estande inicial e final de plantas.....	76
5.2.6.29	Índice de sobrevivência.....	76
5.2.6.30	Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas.....	76
5.2.6.31	Produtividade de grãos.....	77
5.2.7	Análise estatística dos dados.....	78
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
6.1	Teor de água no solo.....	80
6.2	Matéria seca da cobertura vegetal.....	81
6.3	Resistência mecânica do solo à penetração.....	82
6.4	Velocidade de deslocamento.....	84
6.5	Profundidade do sulco de semeadura, área de solo mobilizado e profundidade de deposição de sementes.....	86
6.6	Porcentagem de manutenção de cobertura vegetal no solo.....	88
6.7	Índice de sementes expostas.....	91
6.8	Patinagem dos rodados do trator e da roda motriz das semeadoras-adubadoras....	92
6.9	Capacidade de campo efetiva.....	94
6.10	Requerimento de força de tração: média, máxima, por linha de semeadura, por profundidade do sulco e por mobilização de solo.....	96
6.11	Requerimento de potência na barra: média, máxima, por linha de semeadura, por profundidade do sulco e por mobilização de solo.....	98
6.12	Consumo de combustível.....	102
6.13	Distribuição longitudinal de plantas.....	104

6.14 Índice de enchimento do disco dosador.....	108
6.15 Distribuição transversal de sementes.....	110
6.16 Distribuição de fertilizantes e variação percentual.....	112
6.17 Teste de dano mecânico.....	115
6.18 Teste de vigor: condutividade elétrica e crescimento de plântulas.....	116
6.19 Número médio de dias para emergência, estande inicial, estande final e índice de sobrevivência de plantas.....	117
6.20 Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura das plantas...	119
6.21 Produtividade de grãos.....	120
7 CONCLUSÕES.....	122
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
APÊNDICE.....	140

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Análise granulométrica do solo na camada de 0 a 25 cm.....	40
2 Parâmetros de propriedades e características físicas do solo na camada de 0 a 25 cm.....	40
3 Análise química do solo na camada de 0 a 25 cm, nas diversas fases do experimento.	41
4 Cronograma de atividades desenvolvidas em campo e laboratório.....	55
5 Valores de limites de espaçamentos entre plantas (cm) de acordo com as classes para as duas semeadoras-adubadoras.....	71
6 Teor de água no solo no momento da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração.....	80
7 Resistência mecânica do solo à penetração para as duas condições de solo.....	83
8 Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para o fator velocidade de deslocamento.....	84
9 Interação entre os fatores semeadora e velocidade para o fator velocidade de deslocamento.....	85
10 Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis profundidade do sulco - PS, área de solo mobilizado - AM e profundidade de deposição de sementes – PDS.....	86
11 Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável profundidade do sulco (cm).....	88
12 Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável profundidade de deposição de sementes (cm).....	88
13 Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável percentagem de manutenção de cobertura do solo – PMC.....	89
14 Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável percentagem de manutenção de cobertura no solo (%)......	90
15 Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável índice de sementes expostas – ISE.....	91

16	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis patinagem do rodado direito do trator – PRDT, patinagem do rodado esquerdo do trator – PRET e patinagem da roda motriz das semeadoras-adubadoras – PRMS.....	93
17	Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável patinagem da roda motriz das semeadoras-adubadoras.....	94
18	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável capacidade de campo efetiva – CCE.....	95
19	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1}).....	96
20	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis força de tração média – F_{med} ; força de tração máxima – F_{max} ; força de tração por linha de semeadura – F_{linha} ; força de tração por cm de profundidade – F_{prof} ; força de tração por área de solo mobilizado – F_{am}	97
21	Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável força de tração média (kN).....	98
22	Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável força de tração por linha de semeadura (kN).....	98
23	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis potência média – P_{med} ; potência máxima – P_{max} ; potência por linha de semeadura – P_{linha} ; potência por cm de profundidade – P_{prof} ; potência por área de solo mobilizado – P_{am}	99
24	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável potência média (kW).....	100
25	Interação entre os fatores velocidade e solo para a variável potência média (kW).....	100
26	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável potência máxima (kW).....	101
27	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável potência requerida por linha de semeadura (kW).....	101
28	Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável potência requerida por linha de semeadura (kW).....	101

29	Interação entre os fatores velocidade e solo para a variável potência requerida por linha de semeadura (kW).....	101
30	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável consumo horário de combustível – CC.....	102
31	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável consumo de combustível (L.h ⁻¹).....	103
32	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis percentual de espaçamentos entre plantas normais, múltiplos e falhos.....	104
33	Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável percentual de espaçamentos entre plantas normais (%).....	106
34	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável índice de enchimento do disco dosador – IEDD.....	108
35	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável índice de enchimento do disco dosador (%).....	109
36	Interação entre os fatores velocidade e solo para a variável índice de enchimento do disco dosador (%).....	110
37	Distribuição transversal de sementes (sementes.ha ⁻¹) para os fatores semeadora, velocidade e solo.....	111
38	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis distribuição de fertilizante – DF e variação percentual da distribuição de fertilizante – VPDF.....	112
39	Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável distribuição de fertilizante (kg.ha ⁻¹).....	113
40	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis dano mecânico – DM e dano total – DT.....	116
41	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis condutividade elétrica - CE, comprimento de plântulas - CP e comprimento de raízes - CR.....	117

42	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis número médio de dias para emergência de plântulas - NMDE, estande inicial, estande final e índice de sobrevivência de plantas – IS.....	118
43	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis diâmetro do colmo - DC, altura de inserção da primeira espiga – AIPE e altura das plantas – AP.....	120
44	Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável produtividade de grãos – PROD.....	121
45	Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹).....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Dados médios mensais (abril de 2000 a maio de 2001) de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C).....	42
2 Extrato do balanço hídrico mensal do ano agrícola de 2000.....	42
3 Extrato do balanço hídrico mensal do ano agrícola de 2001.....	43
4 Conjunto trator-semeadora-adubadora PST ³ -Suprema.....	46
5 Conjunto trator-semeadora-adubadora PST ²	46
6 Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade do sulco na linha de semeadura.....	50
7 Esquema da disposição dos tratamentos e blocos no campo.....	55
8 Detalhe da instalação do gerador de impulso no rodado do trator (esquerda) e no eixo da semeadora-adubadora (direita). (A - haste vertical, B - gerador de impulso, C - conexão do gerador ao eixo da roda, D - suporte para fixação do gerador de impulso).....	64
9 Detalhe do suporte para instalação da célula de carga.....	66
10 Quantidade de matéria seca de aveia preta e de restos culturais nas parcelas com solo sob plantio direto e escarificado.....	81
11 Resistência mecânica do solo à penetração para as duas condições de solo.	83
12 Classes de espaçamentos entre plantas normais, múltiplos e falhos, para as semeadoras, velocidades e condições de solo estudadas.....	105
13 Percentual de espaçamentos normais entre plantas (%) em função da variação de velocidade e do tipo de semeadora.....	106
14 Distribuição transversal de sementes de milho nas quatro linhas de semeadura, para os fatores semeadora (esquerda), velocidade (centro) e condição de solo (direita).....	111
15 Distribuição de fertilizante nas quatro linhas de semeadura (L1, L2, L3 e L4), para os fatores semeadora, velocidade e condição de solo.....	114
16 Variação percentual da distribuição de fertilizante nas quatro linhas de semeadura (L1, L2, L3 e L4), para os fatores semeadora, velocidade e condição de solo.....	114

1 RESUMO

No sistema atual de produção agrícola, as semeadoras-adubadoras assumiram importância fundamental, destacando-se as de semeadura direta, cuja operação é caracterizada pela mínima mobilização do solo antes e após a operação de semeadura.

O presente trabalho foi conduzido em condições de campo, com a cultura do milho (*Zea mays* L.) e teve como objetivo estudar o desempenho operacional de duas semeadoras-adubadoras de semeadura direta, quanto à uniformidade de distribuição longitudinal e transversal de sementes, profundidade de semeadura, área de solo mobilizado, patinagem dos rodados do trator e das rodas motrizes das semeadoras-adubadoras, requerimento de força de tração e potência, consumo de combustível, qualidade das sementes após a passagem pelo mecanismo dosador, desenvolvimento e produtividade da cultura.

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, cujo solo é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico. Empregou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e arranjo fatorial 2x3x2, respectivamente para as semeadoras-adubadoras com mecanismos dosadores do tipo pneumático e disco horizontal, às velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora de 4,4; 8,0 e 9,8 km.h⁻¹, e às condições do solo, considerando o preparo reduzido com escarificador e a semeadura direta para a implantação da cultura de aveia (*Avena strigosa* Schreb), antecedente (4 meses) à implantação da cultura do milho.

A condição de solo sob plantio direto (4 anos) proporcionou maior

percentual de manutenção de cobertura do solo após a semeadura e menores índices de: patinagem dos rodados do trator e das rodas motrizes das semeadoras-adubadoras; profundidade do sulco e de deposição de sementes; área de solo mobilizado; requerimento de força de tração e potência na barra e consumo de combustível.

A menor velocidade de semeadura manteve maior percentual de cobertura do solo, maior índice de enchimento de disco dosador de sementes e menores índices de profundidade do sulco, área de solo mobilizado e consumo horário de combustível. O aumento da velocidade permitiu aumentar em 125% a capacidade de campo efetiva, com um incremento de 31% no consumo horário de combustível.

A semeadora-adubadora pneumática exigiu maior consumo horário de combustível em relação à de disco horizontal perfurado.

A semeadora-adubadora equipada com mecanismo dosador de sementes pneumático apresentou melhor desempenho na distribuição longitudinal de plantas que a equipada com disco horizontal perfurado.

A semeadora pneumática e a de discos horizontais apresentaram o mesmo desempenho quanto a manutenção do vigor e à ocorrência de danos às sementes de milho e não interferiram nos parâmetros de desenvolvimento e produtividade da cultura.

A semeadora pneumática possibilitou aumentar em 80% a capacidade de campo efetiva na operação de semeadura de milho, obtendo-se eficiência semelhante à de disco horizontal, em termos de percentual de espaçamentos normais entre plantas.

PERFORMANCE OF NON-TILLAGE CORN (*Zea mays* L.) SEEDERS. Botucatu, 2002.

160p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: DENISE MAHL

Adviser: CARLOS ANTONIO GAMERO

Co-Adviser: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

2 SUMMARY

The fertilizer-seeder machines, in the current agricultural production system, have assumed an important position, mainly the non-tillage seeders, which operation is characterized by the minimum soil mobilization before and after the seeding.

This research was done with corn culture (*Zea mays* L.) in field conditions aiming to evaluate the operational performance of two non-tillage seeders. It was done longitudinal and transversal seed uniformity distribution evaluations, seeding depth, soil mobilized area, tractor and seeder tractive wheel slips, draw bar pull and power requirements, fuel consumption, seed quality after having been passed the distribution mechanisms, and culture growing and productivity.

The experiment was carried out at Lageado Experimental Farm, whose soil is classified as Ultis soil. It was used a 2x3x2 factorial design in randomized blocks with four replications. The factors whose effects were examined were related to the seeders with pneumatic and horizontal disk meter mechanisms for the distribution of the seeds, to the set tractor-seeder forward speeds (4,4; 8,0 and 9,8 km.h⁻¹), and to the soil conditions considering the minimum tillage with chisel plow and the non-tillage system for the seeding of oat culture (*Avena strigosa* Schreb), before (4 months) the introduction of the corn culture.

The non-tillage soil condition (4 years) provided both the largest percentage of soil covering maintenance after seeding and the smallest index of the following issues: tractor and fertilizer-seeder wheel drive slip, furrow and seed deposition depths, soil mobilized area, draw bar pull and power requirements as well as fuel consumption.

The smallest seeding speed provided the largest percentage of soil

covering, the largest index of seeds feeling on seed dozer disk, and smaller indexes of furrow depth, area of mobilized soil, and fuel consumption. The forward speed increasing allowed increase in 125% the effective field capacity with an increment of 31% in fuel consumption.

The pneumatic seeder required larger fuel consumption in relation to the horizontal perforated disk seeder.

The seeder equipped with a pneumatic mechanism for seed distribution presented better performance than the horizontal perforated disk.

The pneumatic and horizontal disk seeders presented the same performance regarding the vigor and the occurrence of seed corn damages and they did not interfere on both parameters corn culture development and productivity.

The pneumatic seeder allowed an increase of 80% regarding the effective field capacity in the corn seeding operation and the efficiency was similar to the horizontal disk, in terms of normal distribution of plants.

Keywords: non-tillage seeders, corn culture, forward speed, energy consumption.

3 INTRODUÇÃO

A utilização eficiente dos meios de produção torna-se cada vez mais importante, na medida em que a receita líquida dos produtores agrícolas diminui, por um lado pressionada pelos altos custos da produção, e por outro, pela redução da remuneração obtida na venda dos produtos.

Devido à necessidade de se produzir cada vez mais alimentos, minimizar custos operacionais e reduzir a movimentação do solo, muitos agricultores substituíram a semeadura no preparo convencional pelo sistema de plantio direto, objetivando a implantação da cultura sem preparo periódico, propiciando condições de acomodação das sementes no solo de forma a atender aos requisitos fisiológicos para germinação e emergência das plântulas. Esse sistema envolve, geralmente, conjuntos de órgãos ativos que realizam operações de corte da resteva, abertura dos sulcos para distribuição das sementes e do fertilizante, cobertura e compactação.

Na exploração racional da cultura do milho, é de fundamental importância que sejam condições edafoclimáticas adequadas, sementes de boa qualidade genética, controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Para que a cultura possa atingir o potencial máximo de produtividade, é preciso que as semeadoras-adubadoras estejam adequadamente dimensionadas e reguladas de modo que: as sementes sejam satisfatoriamente distribuídas em termos de profundidade, posicionamento na linha de semeadura e em quantidade necessária para obter-se uma população de plantas ideal por unidade de área; as

sementes mantenham sua qualidade depois de passarem pelo mecanismo dosador; o fertilizante seja distribuído em quantidade, posição e profundidade adequada; seus mecanismos distribuidores não sejam afetados pelas possíveis variações da velocidade de deslocamento, do microrelevo e da declividade do terreno.

Sendo a operação da semeadura, a fase inicial do processo de estabelecimento da cultura do milho, é imprescindível que estudos sobre o desempenho de semeadoras-adubadoras sejam conduzidos, visto que uma das causas da baixa produtividade, reside na dificuldade de se estabelecer as condições ideais nesta fase e eventuais problemas somente serão detectados após a germinação das plântulas e seu desenvolvimento, quando a correção torna-se difícil e onerosa.

Vários trabalhos têm comprovado a heterogeneidade dos solos brasileiros, detectada pela variabilidade de parâmetros físicos, químicos, mecânicos e mineralógicos, e têm verificado sua influência na eficiência operacional de sistemas mecanizados agrícolas. Assim, sugere-se que estudos locais, em condições de solo e utilizando máquinas comercializadas na região, sejam realizados de forma que possam auxiliar fabricantes e agricultores a aperfeiçoarem suas máquinas e otimizarem a produtividade das culturas.

O presente trabalho propôs-se a analisar o desempenho operacional de semeadoras-adubadoras de precisão na implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.), submetidas à três velocidades de deslocamento, na operação de semeadura direta, em duas condições distintas de preparo do solo.

Os objetivos específicos consistiram em avaliar parâmetros de regularidade da distribuição de sementes na linha e em profundidade, distribuição de fertilizante, mobilização e cobertura do solo, demanda energética, qualidade das sementes após a passagem pelo mecanismo dosador das máquinas, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho, quando da semeadura realizada por semeadoras-adubadoras, combinando-se dois mecanismos dosadores de sementes (pneumático e discos horizontais perfurados), três velocidades de deslocamento (4,4; 8,0 e 9,8 km.h⁻¹) e duas condições de preparo do solo (semeadura da cultura do milho após o cultivo de aveia preta em solo preparado com escarificador e em semeadura direta), em um Nitossolo Vermelho distrófico.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aspectos gerais da cultura do milho

Conforme dados do Agriannual (2002), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de grãos de milho, com produção inferior aos Estados Unidos e a China. A produção brasileira de grãos de milho sofreu flutuações nos últimos sete anos, na ordem de 30 a 41 milhões de toneladas, sendo que a previsão de produção para o ano agrícola de 2002 é de aproximadamente 36 milhões de toneladas. Deste montante, o Estado de São Paulo deverá contribuir com aproximadamente 3,3 milhões de toneladas, sendo a região Sudeste responsável pela segunda maior produção, perdendo apenas para a região Sul, cujo Estado de maior participação é o Paraná, com previsão aproximada de 10,5 milhões de toneladas de grãos de milho para o ano de 2002.

A área brasileira cultivada com milho, variou nos últimos sete anos de 11 a 14 milhões de hectares. Para o ano agrícola de 2002, têm-se uma previsão de aproximadamente 11,6 milhões de hectares cultivados com milho (queda da ordem de 11,6% em relação à safra de 2001). A região sudeste apresentou pequenas flutuações, sendo que no ano agrícola de 2001 foram cultivados aproximadamente 2,6 milhões de hectares com a cultura do milho e, deste montante 45% no Estado de São Paulo. Comparado com períodos anteriores, houve aumento na produtividade média brasileira de grãos de milho, passando para

3,2 t.ha⁻¹ (Agrianual, 2002).

De acordo com Mello Filho & Richetti (1997), a cultura do milho em âmbito nacional é de relevante importância tanto sob aspecto econômico, quanto social. Caracteriza-se também por sua importância agrônômica, sendo utilizada em sistemas de rotação de culturas, principalmente em agrossistemas em que a soja é a cultura predominante. Os mesmos autores citaram que no sistema de plantio direto, o milho é uma alternativa econômica em programas de rotação de culturas, pois produz alta quantidade de matéria seca em relação ao mínimo de 5 t.ha⁻¹ requerido pelo sistema, bem como possui decomposição mais lenta, devido a sua maior relação carbono/nitrogênio, protegendo o solo por período de tempo mais longo. Segundo Fancelli (2002), devido a quantidade de resíduos produzidos, há uma relação de dependência entre o sistema de plantio direto e a cultura do milho.

4.2 Sistema de plantio direto

De acordo com Dallmeyer (2001) os sistemas de manejo do solo são classificados como intensivo (convencional com arados e grades), mínimo ou reduzido e plantio direto, sendo os dois últimos denominados também de manejos conservacionistas. O autor ressalta que no sistema de preparo reduzido, utilizam-se basicamente equipamentos de hastes, tais como escarificadores, cinzéis e subsoladores. Relatou que, apesar de no sistema de plantio direto, a operação executada seja a semeadura, foi convencioneado pela Federação de Associações de Plantio Direto na Palha que o sistema seria denominado Plantio Direto, cujo termo é de uso popular.

Segundo Castro (1990), os agricultores têm se preocupado em reduzir o número de operações de preparo do solo, como forma de economizar tempo e trabalho, bem como combustível, controlar a erosão e o teor de água no solo, mudando do sistema de manejo intensivo do solo para sistemas conservacionistas, como o preparo reduzido e o plantio direto.

Segundo dados da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2001), a adoção do sistema de plantio direto é crescente, sendo que no ano agrícola de 1999, a área brasileira cultivada nesse sistema foi de aproximadamente 13,4 milhões de hectares e neste período, o Estado de São Paulo possuía aproximadamente 348 mil hectares conduzidos

sob o sistema.

Derpsch et al. (1991), afirmaram que o plantio direto, aliado ao sistema de rotação de culturas com adubação verde, constitui uma técnica que, além de proteger o solo contra erosão, representa uma alternativa economicamente mais rentável em relação à monocultura e ao preparo do solo tradicional. Ressaltaram que os principais fatores que reduzem o custo nesse sistema são a economia de adubação fosfatada, herbicidas, combustível, redução de atividades com replantio de culturas e levantamento de terraços. Afirmaram ainda que no sistema de plantio direto e no preparo reduzido (com escarificação) do solo, os consumos de combustível, são respectivamente, de 67 e 22% inferiores ao consumo em preparo convencional com aração. Além destas, os autores enumeraram como vantagens do sistema de plantio direto o controle eficiente da erosão; aumento da retenção de água no solo; redução da temperatura do solo; aumento da atividade biológica e manutenção e/ou aumento da fertilidade do solo; redução do número das operações agrícolas e do requerimento de potência do trator; rendimentos melhores e mais estáveis, e economicidade. Como desvantagens, citaram: danos por geadas, custos com implementos e semeadura, controle de plantas daninhas (conforme definição de Lorenzi, 2000) mais complexo, suscetibilidade das culturas a doenças e maior necessidade de gerenciamento.

De acordo com dados da Agriannual (2001), o custo de produção da cultura do milho calculado com base no Estado de São Paulo, para o sistema de plantio direto foi 18% inferior ao custo de produção em solos preparados.

Segundo Hernani & Salton (1997), “o Sistema Plantio Direto (SPD) baseia-se em sistemas de rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em terreno coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado. Nesse sistema, utilizam-se semeadoras específicas para o corte da palha, abertura de pequeno sulco e deposição de sementes e fertilizantes. Realizam-se controle químico das plantas daninhas e um conjunto de outras práticas conservacionistas, que permitem manter uma cobertura morta sobre o solo em quantidade e qualidade adequada para, enfim, melhorar a sustentabilidade de todo o ecossistema”. Os autores recomendaram que a adoção do sistema de plantio direto requer cuidados especiais, evitando-se sua implantação em solos que apresentaram erosão em sulcos ou laminar, infestação de plantas daninhas de difícil controle, camadas compactadas, baixos teores de nutrientes, alta saturação de alumínio ou superfície altamente desagregada.

Araújo et al. (2001a) ressaltaram que antes da implantação desse sistema, se existirem camadas compactadas do solo, estas devem ser eliminadas.

Outro fator importante, tanto para a implantação, como para a manutenção do sistema de plantio direto, é o manejo da calagem do solo. Pöttker et al. (1998) avaliaram a eficiência de doses e métodos de aplicação de calcário em solos Latossolo Roxo Distrófico e Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, manejados sob sistema de plantio direto por mais de cinco anos e em solos originários de campo natural. Os autores concluíram que a técnica de aplicação de calcário na superfície do solo, mostrou-se eficiente para o controle dos fatores de acidez, tanto em áreas cultivadas sob sistema de plantio direto como em áreas de campo natural. Também afirmaram que a aplicação anual de pequenas doses de calcário em superfície não apresentou vantagens sobre a aplicação única de doses maiores.

Sob o aspecto de fertilidade do solo, Hernani & Salton (1997) afirmaram que a monocultura ou sucessão contínua de apenas algumas culturas, produzem desequilíbrios químicos no solo, devido à extração de nutrientes específicos, causando incidência de algumas espécies de plantas daninhas, de pragas e doenças, além de interferir na fertilidade, nas características físicas e mecânicas do solo e na produtividade das culturas. A exemplo disso, Mello Filho & Richetti (1997) ressaltaram que o cultivo do milho rotacionado com soja possui aspectos positivos no sentido de que utiliza praticamente os mesmos tipos de máquinas, equipamentos e instalações, resultando em redução de custos de produção; aproveita-se melhor os nutrientes do solo devido ao sistema radicular que explora diferentes profundidades e por não ser o milho agente multiplicador de patógenos causadores de doenças na cultura da soja.

Hernani & Salton (1997), relataram que estudos têm comprovado que a utilização de nabo forrageiro e tremoço, antecedente a cultura do milho, reduzem a necessidade de adubação nitrogenada.

Sendo pressuposto do sistema de plantio direto, a existência de considerável quantidade de palha sobre a superfície do solo, esta deve ser fornecida por espécies que possuem, entre outras características, grande capacidade de produção de matéria seca, elevada taxa de crescimento, resistência ao frio e à deficiência hídrica, além de não ser infestante, ser de fácil manejo, possuir sistema radicular profundo e vigoroso, capacidade de reciclar nutrientes, produzir sementes e ter elevada relação carbono/nitrogênio (Hernani &

Salton, 1997).

Araújo et al. (2001a), afirmaram que no sistema de plantio direto é comum a ocorrência de compactação da camada superficial do solo e que dependendo do seu nível, poderá prejudicar o desenvolvimento das plantas. Segundo os autores, a compactação do solo é causada pela pressão dos rodados e outros componentes das máquinas agrícolas, podendo aumentar com a realização de operações agrícolas em solo com alto teor de água e, que seus efeitos, podem ser minimizados com a utilização de sistemas de rotação de culturas, inserindo-se entre outras espécies, o nabo forrageiro e aveia, os quais promovem descompactação biológica.

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo protegem-o contra radiação solar excessiva, impacto de gotas de chuva e evaporação, mantendo relativamente estabilizadas a temperatura, o teor de água e a atividade microbiana nas camadas superficiais do solo. Possuem também efeito significativo sobre a emergência de espécies de plantas daninhas (Hernani & Salton, 1997). Segundo Vieira citado por Motta et al. (1997), a presença de palha na superfície do solo promove alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo, dependendo da origem e do tipo do resíduo de cobertura, além de ser um parâmetro essencial à conservação do solo. Já Pitelli citado por Paes e Rezende (2001) ressaltou que a presença de resíduos de plantas de cobertura na superfície do solo é importante no controle de plantas daninhas, considerando-se o efeito químico (alelopatia), físico e biológico. Segundo Paes e Rezende (2001) a cultura da aveia preta, em condições de campo, têm demonstrado grande potencialidade no controle de plantas daninhas no sistema de plantio direto na palha, destacando-se também pela grande produção de matéria seca.

Alvarenga et al. (2001), afirmaram que para o bom estabelecimento e formação de fitomassa de plantas de cobertura, deve-se selecionar espécies com maior potencial para condições locais, observando-se a disponibilidade de sementes, condições de solo, a tolerância à deficiência hídrica, a possibilidade de uso comercial, o potencial de serem hospedeiras de pragas e doenças. Os autores recomendaram realizar a semeadura na época adequada e apontaram o aumento da densidade de plantas como alternativa para aumentar a produção de fitomassa das culturas. Alertaram que as plantas de cobertura devem oferecer pequena resistência aos componentes de corte das semeadoras-adubadoras de forma que a operação de semeadura subsequente seja realizada sem dificuldades operacionais. Os autores

afirmaram que a quantidade de 6 t.ha⁻¹ de resíduos é adequada ao sistema de plantio direto, obtendo-se boa cobertura do solo. Alertaram porém, que dependendo da região, das condições edafoclimáticas e do tipo de planta, essa quantidade pode variar em função da facilidade ou dificuldade da produção de fitomassa e da taxa de decomposição. Segundo os autores, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte da região Nordeste do Brasil, o clima caracteriza-se por possuir inverno seco, dificultando o estabelecimento de plantas neste período, ao passo que as condições climáticas no período primavera-verão propiciam alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais, o que se constitui um desafio para o sistema de plantio direto em termos de produção de massa de cobertura.

De forma geral a taxa de decomposição dos resíduos é regulada pela relação carbono/nitrogênio (C/N) do material vegetal e do tipo de manejo da vegetação. Quanto à relação C/N, classificam-se as leguminosas como plantas de decomposição rápida e as gramíneas de decomposição lenta. Em relação ao manejo, deve-se atentar à uniformidade de distribuição das restecas e ao fato de que quanto menor o tamanho do material fragmentado, maior a superfície passível de ataque dos microrganismos e, conseqüentemente maior a velocidade de decomposição (Alvarenga et al., 2001). Araújo et al. (2001b), afirmaram que o método de manejo da vegetação é importante, pois o uso de rolo faca neste manejo, realiza o acamamento e o corte total ou parcial da vegetação existente, promovendo menor fragmentação de resíduos ou vegetação em relação ao manejo com trituradores e roçadoras, fazendo com que a decomposição desse material seja mais lenta.

4.3 Máquinas para semeadura direta

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

elas.

Para Molin & Chang (1992), os mecanismos distribuidores de sementes de precisão são basicamente de três tipos: disco horizontal perfurado, dedos prensores e pneumático. O disco horizontal perfurado possui orifícios onde se alojam as sementes, e, ao girar as mesmas são liberadas; o mecanismo de dedos prensores é constituído de um disco vertical em torno do qual são fixados os dedos, sendo que cada um ao fechar aloja uma semente até levá-las ao tubo condutor; o mecanismo pneumático utiliza-se de uma corrente de ar formada a partir de um ventilador, a qual prende as sementes através da pressão nos pequenos orifícios de um disco vertical, causando o mínimo de dano à semente. Monteiro (1989) afirmou que semeadoras pneumáticas reduzem os danos, porém, a distribuição das sementes mantém-se desuniforme, com a deposição de múltiplas sementes e espaçamentos diferenciados.

A utilização de máquinas e equipamentos agrícolas, quando feita de maneira adequada, melhora a eficiência operacional, aumenta a capacidade efetiva de trabalho, facilita as tarefas do homem no campo, possibilita a expansão das áreas de plantio, proporciona melhores produtividades e permite atender ao cronograma de atividades (Delafosse, 1986).

A operação semeadura/adubação é decisiva para o estabelecimento de culturas anuais para produção de grãos. Em preparos conservacionistas sua importância aumenta, visto que as condições de solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes que as verificadas nos preparos com intensa mobilização. As semeadoras-adubadoras utilizadas em preparos conservacionistas, dentre elas a semeadura direta, além de serem adaptadas à semeadura de diferentes espécies, cultivares, profundidades, densidades e espaçamentos, devem ser robustas e resistentes, possuir discos de corte e abridores de sulco capazes de cortar a vegetação e os restos culturais, depositar as sementes em profundidade uniforme, cobrindo-as e compactar o solo ao redor da mesma (Portella et al., 1993).

Desta forma, as semeadoras para semeadura direta devem ter: capacidade para cortar restos vegetais e romper o solo não preparado; elementos de corte, adubação e semeadura que evitem embuchamentos por restos culturais; possibilidade de regulagem de profundidade, densidade de semeadura e espaçamentos entre linhas; rodas

compactadoras para fechar os sulcos e compactar o solo ao redor das sementes, protegendo-as de ressecamento e ataque de pássaros e roedores (Derpsch et al., 1991).

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

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

Portella (1997) afirmou que em semeadoras-adubadoras de precisão, é preciso que as sementes tenham uniformidade de tamanho e forma, especialmente quando se utilizam dosadores mecânicos. Havendo desuniformidade, há possibilidade de que mais de uma semente se aloje por orifício, podendo ficarem expostas e serem danificadas pelo dispositivo raspador.

De acordo com Ribeiro et al. (1999) as semeadoras-adubadoras possuem dispositivos (rodas compactadoras) de cobertura e compactação, os quais devem proporcionar o contato do solo úmido com as sementes, cobrindo-as e pressionando firmemente o solo em torno das mesmas, na profundidade adequada e, deixar o solo solto na superfície para evitar a formação de crostas. Os autores relataram o desenvolvimento e oferta no mercado nacional de máquinas multisemeadoras, as quais permitem a semeadura de precisão e de fluxo contínuo, podendo ser utilizadas em semeadura de espécies que possuem sementes graúdas e miúdas.

Avaliações realizadas por Araújo et al. (2001a) demonstraram que o desempenho de semeadoras múltiplas, que executam operações de semeadura de precisão e de fluxo contínuo, foram semelhantes às demais, apresentando a vantagem de viabilizar a introdução de novas espécies vegetais, requisito para o sistema de rotação de culturas.

4.4 Fatores que afetam a eficiência de semeadura

Endres & Teixeira (1997) afirmaram que para se obter a população

desejada e adequada distribuição de sementes a semeadora-adubadora deve ser cuidadosamente regulada, efetuando-se a semeadura com densidade 20% superior ao estande final desejado, de forma a compensar possíveis perdas ocasionadas por ataque de pragas, deterioração das sementes por fungos e/ou danificações mecânicas durante a operação de semeadura. Os autores relataram a importância da uniformidade de distribuição espacial das plantas nas linhas de semeadura, afirmando que espaços não preenchidos ou adensados pela queda de múltiplas sementes, ocasionam maiores perdas devido à competição entre as plantas. Ressaltaram que tal problema pode ser amenizado através de adequada regulagem da semeadora-adubadora no que diz respeito à seleção de peneiras de acordo com as sementes e, principalmente, do mecanismo distribuidor de sementes utilizado.

Segundo Reis (2001), o bom desempenho de uma semeadora-adubadora quanto à precisão de semeadura, é afetado por erros de dosagem, deposição, profundidade e acondicionamento de sementes. O desempenho depende da eficiência de todos os componentes da máquina e não somente do mecanismo dosador.

4.4.1 Velocidade

Delafosse (1986) afirmou que a velocidade de trabalho é um dos parâmetros que mais influencia o desempenho de semeadoras, e que a distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura é afetada pela velocidade de deslocamento, que por sua vez, influencia diretamente o rendimento da cultura. Segundo Vieira & Reis (2001), a velocidade ideal de semeadura é aquela em que o sulco é aberto e fechado sem remover exageradamente o solo, permitindo distribuir as sementes com espaçamentos e profundidades constantes.

Portella et al. (1998a) estudaram o efeito da velocidade de deslocamento das semeadoras sobre o desempenho de mecanismos dosadores, na semeadura do milho, utilizando doze semeadoras. Concluíram que o melhor desempenho foi observado para semeadoras equipadas com mecanismo dosador alveolado horizontal e velocidade de deslocamento de 3,7 km.h⁻¹. Butierres (1980) avaliou em laboratório a uniformidade de espaçamentos e danificação mecânica de sementes de soja, quando submetidas a diferentes

semeadoras com mecanismo distribuidor de sementes do tipo disco horizontal e cilindro canelado, considerando a velocidade de avanço. O autor concluiu que houve menor uniformidade de espaçamento para as semeadoras quando deslocadas a baixa velocidade (3,4 km.h⁻¹). Afirmou que o mecanismo distribuidor do tipo disco horizontal com orifícios redondos apresentou a melhor uniformidade e que a variação da velocidade não influenciou o poder germinativo das sementes.

Furlani et al. (1999a) avaliaram a influência da velocidade de semeadura na cultura do milho em diferentes sistemas de preparo (convencional, reduzido e plantio direto). Constataram que a profundidade de deposição de sementes não apresentou diferenças estatísticas para as duas velocidades de deslocamento (3,0 e 5,0 km.h⁻¹). Resultados semelhantes foram encontrados por Justino (1998).

Silva et al. (2000) conduziram um trabalho em solo com sistema de plantio direto por 12 anos para verificar o estabelecimento da cultura do milho semeado com semeadora-adubadora equipada com dosador de disco horizontal perfurado nas velocidades de 3,0; 6,0; 9,0 e 11,2 km.h⁻¹ e profundidades de deposição de fertilizantes de 5 e 10 cm. Os autores concluíram que o número de plantas na linha de semeadura foi reduzido com o aumento da velocidade. Dambrós (1998), concluiu que a uniformidade de distribuição de plantas foi reduzida com o aumento da velocidade na operação de semeadura. Fey et al. (2000) também afirmaram que o aumento da velocidade na operação de semeadura de milho influenciou a uniformidade de distribuição longitudinal de plantas, porém não afetou a população de plantas e a produtividade de grãos.

Fey & Santos (2000) observaram uma relação linear decrescente entre a velocidade de semeadura e a população de plantas de milho, plantas com espigas, número de espigas, espaçamentos aceitáveis entre plantas e produção de grãos de milho. Com o aumento da velocidade de deslocamento houve redução nos valores dos parâmetros relacionados. Andersson (2001) também detectou redução na quantidade de sementes depositada por metro no solo, com o aumento da velocidade de semeadura.

4.4.2 Mecanismos dosadores

Portella (1997) relatou que os mecanismos dosadores de precisão são

classificados em mecânicos e pneumáticos. Como dosadores mecânicos tem-se dosador de disco horizontal perfurado, disco inclinado, dedos prensos, discos alveolados e alveolados de dupla fileira. Os dosadores de precisão mecânicos geralmente possuem forma de discos alveolados, sendo dispostos no fundo do reservatório de sementes, os quais ao girar, alojam e transportam as sementes até a abertura de saída, liberando-as. Os pneumáticos utilizam o ar como princípio de captação de sementes, possuindo discos (verticais) perfurados nos quais atuam efeitos de pressurização e sucção de ar, captando as sementes e transportando-as devido ao diferencial de pressão gerado, sendo liberadas ao solo quando o diferencial de pressão é eliminado. O mesmo autor afirmou que este mecanismo tem maior precisão na dosagem de sementes, no entanto, devido às variações no tamanho e forma das mesmas, há necessidade de variações nos discos e orifícios adequados às sementes das espécies cultivadas.

Para Andersson (2001) a falta de precisão de mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes, está relacionada com a falta de padronização desses insumos. A uniformidade na distribuição de fertilizantes deve ser mantida independentemente de variações nas engrenagens, velocidade de deslocamento da máquina e quantidade de produto no reservatório.

Portella et al. (1998b) avaliaram o desempenho de seis semeadoras-adubadoras através de parâmetros de regularidade de distribuição de fertilizantes e de sementes de trigo e soja. Os autores concluíram que para a semeadura da cultura do trigo, todas as semeadoras ensaiadas apresentaram desempenho satisfatório quanto à distribuição de sementes, especialmente as que utilizaram distribuidor do tipo rotor acanalado helicoidal. A melhor regularidade de distribuição de fertilizantes, tanto para a semeadura de trigo, quanto de soja, foi obtida em semeadoras-adubadoras com distribuidor tipo rotor acanalado helicoidal e rosca sem fim.

Trabalhando com diferentes velocidades de deslocamento, Mello et al. (2001a) concluíram que a semeadora equipada com mecanismo dosador pneumático apresentou melhor desempenho na distribuição longitudinal de sementes do que a semeadora de discos horizontais perfurados, obtendo em média 85,4 e 77,4% de espaçamentos aceitáveis para as respectivas semeadoras.

Analisando o enchimento de orifícios em dosadores perfurados horizontais de ferro e de plástico, Dambrós (1998) concluiu que independentemente da

velocidade, do tipo de dosador e da presença ou ausência de grafite, em todos os tratamentos, o enchimento de orifícios foi acima de 100%, indicando o alojamento de mais de uma semente por orifício do disco dosador. O autor observou também uma tendência de aumento do percentual de enchimento com o aumento da velocidade periférica dos discos dosadores de sementes. Concluiu que a velocidade, o tipo de disco dosador e a lubrificação de sementes afetaram a qualidade de semeadura no que diz respeito ao percentual de espaçamentos aceitáveis entre plantas.

4.4.3 Condições de solo

Casão Júnior et al. (1999), afirmaram que o comportamento das semeadoras-adubadoras de plantio direto é determinado pelo tipo de solo, sendo uma importante ferramenta para auxiliar as indústrias no aperfeiçoamento de seus produtos e auxiliar produtores a melhorar seus rendimentos através do emprego adequado e racional destas máquinas.

Problemas de desempenho de semeadoras-adubadoras de semeadura direta foram relacionados a solos com altos teores de argila. A alta resistência à penetração dos componentes rompedores nestes solos, associada à sua grande retenção de água, tem exigido uma constante adaptação das máquinas, especialmente na busca de soluções para problemas que afetam a uniformidade de emergência das plantas (Casão Júnior et al., 1997).

De acordo com Ralisch (2001), em solos com altos teores de argila, deve existir a preocupação com a compactação do solo, incluindo aquela causada pelas operações agrícolas de efeito cumulativo que atingem áreas exploradas pelo sistema plantio direto. Dependendo do nível de compactação, as perdas de produtividade podem ser significativas e exigir altos investimentos para seu controle. A ocorrência de camadas compactadas de solo prejudica a infiltração de água, as trocas gasosas, a atividade biológica e a penetração de raízes, sendo mais prejudicial quanto mais espessa e superficial. Tais camadas são provenientes do sistema de preparo convencional do solo ou originam-se no sistema de plantio direto quando da realização de operações agrícolas repetidas em condições inadequadas ou quando o programa de rotação de culturas e de cobertura vegetal não é

eficiente.

O nível de compactação do solo, é influenciado pela quantidade e distribuição da camada superficial mais rica em matéria orgânica e de resíduos vegetais, pela textura e estrutura do solo, pelo teor de água no solo por ocasião das operações mecanizadas, pelo peso da máquina e pelo tamanho das rodas (Seixas, 2002).

Ralisch et al. (2001) estudaram, em solo argiloso conduzido sob sistema de plantio direto durante três anos, o efeito da escarificação à 25 cm de profundidade sobre a resistência do solo à penetração. Após a escarificação, implantou-se a cultura do trigo e, posteriormente, a cultura da soja. Os autores concluíram que a operação de escarificação apresenta efeito imediato, reduzindo a resistência do solo à penetração nas camadas superficiais. Alertaram que, no entanto, este efeito tende a neutralizar-se no período de apenas uma safra agrícola.

Vieira & Reis (2001) afirmaram que boas condições de cobertura e compactação do solo ao redor das sementes dependem da quantidade de solo mobilizado pelo mecanismo sulcador, da profundidade de deposição de sementes, dos tipos de mecanismos de cobertura e de compactação e, do teor de água no solo por ocasião da semeadura.

Combinando três profundidades de semeadura de milho com quatro níveis de compactação do solo sobre as sementes, Furlani et al. (2001) verificaram que a resistência do solo à penetração aumentou com a utilização das maiores cargas no solo e profundidade de semeadura.

4.5 Parâmetros para avaliação de semeadoras-adubadoras na semeadura direta

Casão Júnior et al. (1999) desenvolveram uma metodologia para avaliar semeadoras-adubadoras de semeadura direta. As avaliações referiram-se basicamente a ensaios de distribuição transversal de fertilizantes e sementes, desempenho agrônomico da semeadura, demanda energética, avaliação qualitativa do desempenho das semeadoras e análises morfológicas das máquinas submetidas a diferentes velocidades de deslocamento (4,5; 8,0 e 12,0 km.h⁻¹), em classes distintas de solos.

Os mesmos autores realizaram avaliações quantitativas, linha a linha

da distribuição de fertilizantes, e, quantitativa e qualitativa para distribuição e danos mecânicos nas sementes. O desempenho agrônômico na operação de semeadura foi avaliado através do corte da palha, profundidade de semeadura e de aplicação de fertilizantes, volume de solo mobilizado, cobertura do sulco, velocidade de emergência e estande final de plantas da cultura. A demanda energética operacional das semeadoras foi obtida por instrumentação eletrônica, para velocidade de deslocamento na parcela experimental, consumo de combustível, rotação instantânea do motor, patinagens dos rodados do trator, patinagem das rodas acionadoras da semeadora e força de tração.

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

Casão Júnior et al. (1998), Araújo et al. (1999a) e Casão Júnior et al. (2000a) desenvolveram trabalhos de avaliação do desempenho de diferentes semeadoras-adubadoras para semeadura direta. Em todos os trabalhos foram avaliados parâmetros de: dosagem de fertilizantes e de sementes; corte de palha e abertura de sulco para fertilizante; abertura, cobertura e compactação do sulco de sementes; profundidade de deposição de sementes; demanda energética e análise morfológica das máquinas.

4.5.1 Distribuição de sementes e fertilizantes

Mantovani et al. (1992) avaliaram nove semeadoras-adubadoras de milho e concluíram que a velocidade, independentemente da semeadora ensaiada, não interferiu na uniformidade de distribuição, exceto para uma unidade de semeadora-adubadora em que a menor velocidade apresentou melhor distribuição. Os autores observaram que o coeficiente de variação para distribuição de fertilizante variou de 6 a 57% nas semeadoras-adubadoras estudadas.

Oliveira (1997) não detectou variação significativa na uniformidade de distribuição transversal de fertilizante por unidade de linha de semeadura, obtendo coeficiente

de variação de 2,60 e 2,82% para velocidades de 5,0 e 7,0 km.h⁻¹, respectivamente. Por outro lado, observou redução de 6,52% e aumento de 8,52% da quantidade de fertilizante prevista, para as respectivas velocidades. Andersson (2001), trabalhando nas mesmas velocidades, verificou que a distribuição de fertilizante não foi influenciada pela velocidade e que o maior coeficiente de variação entre as linhas de semeadura foi de 4,35%.

Casão Júnior et al. (2000b), detectaram grande variação (20%) na dosagem de fertilizante nas velocidades de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹ para a semeadura de soja. Já Casão Júnior et al. (2000a), obtiveram adequada distribuição de fertilizante, não encontrando interação entre as unidades de semeadura.

Em estudos realizados por Casão Júnior et al. (2001a), verificou-se que houve variação na distribuição de fertilizante de até 12% em semeadoras-adubadoras de precisão para uma regulagem de 200 kg.ha⁻¹ de fertilizante. Quanto à distribuição de sementes, os autores observaram variações médias inferiores a 7% da dosagem regulada de sementes.

Kurachi et al. (1986) relataram que as semeadoras-adubadoras fabricadas em diferentes tipos e modelos no mercado brasileiro devem ter sua eficiência avaliada através de dois parâmetros principais com relação à distribuição longitudinal de sementes, sendo eles a percentagem de espaçamentos aceitáveis e o coeficiente de variação geral da produção de espaçamentos. Segundo Kurachi et al. (1989), estudos apontaram a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para a obtenção de um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, de uma melhor produtividade da cultura.

Mantovani & Bertaux (1990) e Santos & Weirich Neto (1999), na avaliação de semeadoras de milho, concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes era irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular à medida que a velocidade de avanço aumentava. Rocha et al. (1992), avaliaram oito semeadoras de milho com relação à eficiência de seus sistemas de distribuição de sementes, fertilizantes e controle de profundidade de semeadura. Os autores verificaram que não houve diferença entre a eficiência operacional dos referidos sistemas, independentemente da velocidade de deslocamento.

Trabalhando com velocidades de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹, Araújo et al. (1999a), verificaram que houve boa uniformidade na profundidade de semeadura de milho e

soja em todas as linhas. Em relação à uniformidade de distribuição longitudinal de plantas de milho, para as duas velocidades obteve-se desempenho semelhante, com espaçamentos normais entre plantas superior a 60%. Os autores observaram também que com o aumento da velocidade houve redução nos espaçamentos normais e aumento nos duplos. Já Silva (2000b), concluiu que a uniformidade de distribuição de sementes não foi influenciada pela velocidade de deslocamento na implantação de culturas de milho e soja.

Fey et al. (2001), avaliaram o índice de enchimento do disco dosador de sementes de soja submetidos à velocidades de 6,0; 8,0 e 10,0 km.h⁻¹ e tratamentos com fungicidas, inoculantes e lubrificantes. Concluíram que a presença de grafite, individual ou combinado com fungicida e inoculante, reduziu significativamente o índice de enchimento do disco dosador, o mesmo ocorrendo com o aumento da velocidade para todos os tratamentos.

Mahl et al. (2001), avaliaram em solo argiloso, três velocidades de deslocamento e dois mecanismos sulcadores na semeadura de milho. Os autores concluíram que com o aumento da velocidade de deslocamento da semeadora, houve redução no percentual de espaçamentos aceitáveis e conseqüente aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos; o sulcador para fertilizante do tipo haste propiciou maior profundidade de deposição de sementes em relação ao de discos duplos, sendo que a profundidade não foi influenciada pela velocidade de deslocamento.

Takahashi et al. (2001), avaliando uma semeadora-adubadora de plantio direto pneumática com diferentes mecanismos sulcadores e rodas compactadoras, detectaram que o mecanismo sulcador de hastes, depositou o fertilizante e as sementes em profundidades maiores que o sulcador de discos e não encontraram diferenças significativas na distribuição longitudinal de sementes de milho.

Tourino (1993), afirmou que a distribuição espacial de plantas de milho pode ocasionar perdas de 15% ou mais na produtividade de grãos. Por outro lado, Rizzardi et al. (1994), estudando a desuniformidade de distribuição de plantas de milho na linha de semeadura, considerando espaçamentos entre linhas de 0,7 e 0,9 m, sob mesma densidade de semeadura, concluíram que a produtividade e os componentes de produção da cultura foram capazes de compensar os espaçamentos oriundos da desuniformidade de distribuição de sementes.

Mantovani et al. (1992), avaliaram em campo, o desempenho

operacional de nove semeadoras-adubadoras de milho submetidas às velocidades de 5,0; 6,5 e 7,5 km.h⁻¹. Verificaram que o desempenho das mesmas diferiu em relação à percentagem de espaçamentos aceitáveis entre sementes, ao estande de plantas, à distribuição de fertilizante e à profundidade de semeadura. As semeadoras-adubadoras com mecanismo dosador pneumático e sistema de discos perfurados apresentaram desempenho semelhante em relação à precisão de semeadura, sendo que o melhor valor percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes foi de 78%. Afirmaram ainda que todas as semeadoras ensaiadas foram sensíveis ao aumento da velocidade quanto à uniformidade de distribuição de sementes e que a velocidade de deslocamento na operação de semeadura não interferiu na profundidade de deposição de sementes, havendo no entanto, diferenças entre as semeadoras estudadas.

Analisando o desempenho de uma semeadora-adubadora, na implantação da cultura do milho, Silva et al. (2000) classificaram a uniformidade de espaçamentos entre sementes como excelente, na velocidade de 3,0 km.h⁻¹; regular para 6,0 e 9,0 km.h⁻¹; e, insatisfatória na velocidade de 11,2 km.h⁻¹. Estudando também a variação de profundidade de deposição de fertilizante (5 e 10 cm), observaram que a adubação realizada na profundidade de 10 cm, associada à velocidade de até 6 km.h⁻¹, proporcionou maiores estandes de plantas, número de espigas e rendimentos de grãos de milho. A profundidade média de semeadura não foi alterada pela variação de velocidade e profundidade de adubação.

Pacheco et al. (1996) avaliaram em laboratório uma semeadora, testando, através da distribuição das sementes de milho, diferentes alturas de queda (400, 300 e 200 mm) e posição de saída das mesmas em diferentes velocidades e conformação do tubo condutor. Os autores concluíram que os tratamentos não interferiram na uniformidade de distribuição longitudinal de sementes e que o aumento da velocidade prejudicou o desempenho da semeadora, classificando-o como bom, regular e insatisfatório nas velocidades 5,0; 7,0 e 9,3 km.h⁻¹, respectivamente.

Portella et al. (1999), buscando melhorar a eficiência de distribuição de sementes em mecanismos dosadores de precisão e de fluxo contínuo e possibilitar o aumento da velocidade de deslocamento, projetaram e testaram o uso de um controlador eletrônico de performance de dosagem de sementes no desempenho de uma semeadora Uniflux, em que as sementes são dosadas através de um conjunto de sensores eletrônicos, os quais controlam o movimento do eixo de acionamento do dosador pneumático de sementes. A semeadora foi

avaliada em campo, nas velocidades de 3,5; 5,0; 7,5 e 10,0 km.h⁻¹, com turboventilador girando com 60 mbar de pressão para a dosagem das sementes de milho. Nestas condições obteve-se em média 98,6% de preenchimento dos orifícios do disco dosador. Com a mesma pressão, na velocidade de 5,0 km.h⁻¹, observaram que 89,1; 4,3 e 6,6% dos espaçamentos entre plantas de milho foram classificados como normais, múltiplos e falhas, respectivamente.

Mello et al. (2001a), avaliando a distribuição de sementes e a produtividade, no desempenho de duas semeadoras com mecanismo dosador do tipo pneumático e disco horizontal perfurado, submetidas a quatro diferentes velocidades de deslocamento, concluíram que: o aumento de velocidade de 3,4 para 7,4 km.h⁻¹ na semeadora pneumática não causou variação significativa no percentual de espaçamentos aceitáveis, no estande inicial e na produção de grãos de milho; em relação a menor velocidade testada, o estande final foi reduzido na maior velocidade; em ambas as semeadoras, a produção de grãos não foi afetada pela velocidade de semeadura.

Na operação de semeadura de milho com variação de velocidade de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹, Casão Júnior et al. (2000a), detectaram que 1,4 e 3,4% das sementes ficaram expostas nas respectivas velocidades. A semeadora-adubadora apresentou desempenho aceitável quanto à distribuição longitudinal de sementes (67% de espaçamentos aceitáveis) na velocidade de 4,5 km.h⁻¹, sendo que, aumentando-se a velocidade houve redução significativa no percentual de espaçamentos normais e aumento de espaçamentos múltiplos e falhos. Os autores observaram alta variabilidade na profundidade das sementes em cada linha de semeadura isoladamente (coeficiente de variação de 26 a 40%), sendo reduzido significativamente entre as linhas da semeadora.

Dambrós (1998), objetivando avaliar a qualidade de semeadura de milho, estudou em laboratório e campo, os efeitos de mecanismos dosadores de sementes, velocidades de deslocamento (5,0 e 7,6 km.h⁻¹) e tratamento de sementes com lubrificação, sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, enchimento de orifícios do disco dosador e qualidade das sementes após a passagem pela semeadora. O autor verificou que a semeadora-adubadora pneumática com disco dosador vertical, apresentou maior percentual de espaçamentos aceitáveis entre plantas de milho e menor coeficiente de variação na menor velocidade testada (5,0 km.h⁻¹). Desempenho semelhante foi obtido na semeadora com dosador de disco perfurado horizontal de plástico, na mesma velocidade e utilizando-se

sementes lubrificadas com pó de grafite. Com relação aos espaçamentos aceitáveis, o autor verificou que o dosador pneumático na velocidade de $5,0 \text{ km.h}^{-1}$ apresentou melhor desempenho em relação aos demais tratamentos, obtendo-se 75,27% de espaçamentos aceitáveis, o mesmo acontecendo para o parâmetro espaçamentos múltiplos, em que o referido tratamento apresentou 9,38% e os demais obtiveram valores mais elevados. O autor acrescentou às análises, o parâmetro “precisão de semeadura”, o qual é baseado na variabilidade de plantas em cada linha, correspondendo ao cálculo do coeficiente de variação somente entre os espaçamentos aceitáveis. Observou que a semeadora com dosador pneumático na velocidade de $5,0 \text{ km.h}^{-1}$ apresentou melhor precisão de semeadura, ao passo que o pior desempenho deste parâmetro foi obtido para o dosador de disco horizontal perfurado de plástico, na velocidade de $7,6 \text{ km.h}^{-1}$ com sementes de milho não lubrificadas.

Bonnin Acosta (2000), avaliou em condições de laboratório e de campo, semeadoras de covas para semeadura direta de milho, com diferentes configurações e mecanismos dosadores (pneumático, dedos prensores e tipo colher), considerando variação de velocidade de $5,4$; $7,2$ e $9,0 \text{ km.h}^{-1}$. Mediante análises de espaçamentos normais, múltiplos e falhos entre sementes, coeficiente de variação e precisão, o autor observou que o desempenho quanto aos parâmetros estudados foi melhor para a semeadora de cova com dosador pneumático na velocidade de $7,2 \text{ km.h}^{-1}$. Em trabalhos de campo a semeadora com dosador de dedos prensores apresentou melhor desempenho na velocidade de $7,2 \text{ km.h}^{-1}$, ao passo que para o mecanismo dosador tipo colher, o melhor desempenho quanto à distribuição foi obtido na velocidade de $5,4 \text{ km.h}^{-1}$.

Oliveira (1997), avaliou o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora, submetida à variação de velocidade em solos Podzólicos Vermelho-Amarelo câmbico e Latossolo Vermelho-Amarelo, com coberturas vegetais de milho, labe-labe e vegetação espontânea. O autor concluiu que o número de sementes distribuídas e o estande final de plantas não foram influenciados pelos tratamentos estudados. Também não detectou variação significativa do efeito dos tratamentos sobre o percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, bem como do coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes.

Santos et al. (2000), avaliaram a distribuição longitudinal de plantas de milho quando semeadas por uma semeadora-adubadora com mecanismo dosador pneumático,

com seis unidades de semeadura, espaçadas de 0,8 m, nas velocidades de 5,0; 7,0 e 9,0 km.h⁻¹. Os autores concluíram que o aumento da velocidade de semeadura influenciou linearmente os espaçamentos aceitáveis e falhos entre as plantas de milho. Por outro lado, Andersson (2001), detectou aumento da presença de espaçamentos duplos em decorrência do aumento da velocidade de deslocamento, quando utilizou mecanismo dosador de discos horizontais perfurados.

Justino (1998), desenvolveu uma bancada estacionária e portátil em laboratório para realizar testes com semeadoras-adubadoras. O autor avaliou o efeito da velocidade tangencial do mecanismo dosador de sementes de disco horizontal perfurado através da alteração do número de furos e da velocidade de deslocamento. Posteriormente verificou em sistema de plantio direto (solo Nitossolo), o comportamento da semeadora-adubadora operada na faixa de velocidade tangencial que apresentou melhores resultados em laboratório. O autor concluiu que: o aumento da velocidade tangencial do mecanismo dosador pelo aumento da velocidade de deslocamento, prejudicou o desempenho da semeadora na distribuição de sementes de milho, após atingir 7,3 km.h⁻¹; o aumento da velocidade de deslocamento não interferiu na profundidade de semeadura, não alterou o mecanismo de corte e abertura de sulco; a redução da velocidade tangencial do disco dosador aumentou o índice de enchimento de orifícios do disco dosador.

Mantovani et al. (1999), avaliaram por meio da percentagem de preenchimento de orifícios do disco dosador de sementes de milho, o efeito da velocidade de deslocamento, do tamanho da semente e do tratamento químico com inseticidas e com pó de grafite, no desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes (disco horizontal e dedos prensores). Os autores verificaram que a dose de grafite indicada para uso no depósito de sementes deve ser de no mínimo 4 g.kg⁻¹ de sementes; a melhor velocidade de plantio para o sistema de distribuição de sementes de disco foi de 5,0 km.h⁻¹ e, para o sistema de dedos prensores, 7,0 km.h⁻¹; o uso de inseticida nas sementes melhorou o desempenho da semeadora com sistema de dedos prensores; no sistema de distribuição de sementes com disco, o uso de inseticidas dificultou o enchimento das células, comprometendo o desempenho do sistema.

4.5.2 Demanda energética

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

Righes et al. (1990), avaliaram o desempenho mecânico de sulcadores em semeadura direta, determinando o trabalho específico necessário por metro de linha semeada, quando submetidos a três diferentes velocidades. Para medir a força na barra de tração, utilizaram uma célula de carga equipada com extensômetros elétricos, acoplada à barra de tração por um dispositivo que permitia comunicar à célula de carga somente os esforços na direção de deslocamento do trator. Os autores verificaram que os mecanismos de discos duplos demandaram menor energia do que os mecanismos tipo cinzel ou rotativo.

Coelho (1998), avaliou em solo Podzólico Vermelho Escuro Eutrófico conduzido por quatro safras no sistema de plantio direto, o desempenho de cinco combinações de sulcadores para unidades semeadoras e adubadoras. As combinações resultaram dos elementos disco duplo, disco duplo defasado, disco simples angulado, faca sulcadora e faca sulcadora com ponteira, sendo os três últimos protótipos. Para quantificar a força de tração demandada na operação de semeadura, o autor utilizou dois tratores agrícolas em forma de “comboio”, uma célula de carga e um sistema de aquisição de dados composto de amplificador de sinais, conversor V/F e cronômetro. Verificou que os sulcadores para adubação do tipo facas sulcadoras exigiram maior força de tração e revolveram maior quantidade de solo em relação aos demais tratamentos, embora, não apresentassem diferenças estatísticas entre si.

Segundo Corrêa et al. (1995), dentre os diversos termos utilizados na literatura para expressar o movimento relativo de um rodado motriz, sobre a superfície que o suporta (entre eles: patinhagem, patinagem, deslizamento, patinamento), o termo mais adequado é patinagem.

Oliveira (1997), avaliando em um Latossolo e um Argissolo (Podzólico), detectou incremento na demanda de potência com o aumento da velocidade de

5,0 para 7,0 km.h⁻¹, o mesmo ocorrendo com o solo Podzólico em relação ao Latossolo. O autor observou que: a patinação no Latossolo foi maior que no Argissolo, independentemente da velocidade e do tipo de cobertura vegetal predominante; houve maior patinação das rodas da semeadora-adubadora na maior velocidade, exceto para cobertura de resíduos de milho; não houve variação de consumo de combustível com relação à variação de cobertura vegetal de milho, labe-labe e vegetação espontânea, em ambos os solos Latossolo e Argissolo (Podzólico), no entanto, ocorreu aumento do consumo horário de combustível com o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora.

Em ensaios com semeadoras de preparo reduzido e de plantio direto testadas à diferentes teores de água no solo, Bombardelli et al. (1999), verificaram que no preparo reduzido a operação de semeadura apresentou maior requerimento de força de tração em maior teor de água no solo (39%), ao passo que, a semeadura direta apresentou maior requerimento de esforço de tração em relação ao preparo reduzido em todas as condições de umidade testadas, sendo que no menor teor de água estudado (33%), exigiu maior requerimento.

Casão Júnior et al. (2000b), avaliaram na implantação de culturas de milho, soja e trigo, em solos argilosos, duas semeadoras-adubadoras diretas com hastes sulcadoras para fertilizantes e sulcadores de discos duplos desencontrados para sementes. Os autores concluíram que a variação da velocidade provocou aumento da força de tração e que o teor de água no solo interferiu na demanda de potência, sendo maior para solos com maior teor de água. Siqueira et al. (2000), testando diferentes hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto em diferentes teores de água e profundidade de sulco, verificou que a maior profundidade (12,5 cm) exigiu maior força e potência e que o teor de água no solo não afetou o requerimento de potência.

Siqueira et al. (2001), avaliando quatro semeadoras-adubadoras na operação de semeadura direta de soja, equipadas com sulcadores do tipo haste, detectaram aumento significativo no requerimento de força de tração e potência média e máxima na barra, força de tração e potência específica (em unidade de N e kW/linha.cm de profundidade) média e máxima, com o aumento da velocidade de deslocamento de 4,7 para 8,3 km.h⁻¹.

Avaliando dez semeadoras-adubadoras de plantio direto, Casão Júnior et al. (2001a), observaram que a força de tração máxima foi em média 10% maior que a força

média exigida na barra de tração. Os autores obtiveram valores de força específica média de 20 kgf/linha.cm de profundidade, sendo que atribuíram o aumento de exigência de força e potência ao projeto, número e à área de contato dos elementos sulcadores.

A maioria das máquinas agrícolas para semeadura disponíveis no mercado possui mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes acionados pelo rodado, cuja eficiência tem relação direta com as condições de contato rodado-solo, sendo influenciada pela carga vertical, pelas características da roda e pelas propriedades físicas do solo. Estes fatores determinam o índice de patinagem do rodado, o qual em áreas de plantio direto apresenta menores índices devido à melhor resistência do solo ao rolamento, o que permite efetuar a operação de semeadura com maior teor de água no solo, em relação ao solo com preparo convencional (Vieira & Reis, 2001).

Reis (2000), avaliando, em solo argiloso, a influência do teor de água no solo sobre a qualidade e rendimento de trabalho de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto, não detectou diferenças significativas para o consumo de combustível e a patinagem dos rodados do trator e das semeadoras-adubadoras. O autor observou que todos os teores de água no solo (quatro níveis) testados propiciaram uma relação solo-semente satisfatória para a emergência das plântulas de milho.

Marques et al. (1999), avaliando em Nitossolo, a implantação da cultura do milho em sistemas de preparo convencional e plantio direto sob diferentes métodos de manejo de vegetação espontânea (químico, rolo faca, roçadora e triturador de palha), observaram que os tratamentos em plantio direto não diferiram entre si para as variáveis velocidade de deslocamento, capacidade de campo teórica, consumo de combustível, força de tração, potência média na barra, potência no pico de força e energia utilizada. Marques (1999), concluiu que os tratamentos com semeadura direta demandaram menor tempo efetivo, consumo de combustível horário e por unidade de área e menor requerimento específico de energia por área, em relação ao convencional. O autor indicou o manejo químico como melhor alternativa, por apresentar a menor demanda dentre os parâmetros avaliados, sem interferir na produtividade. Levien et al. (1999), estudando os mesmos tratamentos, concluíram que a patinagem das rodas motrizes do trator foi influenciada pelos tratamentos e responsável pelas diferenças significativas nos parâmetros capacidade de campo e potência na barra.

Furlani (2000), avaliando a demanda energética na operação de

semeadura da cultura do feijoeiro, nos sistemas de preparo de solo convencional, reduzido e plantio direto, encontrou maior demanda de força integrada e instantânea, pico de força na barra de tração e maior consumo de combustível para a semeadura realizada em solo sob sistema de preparo reduzido com uso de escarificador. O autor também detectou que a patinagem dos rodados motrizes traseiros do trator na operação de semeadura foi menor no sistema de plantio direto em relação ao preparo reduzido.

Mantovani et al. (1992), avaliaram em campo o desempenho operacional de nove semeadoras-adubadoras de milho submetidas à variação de velocidade e concluíram que todas apresentaram menor requerimento de potência em relação ao indicado pelos fabricantes. Justino (1998), concluiu que o aumento da velocidade de deslocamento reduziu a patinagem da roda motriz da semeadora-adubadora e aumentou a capacidade de campo efetiva.

Silva (2000b), avaliou em Latossolo, a demanda energética em semeadoras-adubadoras de precisão para semeadura direta com diferentes mecanismos sulcadores para fertilizante e velocidades de deslocamento na implantação das culturas de milho e soja. O autor verificou que: o mecanismo sulcador do tipo facão apresentou maior requerimento de força (13,32 kN), seguido pelos tipos guilhotina e pelos discos duplos; a força de tração média na barra solicitada pelas semeadoras-adubadoras de precisão variou em função dos mecanismos sulcadores utilizados e da profundidade de deposição de sementes.

4.5.3 Mobilização e cobertura do solo

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

Tanto para semeadura de soja quanto para a do milho, Casão Júnior et

al. (2000b), obtiveram maior profundidade do sulco e área mobilizada, na maior velocidade testada ($8,0 \text{ km.h}^{-1}$) em relação à menor ($4,5 \text{ km.h}^{-1}$). Casão Júnior et al. (2001b), avaliando em solo argiloso, a qualidade de semeadura de feijão de dez semeadoras-adubadoras equipadas com hastes sulcadoras, em relação à exposição do solo, observaram que houve variação de 13 a 23% de solo exposto em cobertura de aveia, 26 a 53% em resteva de milho e 19 a 59% na mistura de coberturas (aveia preta, nabo forrageiro e ervilha forrageira). O índice de solo exposto foi determinado em relação à condição original de cobertura.

Coelho (1998), testando diferentes combinações de sulcadores para fertilizantes e sementes em solo Argissolo Vermelho Escuro Eutrófico (Podzólico Vermelho Escuro Eutrófico), conduzido sob sistema de plantio direto, avaliou a área de secção transversal mobilizada, através de um microperfilômetro composto de 45 hastes espaçadas de 10 mm e observou que os elementos sulcadores e cortadores de palha compostos por discos, apresentaram menor mobilização de solo na operação de sulcamento em relação aos sulcadores compostos por hastes. Utilizando combinações de cinco elementos sulcadores, o autor não encontrou diferenças estatísticas significativas para a percentagem de cobertura do solo após a semeadura. Entretanto, a melhor configuração obtida deixou apenas 40% de cobertura, trabalhando-se com espaçamentos entre linhas de 0,5 m.

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

Siqueira et al. (2000) e Oliveira et al. (2000b), estudaram o desempenho de diferentes hastes sulcadoras (dimensões e ângulos) de semeadoras-adubadoras de plantio direto em solo classificado como Latossolo, considerando diferentes teores de água e profundidades de trabalho. Os autores concluíram que: os teores de água não afetaram a

velocidade de deslocamento, os esforços vertical e horizontal e a potência; o menor teor de água (30%) apresentou a maior largura do sulco e área mobilizada; a menor profundidade de trabalho (7,5 cm) apresentou menor largura, empolamento e área mobilizada do sulco; as hastes não diferiram em relação à profundidade de trabalho, largura do sulco e área mobilizada. Os autores afirmaram que é possível selecionar hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto que exijam menores esforços e potência e que, selecionando teores de água e profundidade de trabalho, pode-se reduzir a mobilização do solo.

Estudos realizados por Bertol & Fischer (1997), revelaram que a percentagem de cobertura vegetal do solo em semeadura direta foi significativamente superior à obtida nos tratamentos de escarificação com rolo destorroador, escarificação, gradagem seguida de escarificação e escarificação seguida de gradagem. A operação de semeadura direta de soja, reduziu em apenas 4,8% o percentual de cobertura do solo.

Lopes et al. (2001), trabalhando em três sistemas de preparo do solo (reduzido, convencional e plantio direto) não detectaram variação no percentual de incorporação de cobertura vegetal, no número de plântulas emergidas e na profundidade de deposição de sementes de milho, quando se aumentou a velocidade de semeadura de 3,0 para 5,0 km.h⁻¹.

Avaliando a combinação de mecanismos sulcadores com diferentes velocidades de semeadura de milho, Silva et al. (2001b), verificaram que: o aumento da velocidade acarretou redução significativa no índice de manutenção de cobertura do solo, o qual não foi influenciado pelo mecanismo sulcador; o sulcador de haste quando comparado ao de discos duplos, mobilizou maior área de solo e apresentou menor número de sementes expostas na superfície; a área de solo mobilizado e o número de sementes expostas não foram influenciados pela variação de velocidade.

4.5.4 Danificação de sementes

De acordo com Marcos Filho et al. (1987), a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando sua capacidade para dar origem a uma plântula normal sob condições ambientais favoráveis. O

teste de germinação tem como objetivo a obtenção de informações que permitam determinar o vigor das sementes para a semeadura e a comparação do vigor de diferentes lotes.

Testes de vigor são utilizados para prever com precisão o percentual de emergência de plântulas em campo, visto que o teste de germinação é realizado sob condições ótimas, artificiais e padronizadas, ocasionando uma possível superestimativa do potencial fisiológico das sementes. O vigor é o reflexo das características que determinam o potencial das sementes para emergência rápida e uniforme de plântulas, sob uma diversidade de condições ambientais. É portanto, de fundamental importância conduzir mais de um teste de vigor, para indicar com precisão o potencial de desenvolvimento das sementes. Os comitês de vigor de sementes da International Seed Testing Association - ISTA e da Association of Official Seed Analysts – AOSA, apresentaram em comum os seguintes testes mais convenientes para avaliação de vigor: classificação do vigor de plântulas, taxa de crescimento de plântulas, envelhecimento acelerado, teste de frio, teste de tetrazólio e condutividade elétrica (Marcos Filho, 1999).

De acordo com Nakagawa (1999), é possível avaliar o crescimento de plântulas, determinando-se seu comprimento ou mensurando-se o peso da matéria seca do eixo embrionário da plântula. Segundo o autor, ambas as determinações tornam o teste de fácil execução e reprodutibilidade, pois são medidas de grandeza física e não dependem de subjetividade do analista de sementes. O autor ressaltou que amostras que apresentam maiores valores médios de comprimento de plântulas normais, são mais vigorosas.

Para Vieira & Krzyzanowski (1999), o teste de condutividade elétrica baseia-se na quantidade de íons liberados pela semente para a solução de embebição, devido ao grau de deterioração ou dano que ela apresenta, interferindo assim sobre seu vigor. Os autores ressaltaram que um dos fatores que afetam os resultados de condutividade elétrica são os danos mecânicos e, que em estudos realizados por outros pesquisadores, verificou-se que a presença de poucas sementes mecanicamente danificadas em uma amostra, aumentou significativamente a condutividade em relação à amostra com sementes sem danos ou injúrias.

Conforme Barros et al. (1999), o teste de frio é largamente utilizado para análise de vigor de sementes de milho, possuindo o princípio básico de expor as sementes a fatores adversos de baixa temperatura e alta umidade do substrato, e, nessas condições a capacidade da semente germinar pode ser afetada pela herança genética, presença de danos

mecânicos, tratamento utilizado e condições fisiológicas da semente.

Em relação aos danos mecânicos ocasionados nas sementes pelos mecanismos dosadores de semeadoras, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1994), descreve que a danificação total das sementes pode ser subdividida em danificação física (constituída de danos visíveis) e fisiológica (não visíveis), sendo que a identificação e quantificação exigem o emprego de métodos laboratoriais.

Para identificar injúrias mecânicas nas sementes, Dias & Barros, (1995), descreveram dois testes: o verde rápido e a coloração com tintura de iodo. Em ambos os testes as sementes são colocadas em contato com solução de “fast green FCF” e iodo respectivamente, e, as injúrias são identificadas pelas colorações (verde e azul) na região danificada.

Oliveira et al. (1998), desenvolveram um estudo para avaliar a eficiência da utilização dos corantes “amaranth”, “fast green” e iodo, na detecção de danos mecânicos em sementes de milho colhidas manual e mecanicamente. Os autores concluíram que todos os corantes usados foram capazes de detectar com eficiência os danos mecânicos.

Butierres (1980), não observou influência da velocidade de semeadura sobre o poder germinativo de sementes de soja. Por outro lado, verificou que o abastecimento dos reservatórios de sementes à sua capacidade máxima, reduziu o poder germinativo das mesmas.

Em ensaios conduzidos por Oliveira (1997), a qualidade das sementes não foi afetada pela velocidade de semeadura, ao passarem pelo mecanismo dosador do tipo disco horizontal perfurado, mantendo o poder germinativo e de vigor próximo aos valores obtidos para sementes que não passaram pela semeadora-adubadora. Silva et al. (2000), também não obtiveram danificações em sementes de milho quando submetidas a altas velocidades (9,0 e 11,2 km.h⁻¹) de semeadura.

Andersson (2001), variando a velocidade de deslocamento em uma semeadora equipada com mecanismo dosador de discos horizontais perfurados, verificou que após a passagem de sementes de milho e soja pela máquina, os índices de danificação (física e fisiológica) foram inferiores a 0,5%.

Estudos realizados por Krzyzanowski et al. (1991), revelaram que os mecanismos de distribuição de sementes de soja contribuíram para o aumento do nível de dano

mecânico e conseqüentemente para a redução da qualidade. Segundo Portella (1997), quando as sementes são desuniformes e miúdas, em semeadoras de precisão, pode ocorrer que mais de uma se aloje em cada célula do mecanismo, podendo a semente maior permanecer exposta e ser danificada pelo dispositivo raspador.

Boller et al. (1991), avaliaram os percentuais de sementes quebradas e o vigor de sementes de soja quando submetidas a três mecanismos dosadores em duas velocidades de deslocamento e constataram que a porcentagem de sementes quebradas e o vigor foram influenciados pelas velocidades e pelos tipos de dosadores. Estudos realizados por Justino (1998), com sementes de milho, também levaram o autor a concluir que a qualidade das sementes ao passar pela semeadora-adubadora, foi afetada pelo mecanismo dosador.

Mantovani et al. (1992), estudando nove semeadoras de milho em condições de campo, concluíram que, apesar do efeito da máquina ter sido significativo, a qualidade das sementes ficou dentro de limites aceitáveis de germinação (85%) e de vigor (75%). Kurachi et al. (1993), ensaiando em laboratório nove semeadoras-adubadoras de precisão, sendo sete equipadas com mecanismo dosador do tipo disco horizontal, uma de disco inclinado e uma pneumática pressurizada, observaram que os melhores resultados em relação à danificação mecânica foram obtidos com os mecanismos do tipo pneumático e disco inclinado.

Resultados de ensaios realizados por Bonnin Acosta (2000), revelaram que o dosador pneumático de semeadora de covas para semeadura direta, apresentou menor dano mecânico às sementes de milho, ao passo que maiores índices de danos foram obtidos para o dosador tipo colher.

Dambrós (1998), avaliou visualmente as injúrias mecânicas das sementes de milho e observou que o maior percentual de danos (8%) ocorreu para o mecanismo dosador tipo disco perfurado horizontal de ferro na velocidade de $7,6 \text{ km.h}^{-1}$. Neste tratamento, o autor obteve os menores valores percentuais de germinação e vigor, os quais foram de 92,3 e 75,8%, respectivamente. O melhor desempenho para estes parâmetros foi obtido no tratamento com dosador de disco perfurado horizontal de plástico, utilizando sementes lubrificadas, obtendo-se 4,3; 95,8 e 82,3%, para dano mecânico, germinação e vigor respectivamente, sendo que estes resultados foram semelhantes aos obtidos para o tratamento com dosador pneumático na mesma velocidade. O autor observou ainda que o fator velocidade

não interferiu no percentual de germinação, vigor e danos às sementes. Por outro lado, a lubrificação com pó de grafite teve efeito significativo sobre o vigor e reduziu os danos causados às sementes.

Reis & Alonço (2001), pesquisaram 13 trabalhos científicos conduzidos no Brasil, para avaliar a precisão de semeadoras e de mecanismos dosadores de sementes (disco horizontal, disco inclinado, rotor vertical, dedos prensores e pneumático), através da regularidade de distribuição longitudinal e danificação de sementes. Os autores concluíram que: os dosadores pneumáticos e de dedos prensores apresentaram melhor desempenho em relação aos demais mecanismos, pois o desempenho destes foi limitado pelo alto índice de espaçamentos múltiplos e falhos; que os danos mecânicos causados às sementes foram menores nos mecanismos dosadores pneumáticos, com valores inferiores a 1,8%, enquanto nos demais tipos de mecanismos dosadores, atingiram valores de 4,3% de danos às sementes.

4.5.5 Desenvolvimento e produtividade da cultura

Segundo Fancelli (2000), a maximização da produção da cultura do milho depende da população estabelecida, a qual é função da capacidade de suporte do meio e do sistema de produção, do índice e da duração da área foliar fotossinteticamente ativa, da prolificidade do genótipo, da época de semeadura e da adequada distribuição espacial das plantas.

Avaliando em solos argilosos, o desempenho de quatro semeadoras-adubadoras diretas, Araújo et al. (1999b), observaram que o índice de emergência e o número médio de dias para a emergência de plântulas de soja, foram influenciados pelas diferentes semeadoras e, que o aumento da velocidade de 4,5 para 8,0 km.h⁻¹ reduziu o número médio de dias para emergência de plântulas. Araújo et al. (2000), utilizando quatro diferentes semeadoras diretas comerciais, equipadas com sulcadores tipo haste, com diferentes características de projeto, concluíram que o desempenho dos sulcadores foi diferenciado quanto à emergência de plântulas de soja e milho.

Mello & Takahashi (2000), estudaram o efeito de dois mecanismos

rompedores de solo (disco duplo desencontrado e facão) e dois tipos de rodas compactadoras (roda côncava e roda em “V”) em semeadoras-adubadoras de plantio direto, no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento de plantas de milho. Os autores concluíram que o tratamento de discos duplos, combinado com roda côncava apresentou menores lotações de plantas e, o facão combinado com roda côncava apresentou melhores produtividades, embora não houvessem diferenças estatisticamente significativas entre quaisquer tratamentos. Mello et al. (2001b), concluíram que o mecanismo rompedor de solo com haste apresentou maior eficiência no rompimento da camada compactada na superfície do solo e aumentou a produtividade de grãos em 11,3% em relação ao mecanismo rompedor de discos duplos.

Portella et al. (1997), avaliando a eficiência de oito semeadoras-adubadoras para semeadura direta de milho, verificaram que o índice de emergência não sofreu efeito dos elementos sulcadores e compactadores, apresentando índices superiores a 85%. Por outro lado, os autores observaram que o aumento da velocidade de semeadura de 4,5 para 8,0 km.h⁻¹, reduziu em média 4% o índice de emergência de plântulas de milho, sendo que a maior sensibilidade (redução de 12%) ocorreu para a semeadora-adubadora equipada com conjuntos sulcadores de discos duplos desencontrados tanto para fertilizante quanto para sementes, fato este, associado à sua menor profundidade de semeadura.

Bertol & Fischer (1997), compararam a semeadura direta com quatro sistemas de preparo reduzido do solo (escarificação com rolo destorroador, escarificação, gradagem seguida de escarificação, escarificação seguida de gradagem). Observaram que na semeadura direta, a emergência de plântulas de soja foi significativamente superior aos tratamentos de preparo reduzido constituídos de apenas uma operação e, que a produtividade de grãos obtida em solo preparado com escarificador equipado com rolo destorroador foi significativamente superior aos demais.

Avaliando a produtividade de diferentes cultivares de milho nos sistemas de preparo de solo convencional, reduzido e plantio direto, sob vegetação de cobertura de aveia preta, Silva et al. (2001a), relataram a importância da escolha de cultivares adaptados a cada sistema de preparo de solo. Os autores observaram que híbridos e variedades de milho possuem comportamento diferenciado de produtividade nos diferentes sistemas de preparo do solo, sendo que os híbridos adaptaram-se melhor ao sistema de preparo reduzido e

as variedades ao sistema de plantio direto.

Em experimento conduzido por Furlani et al. (1999b), para semeadura de milho em diferentes tipos de preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto) e velocidades, concluíram que: o estande final de plantas de milho foi superior na velocidade de semeadura de 3 km.h⁻¹; a produtividade de grãos não variou com a velocidade de semeadura, no entanto foi maior no sistema de preparo de solo convencional, seguida pelo reduzido e plantio direto; no sistema de preparo convencional do solo obteve-se maiores valores médios de diâmetro dos colmos e da altura das plantas de milho na velocidade de 3,0 km.h⁻¹. Já Silva (2000a), avaliando o comportamento de cultivares de milho nos mesmos sistemas de preparo do solo, concluiu que os mesmos não influenciaram o diâmetro do colmo, altura de plantas e de inserção da primeira espiga, número de plantas acamadas, matéria seca de plantas e produtividade, mas, interferiram na população inicial e final de plantas, número de plantas quebradas e matéria seca de plantas daninhas.

Ensaio realizado em campo por Casão Júnior et al. (2000b), levaram os autores a concluir que a patinação das rodas acionadoras foi um dos fatores que afetou o estande de plantas de trigo, o qual também foi afetado pela velocidade de operação da semeadura. Já Oliveira et al. (2000a), observaram que o número de sementes por hectare e o estande final de plantas não foram influenciados pela velocidade de trabalho e pelo tipo de cobertura vegetal.

Silva et al. (2000), detectaram que houve efeito da velocidade de operação sobre a altura de espigas de milho, sendo que menores alturas foram encontradas nas maiores velocidades (9,0 e 11,2 km.h⁻¹) e, que estas correlacionaram-se com a altura das plantas de milho. Os autores verificaram que a produtividade de grãos correlacionou-se positivamente com o número de plantas e de espigas por unidade métrica e com o percentual de espaçamentos aceitáveis entre plantas.

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

- 1
- 2
- 3
- 4

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material¹

5.1.1 Área experimental

O presente trabalho foi conduzido em área da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, situada no município de Botucatu – SP, no período de abril de 2000 a maio de 2001. A área experimental localiza-se geograficamente nas coordenadas 22°49' Latitude Sul e 48°25' Longitude Oeste, com altitude média de 770 metros, declividade entre 3,0 e 6,0% e exposição face oeste.

A área experimental vinha sendo cultivada no sistema de plantio direto desde o ano agrícola de 1997, sendo implantado a cultura do milho (*Zea mays* L.) nos anos de 1997 e 1998. Na safra de verão de 1999 foi implantada a cultura da soja (*Glycine Max* L.) e sobre suas restevas conduziu-se o presente trabalho.

¹ A citação de marcas comerciais não implica em recomendação de uso por parte da autora.

5.1.2 Caracterização do solo

O solo da área experimental foi classificado segundo Embrapa (1999) como Nitossolo Vermelho distrófico. Os Quadros 1 e 2 apresentam os resultados da análise granulométrica e de alguns parâmetros de propriedades físicas do solo.

Quadro 1. Análise granulométrica do solo na camada de 0 a 25 cm.

Frações	%
Areia	12
Silte	11
Argila	77
Textura do solo	Muito argilosa

Quadro 2. Parâmetros de propriedades e características físicas do solo na camada de 0 a 25 cm.

Propriedade do solo	Resultado
Limite de liquidez (%)	41,53
Limite de plasticidade (%)	31,14
Índice de liquidez	10,39
Porosidade total (%)	54,92
Densidade de partículas (g.cm^{-3})	2,95
Densidade do solo: 0-15 cm (g.cm^{-3})	1,58
Densidade do solo: 15-30 cm (g.cm^{-3})	1,54
Teor de água ótimo – proctor (g.kg^{-1})	29,14
Densidade do solo – proctor (g.cm^{-3})	1,96

O Quadro 3 apresenta os resultados da análise química do solo, realizada na camada de 0 a 25 cm, antes, durante e após o período de condução do experimento.

Quadro 3. Análise química do solo na camada de 0 a 25 cm, nas diversas fases do experimento.

Período*	PH	M.O.	P _{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	Mmol _c .dm ⁻³						
AA	4,5	31	19	47	3,2	23	12	39	86	45
AM-B1	5,2	34	51	50	6,6	34	17	58	108	54
AM-B2	5,0	36	33	34	6,0	35	17	58	92	63
AM-B3	5,5	34	41	34	6,6	42	20	69	103	67
AM-B4	6,0	38	39	29	6,6	48	24	79	108	73
DM-B1	4,7	34	11	52	3,1	23	12	38	90	42
DM-B2	5,1	29	20	42	2,7	37	20	60	102	59
DM-B3	5,0	69	32	42	3,0	28	15	46	88	52
DM-B4	5,3	27	26	33	3,7	37	20	61	93	65

* AA = fertilidade do solo antes da implantação da cultura da aveia; AM e DM = fertilidade do solo antes e depois, respectivamente, da implantação da cultura do milho, nos respectivos blocos B1, B2, B3 e B4.

5.1.3 Dados climatológicos

No período em que se executou o experimento, as condições climáticas foram consideradas regulares para a região, sendo adequadas ao desenvolvimento das culturas de inverno e de verão. Todavia, devido à deficiência hídrica no período ideal de semeadura da cultura de inverno (aveia), a operação foi realizada um pouco tardia, e, conseqüentemente a cultura de verão também.

Na Figura 1 são apresentados os níveis de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar e, nas Figuras 2 e 3, são apresentados os extratos hídricos do período em que se desenvolveram as atividades de campo.

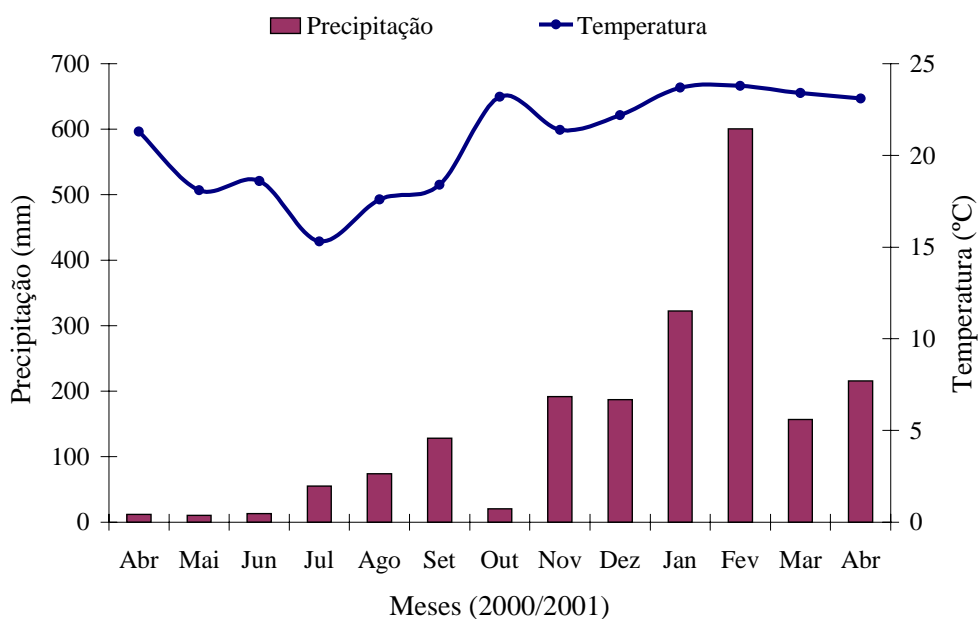


Figura 1. Dados médios mensais (abril de 2000 a maio de 2001) de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C). Fonte: Departamento de Ciências Ambientais / Fazenda Experimental Lageado.

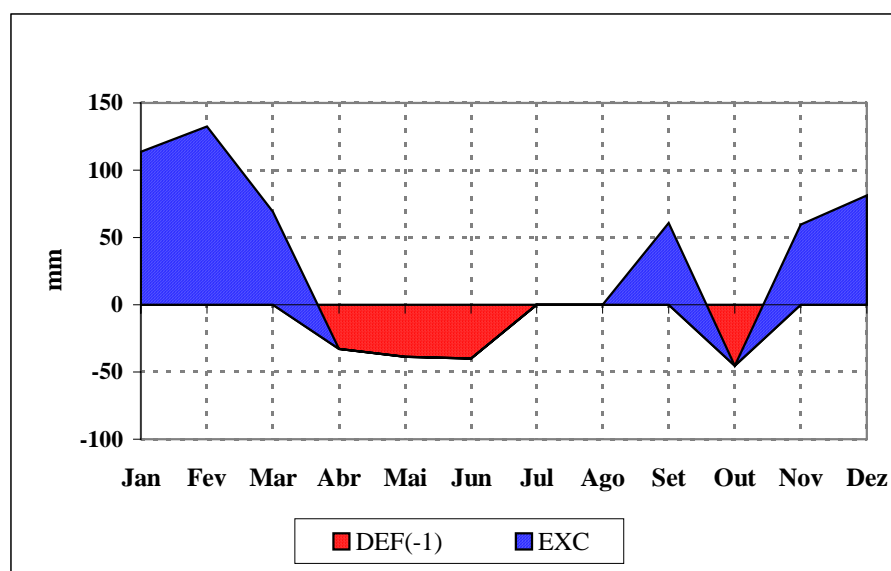


Figura 2. Extrato do balanço hídrico mensal do ano agrícola de 2000. Fonte: Departamento de Ciências Ambientais / Fazenda Experimental Lageado.

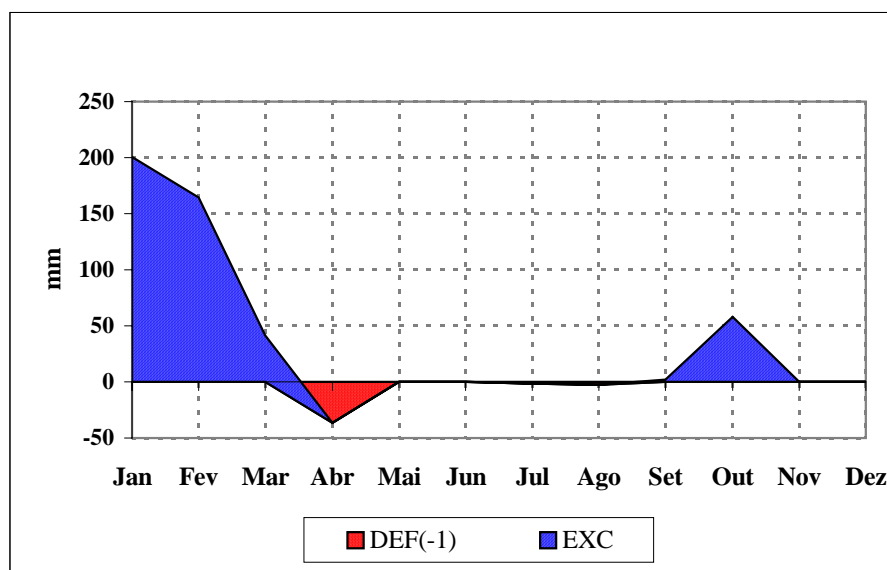


Figura 3. Extrato do balanço hídrico mensal do ano agrícola de 2001. Fonte: Departamento de Ciências Ambientais / Fazenda Experimental Lageado.

5.1.4 Material e equipamentos utilizados nas operações de preparo do solo, semeadura e tratos culturais

5.1.4.1 Máquinas e implementos agrícolas²

5.1.4.1.1 Tratores

Durante a condução do experimento utilizaram-se os seguintes tratores, para as respectivas atividades:

- Trator marca Massey Ferguson, modelo 299, com potência no motor de 95,6 kW (130 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), para a operação de escarificação;

² Dados de acordo com catálogos de fabricantes.

- Trator marca Massey Ferguson, modelo 283, com potência no motor de 62,5 kW (85 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), para a semeadura da cultura de aveia preta e para o manejo da mesma com rolo faca;
- Trator marca Massey Ferguson, modelo 235, com potência no motor de 33,1 kW (40 cv), para dessecação da vegetação existente na área experimental no momento da semeadura da cultura do milho, dessecação da aveia preta no final de seu ciclo, pulverização com herbicida e inseticida e para aplicação de uréia (adubação nitrogenada);
- Trator marca John Deere, modelo 6600, com potência no motor de 88,3 kW (120 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), para semeadura da cultura do milho.

5.1.4.1.2 Máquinas e implementos agrícolas

As máquinas e implementos agrícolas utilizados no experimento foram:

- Escarificador marca Jan, modelo Jumbo Matic JMAD-7, de arrasto, equipado com sete hastes escarificadoras, ponteiros com 50 mm de largura e 430 mm de comprimento, discos de corte de 45,72 cm (18 pol) e rolo destorroador/nivelador laminar dentado, regulado para a profundidade de trabalho de 30 cm;
- Semeadora-adubadora de fluxo contínuo da marca Semeato, modelo TD300, para a semeadura da cultura de aveia preta, equipada com sulcadores tipo discos duplos, com espaçamento entre linhas de 20 cm, regulada para trabalhar à profundidade de 5 cm, sendo tracionada a uma velocidade de aproximadamente 8,0 km.h⁻¹.
- Pulverizador marca Jacto, modelo Condor M12, tanque com capacidade para 600 L de calda, barra com 12 m de comprimento, 24 bicos tipo leque, espaçados de 50 cm, tendo a pressão do manômetro de 40 libras, para dessecação da vegetação existente na área experimental no momento da semeadura da cultura do milho e para dessecação da aveia no final de seu ciclo; para aplicações de herbicida e inseticida, trocou-se apenas os bicos para o tipo cone e a pressão do manômetro de 50 libras;

- Rolo faca conjugado (10 e 7 facas) marca Dobruski, de 2 m de largura, lastrado com água, utilizado após a dessecação da cultura da aveia preta para o manejo da mesma, sendo a operação realizada na direção do declive do terreno, com objetivo de melhorar a distribuição da vegetação na superfície do solo, facilitar o corte da vegetação pelo disco de corte das semeadoras-adubadoras e facilitar o processo de coleta de dados na ocasião da semeadura da cultura do milho;
- Cultivador/adubador marca Marchesan, modelo CPD (sem enxadas, utilizando-se somente o adubador), com dois tambores de capacidade para 50 kg de uréia cada;
- Semeadora-adubadora de precisão da marca Marchesan, modelo PST³-Suprema, de arrasto, com mecanismo dosador de sementes do tipo pneumático (discos verticais), com 32 orifícios, massa de 2.260 kg, reservatório com capacidade para 1.075 e 160 kg de fertilizante e semente, respectivamente, altura do mecanismo dosador de sementes de 0,54 m;
- Semeadora-adubadora de precisão da marca Marchesan, modelo PST², de arrasto, com mecanismo dosador de sementes do tipo discos horizontais perfurados, com 28 orifícios, massa de 2.206 kg, reservatório com capacidade para 725 e 160 kg de fertilizante e semente, respectivamente, altura do mecanismo dosador de sementes de 0,48 m;

As duas semeadoras-adubadoras de precisão, PST³-Suprema e PST², foram utilizadas na operação de semeadura da cultura do milho, a qual foi executada no sistema de semeadura direta. Para minimizar erros e efeitos indesejáveis sobre os fatores em estudo e parâmetros avaliados, as duas semeadoras foram equipadas para trabalhar em condições de igualdade, ambas com quatro linhas de semeadura espaçadas de 0,80 m, mecanismo distribuidor de fertilizante do tipo condutor helicoidal, discos de corte de restevras lisos, conjunto de sulcadores tanto para sementes quanto para fertilizante do tipo discos duplos defasados, rodas compactadoras em “V”, rodados motrizes com diâmetro de 0,76 m. As semeadoras-adubadoras foram reguladas para distribuição de sementes de acordo com as características (pureza e poder germinativo) e recomendações da cultivar implantada, na profundidade de 60 mm, estando os reservatórios de semente e fertilizante abastecidos a 50% de sua capacidade, conforme recomendações de Kurachi et al. (1986).

O trator e as semeadoras-adubadoras utilizados na semeadura da cultura do milho são mostrados nas Figuras 4 e 5.



Figura 4. Conjunto trator-semeadora-adubadora PST³-Suprema.



Figura 5. Conjunto trator-semeadora-adubadora PST².

5.1.4.2 Insumos agrícolas

5.1.4.2.1 Sementes

Para a implantação do experimento utilizaram-se sementes de aveia preta e milho, com as seguintes características e quantidades:

- 80 kg.ha⁻¹ de sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), semeada sob duas condições de preparo (com e sem revolvimento do solo por escarificação à 30 cm de profundidade);
- Sementes de milho (*Zea mays* L.) cujo cultivar utilizado foi a variedade da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, AL-30 (sem uso de lubrificante), com poder germinativo de 91%, germinação mínima de 85% e 99% de pureza. Objetivando-se obter uma população final de 60.000 plantas de milho por hectare, as semeadoras-adubadoras PST³-Suprema e PST² foram reguladas de acordo com as possibilidades de combinações de engrenagens, para distribuir 5,88 e 6,05 sementes por metro, respectivamente.

5.1.4.2.2 Fertilizantes

Utilizaram-se os seguintes fertilizantes durante a condução do experimento:

- 250 kg.ha⁻¹ de fertilizante granulado na formulação 8-28-16 (N-P-K) na semeadura da cultura da aveia preta;
- 230 kg.ha⁻¹ de fertilizante granulado na formulação 8-28-16 de (N-P-K), na semeadura da cultura do milho;
- 220 kg.ha⁻¹ de adubação de cobertura com uréia (45% de nitrogênio) em superfície.

5.1.4.2.3 Defensivos agrícolas

Utilizaram-se os seguintes defensivos agrícolas no período em que se realizou o experimento:

- Herbicida de princípio ativo Glyphosate (roundup), na dosagem de 3 L.ha⁻¹ e volume de calda de 200 L.ha⁻¹ na dessecação da vegetação existente imediatamente após a semeadura da aveia preta e, para dessecação da cultura da aveia preta ao final de seu ciclo;
- Herbicida de princípio ativo Glyphosate (roundup), na dosagem de 5 L.ha⁻¹ e volume de calda de 120 L.ha⁻¹ na dessecação da vegetação existente na área experimental, dois dias após a semeadura da cultura do milho;
- Herbicida Siptran (atrazine) na dosagem de 2 L.ha⁻¹ e Sanson 40 SC (nicosulfuron) na dosagem de 0,5 L.ha⁻¹, com volume de calda de 300 L.ha⁻¹, para o controle de plantas daninhas em pós-emergência;
- Inseticida Decis 25 CE (deltamethrin), na dosagem de 500 mL.ha⁻¹ e volume de calda de 160 L.ha⁻¹, no sétimo dia após a semeadura, para o controle do ataque de *Lagria villosa* e *Spodoptera frugiperda*. Houve reinfestação de insetos e 20 dias após a semeadura, aplicou-se novamente o produto na dosagem de 300 mL.ha⁻¹, com volume de calda de 300 L.ha⁻¹.

5.1.5 Material e equipamentos para coleta de amostras de parâmetros de caracterização do solo

5.1.5.1 Determinação do teor de água no solo

Para coleta de amostras e determinação do teor de água no solo utilizou-se enxadão, cápsulas de alumínio identificadas, fita adesiva, balança digital de precisão de 0,01g e estufa elétrica com temperatura de aproximadamente 105°C.

5.1.5.2 Determinação da matéria seca da cobertura vegetal

Para a obtenção de dados de matéria seca da cobertura vegetal do solo, utilizou-se quadrado de madeira com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²), faca serrilhada, sacos de papel, estufa com temperatura de 65°C e balança digital de precisão de 0,01g.

5.1.5.3 Determinação da resistência mecânica do solo à penetração

Na determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se um penetrógrafo, marca Soilcontrol, modelo SC-60, com haste de cone padronizado pela ASAE (1996), com ângulo de 30°, área basal de 130 mm², profundidade máxima de 600 mm, resistência máxima admissível de 76 MPa e cartões padronizados para registrar os dados.

5.1.5.4 Outras determinações

Para determinação de outras variáveis (densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, limite de liquidez e de plasticidade, índice de liquidez, ensaio de Proctor) que caracterizam o solo, foram utilizados os seguintes materiais: enxadão, sacos plásticos, parafina, vidrarias, barbante, balança digital de precisão de 0,01g e estufa elétrica.

5.1.6 Material e equipamentos para coleta de dados de parâmetros de avaliação

5.1.6.1 Sistema de aquisição de dados

Utilizou-se um sistema de medição desenvolvido por Silva (1997), cuja aquisição de dados foi realizada por meio do “micrologger 21X, marca Campbell

Scientific”, para monitorar os dados provenientes dos sinais gerados pelos geradores de impulsos (sinal de pulso - determinação da patinação dos rodados e consumo de combustível) e pela célula de carga (sinal analógico). Para gravar as informações utilizou-se um módulo de armazenamento externo de dados “Storage module SM196”.

5.1.6.2 Determinação da profundidade de deposição de sementes

Na determinação da profundidade de deposição de sementes utilizou-se faca serrilhada, enxadão e régua graduada em milímetros.

5.1.6.3 Determinação da área de solo mobilizado e profundidade do sulco de semeadura

Para avaliar a área de solo mobilizada na linha de semeadura, construiu-se um perfilômetro em madeira (Figura 6) composto por 32 hastes de 30 cm, espaçadas de 1,5 cm; folhas sulfite tamanho A3; canetas porosas; mesa digitalizadora e régua graduada em milímetros.



Figura 6. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade do sulco na linha de semeadura.

5.1.6.4 Determinação da percentagem de manutenção de cobertura do solo

Para determinar a percentagem de manutenção de cobertura do solo por resíduos vegetais, utilizou-se uma trena de 15 m de comprimento com marcações a cada 15 cm, totalizando 100 pontos, conforme Laflen et al. (1981).

5.1.6.5 Determinação do consumo horário de combustível

O consumo horário de combustível foi determinado por meio do uso de um fluxômetro, marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01, o qual emitiu uma unidade de pulso a cada mL de combustível que passava pelo mesmo.

5.1.6.6 Determinação da patinagem dos rodados do trator e das semeadoras-adubadoras

Para determinação da patinagem dos rodados utilizaram-se geradores de impulso de marca S&E Instrumentos de testes e medições, modelo GIDP-60-U-12V, os quais realizam conversão de movimentos rotativos ou deslocamentos lineares em impulsos elétricos, gerando 60 pulsos por volta do rodado do trator ou da semeadora.

5.1.6.7 Determinação da força de tração na barra

Utilizou-se uma célula de carga de marca Sodemex, modelo N-400, com capacidade de 100 kN, sensibilidade de 1,998 mV/V e um suporte de sustentação adaptado por Tanaka (2001).

5.1.6.8 Determinação da distribuição longitudinal de plantas

Para determinar os espaçamentos entre plantas de milho na linha de semeadura, utilizou-se uma régua de madeira (3 metros) graduada em mm e planilha de anotações.

5.1.6.9 Determinação da distribuição transversal de sementes e de fertilizantes

Para coleta e determinação da distribuição transversal de sementes e fertilizantes, foram utilizados estopa, sacos de plástico, atilhos, etiquetas de identificação e balança digital de precisão de 0,01g.

5.1.6.10 Determinação da qualidade das sementes após a passagem pelos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras

Para a coleta e armazenamento das sementes utilizou-se tampões de estopa, sacos de papel, etiquetas de identificação, câmara seca com temperatura de aproximadamente 30°C. Para a realização dos testes de dano mecânico e vigor utilizou-se estufa a 105°C, folhas de papel toalha (germitest), germinador em posição vertical à temperatura de 25°C, régua graduada em mm, balança digital de precisão de 0,01 g, copos plásticos, água destilada, bastão de vidro, condutivímetro de marca Digimed, modelo DM31, corante “fast green FCF” e cronômetro.

5.1.6.11 Determinação da produtividade de grãos

Utilizou-se sacas de ráfia, trena de 5 metros, etiquetas de identificação, trilhadora estacionária de cereais marca NUX Maquinagrícola, modelo BC-30 Junior, balança digital de precisão de 0,01g e estufa regulada para 105°C.

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial com três fatores (2x3x2): duas semeadoras-adubadoras (mecanismo dosador de sementes do tipo pneumático e disco horizontal perfurado), três velocidades de deslocamento (4,4; 8,0 e 9,8 km.h⁻¹) e duas condições de solo (semeadura de aveia preta antecedente em solo preparado com escarificador e no sistema de plantio direto), com quatro repetições por tratamento. Desta forma o universo amostrado foi composto de 48 unidades experimentais, distribuídas em quatro blocos (B1, B2, B3 e B4).

Para a avaliação dos parâmetros de distribuição de fertilizante, distribuição transversal de sementes, índice de enchimento do disco dosador de sementes e qualidade das sementes após a passagem pelo mecanismo dosador das máquinas, empregou-se o mesmo delineamento experimental, no entanto, utilizaram-se parcelas experimentais paralelas em que cada linha de distribuição de sementes e fertilizantes, correspondeu a uma repetição de cada tratamento.

5.2.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram compostos da combinação de duas semeadoras-adubadoras, três velocidades de deslocamento na operação de semeadura e duas condições de

solo, sendo eles:

T1 = S1V1P1	T7 = S2V1P1
T2 = S1V1P2	T8 = S2V1P2
T3 = S1V2P1	T9 = S2V2P1
T4 = S1V2P2	T10 = S2V2P2
T5 = S1V3P1	T11 = S2V3P1
T6 = S1V3P2	T12 = S2V3P2

em que:

S1: Semeadora-adubadora com mecanismo dosador pneumático;

S2: Semeadora-adubadora com mecanismo dosador de disco horizontal perfurado;

V1: Velocidade de 4,4 km.h⁻¹;

V2: Velocidade de 8,0 km.h⁻¹;

V3: Velocidade de 9,8 km.h⁻¹;

P1: Solo com semeadura direta (4 anos);

P2: Solo com escarificação (semeadura direta por 4 anos, seguida de escarificação para implantação da cultura da aveia, 4 meses antes da semeadura do milho).

Para avaliar a influência da condição do solo nos parâmetros que caracterizam o desempenho das semeadoras-adubadoras de milho em diferentes velocidades de deslocamento, 50% das parcelas foram mantidas no sistema de plantio direto e 50% foram escarificadas para a implantação da cultura de inverno antecedente.

Neste trabalho serão referidos aos termos sistema de plantio direto para caracterizar o manejo do solo com revolvimento mínimo e semeadura direta como sendo a operação de distribuição de sementes e fertilizantes no solo, conforme Dallmeyer (2001).

5.2.3 Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental possuía 20 m de comprimento e largura de 7 m (equivalente à 8 linhas de semeadura), espaçadas de 15 m para manobras e estabilização do conjunto trator-semeadora-adubadora. A Figura 7 mostra o esquema da implantação do experimento em campo. A operação de semeadura foi realizada na direção perpendicular ao sentido do declive do terreno.

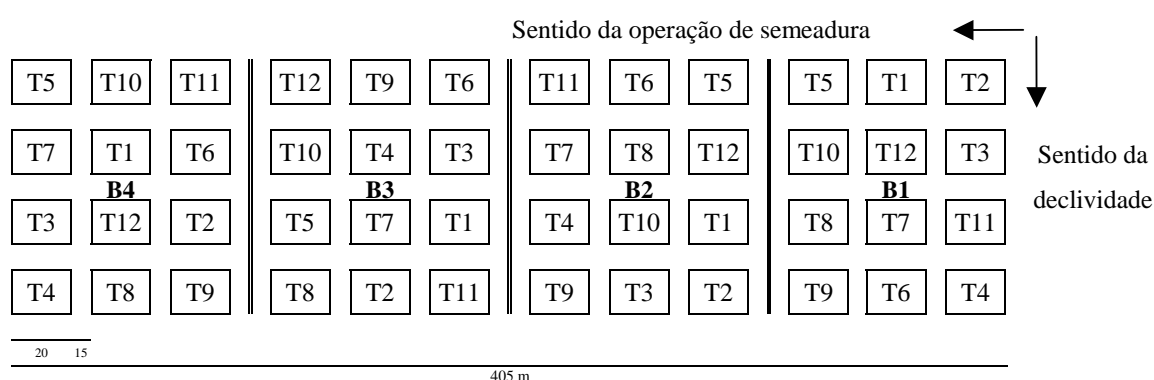


Figura 7. Esquema da disposição dos tratamentos e blocos no campo.

5.2.4 Cronograma de condução do experimento

A instalação e condução do experimento foi realizada de acordo com a seqüência cronológica, apresentada no Quadro 4.

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

Data	Atividade
05/05/00	Coleta de solo para análise de fertilidade.
11/05/00	Demarcação da área experimental.
17/07/00	Escarificação em 50% das parcelas experimentais. Coleta de solo para determinação do teor de água.
18/07/00	Semeadura da cultura da aveia preta.

20/07/00	Dessecação da vegetação existente pós-semeadura da aveia preta.
11/10/00	Dessecação da cultura da aveia preta.
31/10/00	Coleta de amostras de matéria seca de aveia e de restos vegetais.
01/11/00	Manejo da cultura da aveia preta com rolo faca. Coleta de solo para determinação de parâmetros físicos, químicos e mineralógicos.
10/11/00	Coleta de dados de percentagem de cobertura antes da semeadura.
11/11/00	Regulagem das semeadoras-adubadoras.
14/11/00	Instrumentação do trator e das semeadoras-adubadoras.
17/11/00	Coleta de dados de teor de água no solo e resistência do solo à penetração. Semeadura da cultura do milho. Coleta de dados de força de tração, consumo de combustível, patinagem dos rodados e velocidade de deslocamento. Coleta de sementes para análise da qualidade das mesmas. Coleta de dados de área de solo mobilizado e profundidade do sulco. Coleta de dados de sementes expostas. Coleta de dados de percentagem de cobertura pós-semeadura.
19/11/00	Dessecação da vegetação existente pós-semeadura do milho.
23/11/00	Início da contagem de emergência de plântulas.
24/11/00	Pulverização com inseticida.
07/12/00	Pulverização com herbicida e inseticida.
08/12/00	Coleta de dados de espaçamentos entre plantas e estande inicial de plantas.
11/12/00	Coleta de dados de profundidade de deposição de sementes.
18/12/00	Aplicação de adubação nitrogenada em cobertura.
20/02/01	Coleta de dados de diâmetro do colmo, altura das plantas e altura de inserção da primeira espiga.
28/03/01	Início da montagem dos testes de qualidade de sementes: vigor e dano mecânico.
19/04/01	Colheita do milho e coleta de dados de estande final de plantas.
20/04/01	Trilha, pesagem e determinação do teor de água dos grãos de milho.

5.2.5 Métodos de determinação dos parâmetros de caracterização do solo

5.2.5.1 Teor de água no solo

O teor de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme Embrapa (1979). As amostras de solo na ocasião da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração, foram coletadas nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, em todas as parcelas experimentais. O solo foi coletado com uso de enxadão, acondicionado em seguida em cápsulas de alumínio vedadas com fita adesiva para transporte até o laboratório, sendo então pesadas em balança digital de precisão de 0,01g e levadas à estufa elétrica, com temperatura de aproximadamente 105°C por 24 horas, pesando-as novamente.

5.2.5.2 Matéria seca da cobertura vegetal

Para avaliação da cobertura vegetal, coletaram-se aleatoriamente, duas amostras em cada parcela da massa vegetal da cultura da aveia preta e duas amostras dos resíduos vegetais existentes, para quantificar a matéria seca vegetal presente na superfície do solo, no momento da semeadura da cultura do milho. As amostras foram coletadas, cortando-se com faca serrilhada o material existente na área de um quadrado de madeira (0,25 m²), conforme metodologia descrita por Chaila (1986). O material colhido na área do quadrado foi colocado em sacos de papel, levado à estufa com circulação forçada de ar e temperatura de aproximadamente 65°C, por um período de pelo menos 24 h. Após a secagem, o material foi pesado em balança digital de precisão de 0,01g, cujos valores foram transformados em kg.ha⁻¹.

5.2.5.3 Resistência mecânica do solo à penetração

Determinou-se a resistência mecânica do solo à penetração no dia da

semeadura da cultura do milho, utilizando-se do penetrógrafo descrito em 5.1.5.3. Os dados de resistência do solo à penetração obtidos nos registros, foram classificados (a cada 5cm) até 40 cm de profundidade, sendo registrados em unidade de MPa. Fez-se aleatoriamente quatro amostragens em cada parcela experimental.

5.2.5.4 Outras determinações

Desenvolveram-se outras análises física, granulométrica e química, sendo que estas amostragens de solo foram realizadas antes da semeadura da cultura do milho. Os parâmetros determinados foram: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, limite de liquidez, limite de plasticidade, índice de liquidez e ensaio de Proctor. Todos os parâmetros foram estabelecidos de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo – Embrapa (1979).

As análises físicas, granulométrica e o teor de água foram conduzidas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP³.

Para avaliação da densidade do solo, coletaram-se duas amostras em cada parcela experimental, nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, com o uso de enxadão, colocando-as em seguida em sacos plásticos devidamente identificados, sendo levados até o laboratório, onde a densidade do solo foi obtida pelo método do torrão parafinado. A análise granulométrica consistiu em determinar as frações de areia, silte e argila, contidas em uma amostra composta de solo, retirada na camada de 0 a 25 cm.

A análise química do solo foi desenvolvida mediante metodologia tradicional, coletando-se oito amostras simples na camada de 0 a 25 cm, formando uma amostra composta por unidade de bloco, a qual foi analisada no Laboratório de Análise Química de Solos do Departamento de Ciência do Solo – FCA/UNESP. Foram analisados: pH, H+Al, Al, Ca+Mg, Ca, K, P e C.

³ Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista - Campus de Botucatu.

5.2.6 Métodos de determinação dos parâmetros de avaliação

Para a avaliação adequada do desempenho operacional das semeadoras-adubadoras em condições de campo, vários parâmetros relativos à regularidade da distribuição de sementes na linha e em profundidade, distribuição de fertilizantes, mobilização e cobertura do solo, demanda energética, qualidade das sementes após a passagem pelo mecanismo dosador das máquinas, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho, foram mensurados e monitorados.

5.2.6.1 Sistema de aquisição de dados

Para monitorar os sinais dos geradores de impulsos e da célula de carga, utilizou-se o sistema de aquisição de dados computadorizado descrito em 5.1.6.1. Os dados foram armazenados continuamente a uma frequência de 5 Hz em um módulo de armazenamento externo de dados e posteriormente transferidos ao computador.

Os dados coletados pelo sistema de aquisição, referem-se a patinagem dos rodados traseiros do trator e da roda acionadora dos mecanismos dosadores de sementes e fertilizante das semeadoras-adubadoras, força de tração e consumo de combustível, nas duas passadas das semeadoras-adubadoras, em todas as parcelas experimentais. O sistema de aquisição de dados foi acionado mediante auxílio de balisamento no início e final do comprimento de cada parcela. A patinagem média, a força de tração média e o consumo de combustível médio, correspondem às médias aritméticas de todos os valores registrados por parcela experimental.

5.2.6.2 Velocidade de deslocamento

O monitoramento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura da cultura do milho, foi realizado indiretamente através da frequência de aquisição de dados de (5 Hz) do “micrologger 21X” (descrito em 5.1.6.1). O tempo gasto para percorrer

cada parcela correspondeu ao produto da quantidade de registros por parcela e o intervalo de tempo, em segundos, entre cada registro (0,2 s). A velocidade média foi obtida pela equação:

$$Vel = \frac{L}{\Delta_t} \cdot 3,6 \quad (1)$$

em que:

Vel = velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora (km.h^{-1});

L = comprimento da parcela experimental (20 m);

Δ_t = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s);

3,6 = fator de conversão.

As velocidades que compõem os tratamentos em estudo, foram definidas em função do escalonamento de marchas (1B, 3B e 2C) do trator utilizado (John Deere 6600), o qual operou com rotação no motor constante de 2100 rpm (540 rpm na TDP), devido à utilização de uma semeadora-adubadora com sistema de acionamento a vácuo para distribuição de sementes.

5.2.6.3 Profundidade de deposição de sementes

A regularidade da profundidade de semeadura ou deposição de sementes, foi determinada 21 dias após a semeadura, através do corte da parte aérea das plantas rente ao solo, com o uso de uma faca serrilhada, coletando-se com o uso de um enxadão a semente com o mesocótilo. Utilizando-se de régua graduada em milímetros determinou-se a distância entre a parte inferior da semente e a superfície onde se efetuou o corte, a qual correspondeu à profundidade de deposição de sementes.

Coletaram-se aleatoriamente 10 plantas por linha numa faixa de 7 metros, nas quatro linhas centrais de cada parcela experimental.

5.2.6.4 Área de solo mobilizado

Para avaliar a área de solo mobilizado na linha de semeadura, utilizou-se o perfilômetro em madeira (descrito em 5.1.6.3). Logo após a passagem da semeadora-adubadora, marcou-se o perfil da superfície do solo em folhas sulfite tamanho A3, com o uso de canetas porosas, virando-se em seguida o perfilômetro num ângulo de 90° mantendo-se a base fixa ao solo, para a retirada manual do solo mobilizado no sulco de semeadura, e, voltando-se novamente o perfilômetro na posição vertical, remarcou-se o perfil do sulco na mesma folha.

Para determinar a área de solo mobilizado, traçou-se uma linha ligando as extremidades dos pontos coletados em cada folha, os quais forneceram o perfil natural do solo em cada linha de semeadura. A área de solo mobilizado correspondeu à área existente entre a união dos pontos demarcados após a abertura do sulco e a linha que representou o perfil natural do solo em cada linha de semeadura e foi obtida através de digitalização em escala real por uma mesa digitalizadora, sendo codificada e calculada em unidade de cm² pelo “software” SPLAN – Sistema de Planimetria, desenvolvido pelo CINAG - Centro de Informática na Agricultura, na FCA/UNESP.

Coletou-se uma amostra por linha de semeadura, nas quatro linhas centrais de cada parcela experimental.

5.2.6.5 Profundidade do sulco de semeadura

A profundidade do sulco ou profundidade de deposição de fertilizante, foi obtida do perfil demarcado no item 5.2.6.4, correspondendo à medida (em cm) obtida com o uso de uma régua graduada em milímetros, entre a linha que representou o perfil natural do solo e o ponto extremo do sulco aberto.

5.2.6.6 Percentagem de manutenção de cobertura do solo

Para a determinação da percentagem de cobertura seguiu-se metodologia descrita por Laflen et al. (1981), fazendo-se uma contagem nas direções diagonais de cada parcela experimental, antes e após a passagem da semeadora-adubadora. Para se obter o percentual de cobertura vegetal, fez-se a contagem dos pontos sem cobertura vegetal e subtraiu-se de 100. Optou-se por denominá-lo neste trabalho de percentagem de manutenção de cobertura, pois corresponde ao percentual de matéria vegetal que permaneceu na superfície do solo após a operação de semeadura. Essa percentagem foi obtida pela equação:

$$PMC = \frac{PC_{ds} \cdot 100}{PC_{as}} \quad (2)$$

em que:

PMC = percentagem de manutenção de cobertura na superfície do solo (%);

PC_{ds} = percentagem de cobertura na superfície do solo depois da semeadura (%);

PC_{as} = percentagem de cobertura na superfície do solo antes da semeadura (%).

5.2.6.7 Índice de sementes expostas

Esse parâmetro foi obtido mediante a contagem das sementes que ficaram expostas na superfície do solo, ao longo de toda a parcela experimental, no momento da semeadura. O índice de sementes expostas por hectare foi determinado pela relação percentual entre o número de sementes expostas e o número total de sementes distribuídas na operação de semeadura.

5.2.6.8 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela relação entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela, conforme Mialhe (1974) por meio da equação:

$$CE = \frac{Atr}{\Delta_t} \cdot 0,36 \quad (3)$$

em que:

CE = capacidade de campo efetiva ($\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$);

Atr = área útil da parcela trabalhada (m^2);

Δ_t = tempo gasto no percurso da parcela experimental (s);

0,36 = fator de conversão.

5.2.6.9 Patinagem das rodas motrizes das semeadoras-adubadoras e dos rodados do trator

Para avaliar a patinagem dos rodados traseiros do trator e das rodas acionadoras dos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras, utilizaram-se geradores de impulso, os quais realizam conversão de movimentos rotativos ou deslocamentos lineares em impulsos elétricos, gerando 60 pulsos por volta do rodado do trator ou das rodas acionadoras da semeadora-adubadora. Os geradores foram fixados em hastes verticais presas nos paralamas do trator e, conectados aos eixos dos rodados traseiros do trator e, na lateral esquerda do eixo acionador da distribuição de fertilizante e sementes das semeadoras-adubadoras, como mostra a Figura 8.



Figura 8. Detalhe da instalação do gerador de impulso no rodado do trator (esquerda) e no eixo da semeadora-adubadora (direita). (A - haste vertical, B - gerador de impulso, C – conexão do gerador ao eixo da roda, D – suporte para fixação do gerador de impulso).

Para o cálculo da patinagem dos rodados das semeadoras-adubadoras, considerou-se a relação de transmissão do eixo que aciona o mecanismo distribuidor de semente e fertilizante ao eixo dos rodados das semeadoras-adubadoras.

A patinagem dos rodados das semeadoras-adubadoras e do trator foi determinada pela relação entre o número de voltas registrado para cada rodado ao percorrer a parcela e, o comprimento real da parcela experimental, de acordo com Silva (2000b) por meio da equação:

$$Pat = \frac{\left(\frac{\sum Pulsos}{60} \cdot Per \right) - L}{\left(\frac{\sum Pulsos}{60} \cdot Per \right)} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

Pat = patinagem das rodas motrizes (%);

$\Sigma Pulsos$ = total de pulsos registrados em cada parcela experimental;

Per = perímetro do rodado do trator ou das semeadoras-adubadoras (m);

L = comprimento da parcela experimental (m).

5.2.6.10 Consumo horário de combustível

Para avaliar o consumo horário de combustível utilizou-se do fluxômetro descrito em 5.1.6.5, o qual foi instalado em um suporte próximo ao filtro de combustível do trator. O gerador registrou uma unidade de pulso a cada mL de combustível que passou pelo mesmo. Contabilizando-se a quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer a parcela, o consumo horário de combustível foi calculado pela equação:

$$C_c = \frac{\sum_p \cdot 3,6}{\Delta_t} \quad (5)$$

em que:

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

\sum_p = somatório de pulsos, equivalente ao somatório de mL de combustível gasto para percorrer a parcela experimental (mL);

Δ_t = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s);

3,6 = fator de conversão.

5.2.6.11 Força média de tração na barra

Para a determinação do requerimento de força de tração de cada semeadora-adubadora, utilizou-se uma célula de carga (descrita em 5.1.6.7) a qual foi instalada entre o trator e a semeadora-adubadora em um suporte (adaptado de Tanaka, 2001), de forma a mantê-la em posição horizontal e absorver fortes impactos, permitindo que toda a tração exigida pela semeadora-adubadora fosse detectada pela célula de carga (Figura 9). O suporte permitiu desacoplar a célula de carga durante o transporte, evitando impactos e vibrações que danifiquem a mesma.

Os valores de força de tração foram monitorados e armazenados pelo sistema de aquisição de dados em unidade de kN. O requerimento de força de tração média na

barra de tração, correspondeu à média aritmética de todos os valores obtidos durante o deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora pela parcela experimental.



Figura 9. Detalhe do suporte para instalação da célula de carga.

5.2.6.12 Força máxima de tração na barra

A força máxima de tração ou pico de força, correspondeu ao máximo valor de força de tração armazenado pelo sistema de aquisição de dados, durante o deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora pela parcela experimental. É apresentado em unidade de kN.

5.2.6.13 Força média requerida por linha de semeadura

Para efeito de comparação de desempenho de semeadoras-adubadoras, algumas literaturas nacionais ressaltam a importância de avaliação de força de tração específica, seja ela por número de conjuntos de órgãos ativos (linhas de semeadura), por profundidade de abertura de sulco e por unidade de solo mobilizado. Desta forma, avaliou-se além da força de tração média e máxima, parâmetros de requerimento de força específica.

A força de tração por linha de semeadura correspondeu à força de tração requerida por unidade de semeadura, sendo calculada pela equação:

$$F_L = \frac{F_m}{NL} \quad (6)$$

em que:

F_L = força de tração média requerida por linha de semeadura (kN.linha^{-1});

F_m = força de tração média, determinada em 5.2.6.11 (kN);

NL = Número de linhas das semeadoras-adubadoras (4).

5.2.6.14 Força média requerida por profundidade do sulco

A força de tração específica requerida por profundidade do sulco, correspondeu à força de tração média requerida por linha de semeadura a cada unidade (cm) de profundidade de abertura do sulco. Foi calculada pela equação:

$$F_{prof} = \frac{F_L}{P_s} \cdot 1000 \quad (7)$$

em que:

F_{prof} = força de tração média requerida por profundidade do sulco (N.cm^{-1});

F_L = força de tração requerida por linha de semeadura (kN.linha^{-1});

P_s = profundidade do sulco (cm);

1000 = fator de conversão.

5.2.6.15 Força média requerida por área de solo mobilizado

Este parâmetro correspondeu à relação entre o requerimento de força

de tração média de cada linha de semeadura e a área média de solo mobilizado, sendo calculado pela equação:

$$F_{am} = \frac{F_L}{A_m} \cdot 1000 \quad (8)$$

em que:

F_{am} = força de tração média requerida por área de solo mobilizado (N.cm⁻²);

F_L = força de tração requerida por linha de semeadura (kN.linha⁻¹);

A_m = área de solo mobilizado (cm²);

1000 = fator de conversão.

5.2.6.16 Potência média requerida na barra de tração do trator

A potência média exigida na barra de tração foi calculada pela equação:

$$P_m = \frac{F_m \cdot V_m}{3,6} \quad (9)$$

em que:

P_m = potência média requerida na barra de tração do trator (kW);

F_m = força de tração média requerida na barra de tração (kN);

V_m = velocidade média de deslocamento (km.h⁻¹);

3,6 = fator de conversão.

5.2.6.17 Potência máxima requerida na barra de tração do trator

Esse parâmetro correspondeu à potência calculada no pico de força

registrado em cada parcela experimental. Foi calculado conforme Silva (2000b) pela equação:

$$P_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot V_m}{3,6} \quad (10)$$

em que:

P_{\max} = potência máxima requerida na barra de tração do trator (kW);

F_{\max} = força de tração máxima (pico de força) requerida na barra de tração (kN);

V_m = velocidade média de deslocamento (km.h⁻¹);

3,6 = fator de conversão.

5.2.6.18 Potência média requerida por linha de semeadura

A potência média requerida por linha de semeadura correspondeu à potência média exigida na barra de tração do trator por unidade de semeadura. Foi determinada pela equação:

$$P_L = \frac{P_m}{NL} \quad (11)$$

em que:

P_L = potência média requerida por linha de semeadura (kW.linha⁻¹);

P_m = potência média requerida na barra de tração (kW);

NL = número de linhas das semeadoras-adubadoras (4).

5.2.6.19 Potência média requerida por profundidade do sulco

Correspondeu à potência média exigida por unidade de semeadura à cada unidade de profundidade de abertura do sulco. Foi calculada pela equação:

$$P_{prof} = \frac{P_L}{P_s} \cdot 1000 \quad (12)$$

em que:

P_{prof} = potência média requerida por profundidade do sulco ($W.cm^{-1}$);

P_L = potência média requerida por linha de semeadura ($kW.linha^{-1}$);

P_s = profundidade do sulco (cm);

1000 = fator de conversão.

5.2.6.20 Potência média requerida por área de solo mobilizado

Referiu-se ao requerimento de potência de cada linha de semeadura a cada unidade de área de solo mobilizado, sendo calculado pela equação:

$$P_{am} = \frac{P_L}{A_m} \cdot 1000 \quad (13)$$

em que:

P_{am} = potência requerida por área de solo mobilizado ($W.cm^{-2}$);

P_L = potência requerida por linha de semeadura ($kW.linha^{-1}$);

A_m = área de solo mobilizado (cm^2);

1000 = fator de conversão.

5.2.6.21 Distribuição longitudinal de plantas

A regularidade de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plantas na linha de semeadura, foi determinada através da mensuração da distância entre todas as plantas de milho existentes em três metros de linha semeada, nas quatro linhas centrais de cada parcela experimental. Utilizou-se uma régua de madeira

graduada de 3 metros para medir os espaçamentos entre as plantas.

Os espaçamentos entre plantas (X_i) foram analisados mediante classificação adaptada de Kurachi et al. (1989) para avaliação de espaçamentos entre sementes, determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes as classes: aceitáveis ou normais ($X_{ref} < X_i < 1,5 X_{ref}$), múltiplos ($X_i < 0,5 \cdot X_{ref}$) e falhos ($X_i > 1,5 \cdot X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulagem de cada semeadora-adubadora (X_{ref} de 17,01 e 16,53 cm, respectivamente para as semeadoras-adubadoras PST³-Suprema e PST²), como apresentado no Quadro 5.

Quadro 5. Valores de limites de espaçamentos entre plantas (cm) de acordo com as classes para as duas semeadoras-adubadoras.

Classe de espaçamentos	Semeadora PST ³ -Suprema	Semeadora PST ²
Aceitáveis	$8,50 \leq X_i \leq 25,50$	$8,26 \leq X_i \leq 24,79$
Múltiplos	$X_i < 8,50$	$X_i < 8,26$
Falhos	$X_i > 25,50$	$X_i > 24,79$

5.2.6.22 Distribuição transversal de sementes

A avaliação da regularidade de distribuição transversal ou razão de distribuição de sementes, foi determinada por meio da contagem das sementes coletadas no tubo de descarga nas quatro linhas das semeadoras, ao final do deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora numa faixa de 80 metros de comprimento.

A razão de distribuição de sementes é expressa em sementes por hectare, através da relação entre as sementes coletadas por unidade de área, considerando o espaçamento (0,80 m) entre as unidades de semeadura.

5.2.6.23 Índice de enchimento do disco dosador

O índice de enchimento do disco dosador foi obtido mediante a

contagem do número de sementes coletadas na distância de 80 metros, de acordo com a relação:

$$En = \left(\frac{\text{valor observado}}{\text{valor esperado}} \right) \cdot 100 \quad (14)$$

em que:

En = índice de enchimento do disco dosador de sementes (%);

valor observado = contagem das sementes coletadas em 80 m (sementes);

valor esperado = correspondeu ao produto da distância percorrida (80 m) pela quantidade de sementes que teoricamente deveria ser depositada no solo (número de sementes por metro), de acordo com a regulagem de cada semeadora-adubadora. Este valor equivale ao produto da quantidade de orifícios do disco dosador pela quantidade de voltas dada pelo mesmo, na distância efetivamente percorrida pela semeadora-adubadora.

5.2.6.24 Distribuição de fertilizantes

A avaliação da regularidade de distribuição de fertilizante foi obtida por meio de coleta do fertilizante ao sair do tubo corrugado de descarga, nas quatro linhas das semeadoras-adubadoras. Os tubos de descarga foram retirados do mecanismo sulcador e em suas extremidades foram fixados sacos plásticos presos com atilhos, para a coleta do fertilizante ao longo de uma faixa de 80 metros. O material recolhido foi pesado em balança digital de precisão de 0,01g.

A razão de distribuição de fertilizante foi expressa em quilogramas por hectare, através da relação entre o peso do fertilizante coletado por unidade de área, considerando o espaçamento (0,80 m) entre as unidades de semeadura.

5.2.6.25 Variação percentual na distribuição de fertilizantes

A variação na distribuição de fertilizantes referiu-se à relação percentual entre a quantidade de fertilizante que efetivamente foi lançada no solo e a quantidade de fertilizante prevista pela combinação de engrenagens das semeadoras-adubadoras.

5.2.6.26 Qualidade de sementes após a passagem pelas semeadoras-adubadoras

Para avaliação da qualidade das sementes de milho após a passagem pelos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras, foram coletadas amostras de sementes ao final do deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora em uma faixa de 80 metros, mediante uso de um tampão de estopa na saída do tubo de descarga, em todas as unidades de semeadura, em parcelas experimentais distintas. As duas semeadoras-adubadoras foram operadas nas diferentes velocidades de deslocamento e nas duas condições de solo em estudo, considerando-se uma passada por tratamento. As sementes foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e acondicionados em câmara seca à temperatura de aproximadamente 30°C, até a realização dos testes de dano mecânico e de vigor. A amostra coletada de cada unidade de semeadura foi considerada uma repetição.

Para quantificar o percentual de sementes danificadas pela ação do mecanismo dosador e da velocidade de deslocamento, as injúrias foram detectadas por sua natureza física e fisiológica antes e após a passagem pela semeadora-adubadora. No caso de injúrias físicas, a fração de sementes danificadas foi obtida pela separação manual das sementes quebradas ou danificadas, conforme projeto de norma ABNT (1996). As injúrias de natureza fisiológica foram determinadas pelos testes de vigor (condutividade elétrica e crescimento de plântulas e raízes) e adicionalmente pelo teste “fast green” (verde rápido).

Antes da realização dos testes, retiraram-se quatro amostras compostas das sementes para a determinação do teor de água pelo método da estufa a 105°C durante 24 horas.

Os testes de vigor e dano mecânico foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes da área de Agricultura do Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP.

Para avaliar a qualidade física das sementes quando submetidas aos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras, determinou-se os danos mecânicos pelo teste verde rápido (“fast green”) descrito por Dias & Barros (1995), com uma repetição de 100 sementes por linha de semeadura, num total de quatro repetições por tratamento. As sementes de cada repetição foram colocadas em copo plástico, imersas por cinco minutos em solução de verde rápido, preparada à concentração de 0,1%. Em seguida, as sementes foram lavadas em água corrente, espalhadas sobre papel toalha e classificadas quanto à presença e ausência de injúrias, de acordo com a coloração de verde existente em danos no pericarpo. Segundo normas de classificação de sementes, os danos mecânicos referem-se somente aos danos detectados em sementes com trincas profundas e trincas leves no embrião, ao passo que os danos totais referem-se aos danos mecânicos acrescidos das sementes danificadas que apresentam outras trincas e quebras.

Os resultados de danos mecânicos e danos totais foram expressos em valores médios de percentual (%) de sementes danificadas por amostra.

Os testes de vigor conduzidos para avaliar a qualidade das sementes foram o teste de condutividade elétrica e teste de crescimento de plântulas e de raízes. Para a condução do teste de condutividade elétrica seguiu-se metodologia descrita por Dias & Barros (1995), com duas repetições de 25 sementes por linha de semeadura, perfazendo oito repetições por tratamento. Em cada repetição, as sementes foram pesadas em balança digital de precisão de 0,01 g, colocadas em copos plásticos adicionando 75 mL de água destilada. As sementes foram levemente agitadas e levadas ao germinador com temperatura de 25°C por 24 horas, sendo novamente agitadas para posterior determinação da condutividade elétrica, com o uso de condutímetro de marca Digimed, modelo DM31. A condutividade média foi expressa em unidade de $\mu\text{mhos/g}$ de sementes, obtida da fração do valor obtido no condutímetro pelo peso das 25 sementes.

Para a realização do teste de crescimento de plântulas, utilizou-se metodologia descrita por Dias & Barros (1995), com duas repetições de 10 sementes por linha de semeadura (oito repetições por tratamento). As sementes foram distribuídas (com as

radículas apontadas para baixo) sobre uma linha marcada a 8 cm da margem superior de duas folhas de papel toalha previamente umedecidas, cobrindo-as em seguida com mais uma folha de papel toalha, sendo em seguida enroladas e levadas para o germinador em posição vertical, à temperatura de 25°C, durante quatro dias. Após este período mediu-se com régua graduada em milímetros o comprimento das plântulas e o comprimento das raízes, obtendo-se valores médios em unidade de centímetro (cm).

5.2.6.27 Número médio de dias para emergência de plântulas

Para a determinação do número médio de plantas emergidas, foi feita a contagem diária desde a primeira plântula emergida até a estabilização da contagem, em dois metros de linha semeada, nas quatro linhas centrais de cada parcela experimental. Calculou-se o número médio de dias para a emergência de plântulas de milho de acordo com a equação proposta por Edmond & Drapala (1958):

$$M = \{(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)\} / (G_1 + G_2 + \dots + G_n) \quad (15)$$

em que:

M = número médio de dias para a emergência das plântulas de milho;

N_1 = número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem;

G_1 = número de plântulas emergidas na primeira contagem;

$4N_2$ = número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

G_2 = número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

N_n = número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem;

G_n = número de plântulas emergidas entre a penúltima e a última contagem.

5.2.6.28 Estande inicial e final de plantas

O estande médio inicial de plantas de milho, foi obtido mediante a contagem das plantas existentes em três metros de linha semeada, no momento em que realizou-se a coleta de dados do item 5.2.6.21, nas quatro linhas centrais de cada parcela experimental. O estande médio final foi obtido através da contagem das plantas existentes em cinco metros de linha semeada, nas quatro linhas centrais de cada parcela experimental, no momento da colheita da cultura. Os valores médios obtidos foram transformados e expressos em número de plantas por hectare.

5.2.6.29 Índice de sobrevivência

O índice de sobrevivência médio correspondeu à proporção média de plantas que atingiram sua maturação, em relação ao estande médio inicial de plantas e foi obtido pela equação:

$$IS = \frac{P_f}{P_i} \cdot 100 \quad (16)$$

em que:

IS = índice de sobrevivência médio de plantas de milho (%);

P_f = estande médio final de plantas de milho (plantas.ha⁻¹);

P_i = estande médio inicial de plantas de milho (plantas.ha⁻¹).

5.2.6.30 Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas

O diâmetro médio do colmo, a altura média de inserção da primeira

espiga e a altura média das plantas de milho, foram determinados aleatoriamente em oito plantas em cada parcela experimental (duas plantas por linha de semeadura) logo após o período de florescimento.

Para a determinação do diâmetro do colmo das plantas, utilizou-se um paquímetro de precisão de 0,1 milímetros medindo-se no primeiro internódio do colmo, a partir da superfície do solo.

Para as determinações de altura, utilizou-se uma régua graduada em centímetros, sendo que para a altura das plantas, mediu-se a distância da superfície do solo à inserção da folha bandeira no colmo das plantas, enquanto que para a altura de inserção de primeira espiga, mediu-se a distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga.

5.2.6.31 Produtividade de grãos

Para quantificar a produtividade média de grãos da cultura do milho foram colhidas manualmente as espigas das quatro linhas centrais, em cinco metros de linha semeada, em cada parcela, no período em que a cultura atingiu o ponto de maturação fisiológica, sendo acondicionadas em sacas de ráfia devidamente identificadas. As amostras coletadas foram processadas por uma trilhadora estacionária de cereais de marca NUX Maquinagrícola, modelo BC-30 Junior, sendo posteriormente pesadas em balança digital de precisão de 0,01g. De cada amostra retirou-se uma sub-amostra para determinação do teor de água dos grãos, a qual foi determinada pelo método da estufa a 105°C por 24 horas. A produtividade média final foi calculada corrigindo-se o teor de água dos grãos para 13% e obtida pela equação:

$$PROD = \frac{P \cdot 10000}{A} \quad (17)$$

em que:

$PROD$ = produtividade média de grãos de milho ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

P = produção média de grãos da parcela cujo teor de água foi corrigido para 13% (kg);

A = área da parcela colhida (m^2);

10000 = fator de conversão.

5.2.7 Análise estatística dos dados

Para atender aos objetivos propostos, os dados dos parâmetros de avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras, foram analisados estatisticamente por meio do “Software” ESTAT, os quais foram submetidos à análise de variância e nos casos de variações significativas ($P < 0,05$) procedeu-se o teste de Tukey a 5% de significância para comparar os contrastes entre médias, de acordo com Banzatto & Kronka (1995). Determinou-se além dos valores médios, valores de desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros estudados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de todos os parâmetros monitorados e avaliados, serão apresentados na forma de Quadros e Figuras. Os resumos da análise de variância expresso pelo Teste F e os resultados dos testes de médias dos parâmetros e fatores estudados, serão agrupados em Quadros e nas causas de interações significativas, estas serão desmembradas em Quadros isolados. Nos Quadros de resultados de análise de variância e de teste de médias, as médias seguidas de letras minúsculas diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; a ausência de letras indica que as médias não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; asterisco (*) representa efeito significativo ($P < 0,05$); 'ns' representa o efeito não significativo ($P > 0,05$) e CV corresponde ao coeficiente de variação. Nos Quadros de interação, as médias seguidas da mesma letra minúscula em cada coluna e, maiúscula em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No corpo do texto, dos Quadros e Figuras, para efeito de abreviações, serão utilizados as seguintes terminologias:

- semeadora-adubadora PST³-suprema equipada com mecanismo dosador de sementes do tipo pneumático apenas como semeadora pneumática;
- semeadora-adubadora PST² equipada com mecanismo dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado como semeadora de disco horizontal;

- velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora como velocidade;
- solo conduzido sob sistema de plantio direto por quatro anos como solo sob plantio direto;
- solo com antecedente de escarificação (4 meses) como solo escarificado ou sob escarificação.

A seqüência de apresentação dos resultados e as discussões, serão feitas agrupando-se os parâmetros por afinidade e, sempre que possível, dentro da seqüência cronológica de execução das atividades. Inicialmente serão apresentados os resultados dos parâmetros de caracterização das condições de operação do solo na área experimental e posteriormente os resultados de todos os parâmetros de avaliação do desempenho das semeadoras-adubadoras.

Nos apêndices constam todos os resultados originais dos parâmetros avaliados e outras informações complementares, entre elas valores de média geral, desvio padrão e diferença mínima significativa (dms) dos fatores estudados.

6.1 Teor de água no solo

No Quadro 6 são apresentados os valores médios (uma vez que, estatisticamente não houve variação entre as parcelas experimentais) de teores de água no solo, no momento da semeadura da cultura do milho e da determinação da resistência mecânica do solo à penetração.

Quadro 6. Teor de água no solo no momento da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração.

Camada (cm)	Teor de água (g.kg ⁻¹)	CV (%)
0-10	27,79	6,19
11-20	28,34	10,18
21-30	31,02	7,01
31-40	31,48	7,33

Observou-se que para cada classe de profundidade, houve pequena variabilidade do teor de água no solo entre as parcelas experimentais, conforme pode ser observado pela análise dos coeficientes de variação obtidos em cada camada.

6.2 Matéria seca da cobertura vegetal

Na Figura 10 são apresentadas as proporções de matéria seca existentes na superfície do solo no momento da semeadura da cultura do milho, as quais originaram-se da cultura de aveia preta e de restos culturais (culturas anteriores e plantas daninhas).

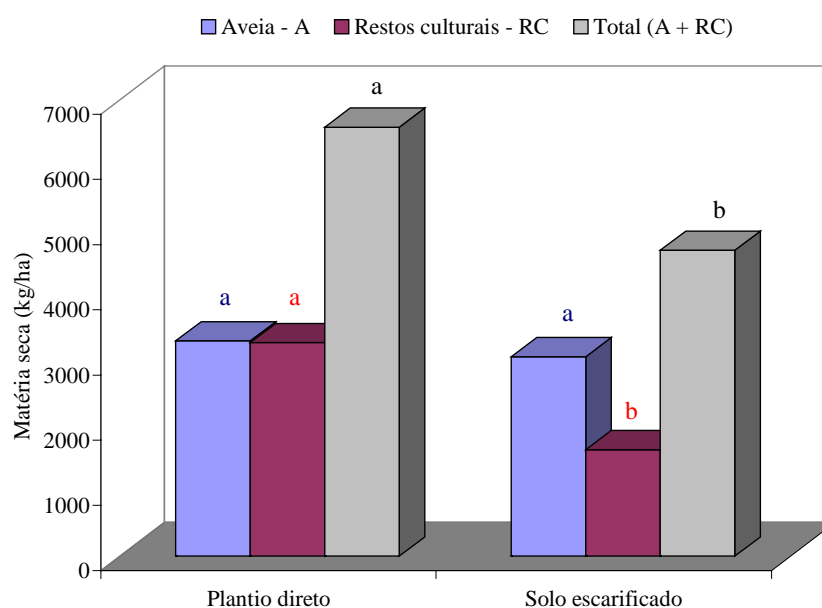


Figura 10. Quantidade de matéria seca de aveia preta e de restos culturais nas parcelas com solo sob plantio direto e escarificado.

Observou-se que a produção de matéria seca da cultura da aveia preta não diferiu estatisticamente em função da condição de preparo do solo, apresentando em média $3,18 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, ao passo que, a presença de restos culturais na superfície do solo diferiu estatisticamente em função da operação de escarificação realizada antes da implantação da

cultura da aveia preta. Devido à incorporação de resíduos, a operação de escarificação à 30 cm de profundidade reduziu em 50% a quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo. Em consequência, a proporção de matéria seca total presente na superfície do solo também diferiu em função da condição de preparo, sendo que obteve-se valores médios de 6,6 e 4,7 ton.ha⁻¹ para os solos sob plantio direto e escarificado, respectivamente. A quantidade de matéria seca total em solo sob plantio direto foi 30% superior ao solo com antecedente de escarificação. A proporção de acúmulo de matéria seca em área de plantio direto pode ser considerada adequada ao sistema, de acordo com Alvarenga et al. (2001), que consideraram apropriada a quantidade de 6 ton.ha⁻¹ de matéria se seca de cobertura vegetal. Ressalta-se também que o local onde se instalou o experimento, pertence a região citada pelos autores em que, devido as condições climáticas, torna-se difícil o estabelecimento de culturas de inverno e a decomposição dos resíduos no verão é intensa.

Em solo conduzido sob sistema de plantio direto há quatro anos, a proporção de matéria seca de resíduos na superfície do solo (2,45 ton.ha⁻¹) foi praticamente igual à produção de matéria seca da cultura de inverno implantada. As proporções relativamente altas de resíduos culturais, sugerem que as condições climáticas locais permitem manter por um determinado período de tempo, resíduos vegetais sobre a superfície do solo, condição desejável ao sistema de plantio direto. Os coeficientes de variação foram de 18,08, 43,45 e 21,07% respectivamente para as frações de aveia preta, restos culturais e matéria seca total.

6.3 Resistência mecânica do solo à penetração

No Quadro 7 e na Figura 11 são apresentados os valores médios de resistência mecânica do solo à penetração. Os teores de água no solo em que foram feitas as determinações de resistência à penetração, são apresentados no Quadro 6.

Verificou-se que houve efeito significativo da condição de preparo sobre a compactação do solo, expressa pelos valores de resistência à penetração. No solo sob plantio direto, os valores de resistência à penetração foram superiores aos encontrados nas parcelas em que houve preparo com uso de escarificador, desde a superfície até a profundidade

de 30 cm, sendo que a diferença foi reduzindo gradativamente com o aumento da profundidade. Observou-se que a resistência mecânica do solo à penetração, quatro meses após a operação de escarificação, foi reduzida em 54% na camada superficial (5 cm).

Quadro 7. Resistência mecânica do solo à penetração para as duas condições de solo.

Profundidade (cm)	Resistência do solo à penetração (MPa)		CV (%)
	Solo sob plantio direto	Solo sob escarificação	
5 cm	2,54 a	1,18 b	23,11
10 cm	2,99 a	1,63 b	16,27
15 cm	2,91 a	1,75 b	17,85
20 cm	2,82 a	1,90 b	18,56
25 cm	3,02 a	2,30 b	15,92
30 cm	3,00 a	2,74 b	11,74
35 cm	3,01 a	2,90 a	10,11
40 cm	3,03 a	3,02 a	10,65

* As comparações se referem às condições de solo em cada classe de profundidade.

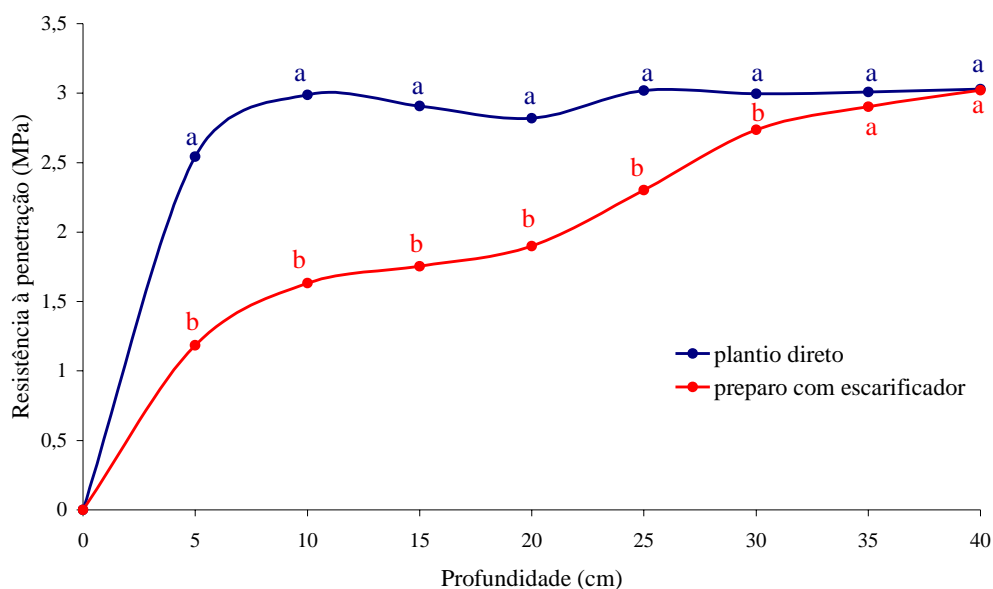


Figura 11. Resistência mecânica do solo à penetração para as duas condições de solo.

O maior valor de coeficiente de variação foi de 23%, encontrado na camada superficial do solo, ao passo que os menores valores foram de aproximadamente 10%,

obtidos nas profundidades de 35 e 40 cm, onde não se encontraram diferenças estatísticas significativas entre as condições de preparo. Furlani (2000) também encontrou diferenças estatísticas até a profundidade de 36 cm quando comparou a resistência à penetração nesses dois sistemas de preparo do solo.

6.4 Velocidade de deslocamento

Sendo um dos objetivos deste trabalho avaliar o desempenho de semeadoras-adubadoras de plantio direto sob variação de velocidade de deslocamento, optou-se por monitorá-la durante todo o deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora nas parcelas experimentais. Os resultados da variação da velocidade de deslocamento na semeadura da cultura do milho são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para o fator velocidade de deslocamento.

	Velocidade de deslocamento (km.h ⁻¹)
TESTE F	
S	34,03 *
V	3556,25 *
P	23,87 *
S x V	4,84 *
S x P	1,34 ns
V x P	1,65 ns
S x V x P	0,15 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	7,52 a
Disco horizontal	7,22 b
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	4,35 c
8,0 km.h ⁻¹	7,97 b
9,8 km.h ⁻¹	9,79 a
SOLO (P)	
Plantio direto	7,50 a
Escarificado	7,24 b
CV (%)	2,52

Para atender aos objetivos propostos de avaliação das máquinas de semeadura em três velocidades de deslocamento, optou-se por uma baixa, uma intermediária e uma alta, as quais foram definidas em função do escalonamento de marchas do trator utilizado. Tendo em vista a utilização de uma semeadora pneumática, decidiu-se por não variar a rotação do motor, variando-se apenas a marcha do trator, obtendo-se assim uma velocidade baixa de 4,4 km.h⁻¹ e duas relativamente altas de 8,0 e 9,8 km.h⁻¹, embora as mesmas difiram estatisticamente entre si (Quadro 8). Verificou-se também que houve influência do tipo de semeadora e da condição de solo sobre a velocidade de semeadura. Observou-se que a semeadora pneumática foi tracionada a uma velocidade maior (4,2%) que a semeadora equipada com dosador de sementes de disco horizontal perfurado. Também em solo sob plantio direto, a velocidade de semeadura foi maior (3,6%) que em solo com antecedente de escarificação.

O Quadro 9 apresenta o desdobramento da interação entre os fatores semeadora e velocidade, em que nas velocidades mais altas (8,0 e 9,8 km.h⁻¹) a semeadora pneumática foi tracionada à maior velocidade.

Quadro 9. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para o fator velocidade de deslocamento.

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	4,41 aC	8,13 aB	10,05 aA
Disco horizontal	4,30 aC	7,82 bB	9,53 bA

O coeficiente de variação do monitoramento da velocidade de deslocamento foi de 2,52%, o qual pode ser considerado como baixo.

A ocorrência de efeito dos fatores semeadora e solo sobre a variabilidade da velocidade pode estar associada a parâmetros avaliados (entre outros a patinação), os quais serão discutidos posteriormente.

6.5 Profundidade do sulco de semeadura, área de solo mobilizado e profundidade de deposição de sementes

No Quadro 10 são apresentados os resultados de profundidade do sulco de semeadura, área de solo mobilizado e profundidade de deposição de sementes.

Quadro 10. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis profundidade do sulco - PS, área de solo mobilizado - AM e profundidade de deposição de sementes - PDS.

	PS (cm)	AM (cm ²)	PDS (cm)
TESTE F			
S	31,19 *	16,89 *	107,61 *
V	7,57 *	8,14 *	0,29 ns
P	40,45 *	21,76 *	69,17 *
S x V	0,96 ns	1,64 ns	3,14 ns
S x P	10,68 *	2,69 ns	11,66 *
V x P	1,08 ns	2,04 ns	0,32 ns
S x V x P	0,38 ns	0,56 ns	0,60 ns
FATORES			
SEMEADORA (S)			
Pneumática	6,70 b	73,95 b	4,07 b
Disco horizontal	7,78 a	90,16 a	5,41 a
VELOCIDADE (V)			
4,4 km.h ⁻¹	6,72 b	71,92 b	4,75
8,0 km.h ⁻¹	7,58 a	91,36 a	4,80
9,8 km.h ⁻¹	7,42 a	82,89 ab	4,68
SOLO (P)			
Plantio direto	6,63 b	72,86 b	4,20 b
Escarificado	7,85 a	91,25 a	5,28 a
CV (%)	9,21	16,65	9,51

Verificou-se que a profundidade do sulco de semeadura, a área de solo mobilizado e a profundidade de deposição de sementes, foram influenciados pelos três fatores estudados, com exceção da profundidade de deposição de sementes que não sofreu efeito da variação de velocidade.

A semeadora de disco horizontal (PST²) apresentou maior profundidade de sulco e de deposição de sementes em relação à pneumática (PST³-suprema).

Isto se deveu, provavelmente, à regulagem de pressão da mola que é responsável pela maior ou menor profundidade de abertura do sulco para deposição de fertilizantes e sementes, visto que as máquinas foram igualmente equipadas e a diferença de peso de aproximadamente 2,5% (14 kg.haste^{-1}) foi maior na semeadora pneumática, que apresentou a menor profundidade. Mantovani et al. (1992) também encontraram diferenças entre semeadoras no que diz respeito a profundidade de deposição de sementes.

Em solos sob plantio direto, a profundidade do sulco foi mais superficial e, conseqüentemente as sementes também foram depositadas mais superficialmente quando comparadas com solos sob escarificação, fato este, explicado pela redução significativa da resistência do solo à penetração (item 6.3) com a operação de escarificação, propiciando assim maior facilidade na penetração dos órgãos ativos (discos de corte e de abertura de sulco) das máquinas utilizadas na semeadura.

A semeadora de disco horizontal também mobilizou maior volume de solo por linha de semeadura do que a pneumática, o mesmo ocorrendo com solo escarificado em relação ao solo sob plantio direto. Os maiores valores de área de solo mobilizado, encontrados para a semeadora pneumática em solo sob preparo com escarificador, estão relacionados à maior profundidade do sulco de semeadura.

Verificou-se que na velocidade de $4,4 \text{ km.h}^{-1}$, obteve-se menor profundidade de sulco e menor mobilização de solo, sendo que não se encontrou diferença estatística significativa para estes parâmetros nas duas maiores velocidades. Com o aumento de $4,4$ para $8,0 \text{ km.h}^{-1}$ houve um incremento de 27% no volume de solo mobilizado por linha de semeadura. Tais resultados concordam com Casão Júnior et al. (2001b) que também obtiveram maiores profundidade do sulco e área mobilizada na maior velocidade de semeadura e, por outro lado, discordam de Silva et al. (2001b) que verificaram que a área de solo mobilizado não variou com o aumento da velocidade de semeadura da cultura do milho.

Não houve variação da profundidade de deposição de sementes com o aumento da velocidade de deslocamento, resultado este satisfatório, quando se considera o aumento da capacidade operacional de trabalho sem comprometer a distribuição espacial das sementes em termos de profundidade no sulco de semeadura. Justino (1998), Mantovani et al. (1992), Silva (2000b) e Mahl et al. (2001), também detectaram que o aumento da velocidade de deslocamento não teve efeito sobre a profundidade de deposição de sementes.

Houve interação significativa entre os fatores semeadora e solo para as variáveis profundidade do sulco e profundidade de deposição de sementes (Quadros 11 e 12), onde se observou que somente em solo sob escarificação, a semeadora de disco horizontal (PST²) apresentou maior profundidade de sulco de semeadura. Com relação à profundidade de deposição de sementes não foi possível identificar onde ocorreu o efeito da interação.

Quadro 11. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável profundidade do sulco (cm).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	6,40 aB	7,00 bA
Disco horizontal	6,85 aB	8,70 aA

Quadro 12. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável profundidade de deposição de sementes (cm).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	3,75 bB	4,38 bA
Disco horizontal	4,65 aB	6,18 aA

A regularidade da profundidade de deposição de sementes avaliada através do coeficiente de variação de 9,51% (Quadro 10), pode ser considerada aceitável sendo os valores inferiores aos encontrados por Casão Júnior et al. (2000a). De maneira geral, a distribuição de sementes em profundidade foi adequada, estando os valores médios compreendidos entre 4 e 6 cm, valores estes recomendados pela Embrapa (1993) para a cultura do milho. O coeficiente de variação da profundidade do sulco de semeadura foi semelhante ao da deposição de sementes. Por outro lado, houve maior variabilidade nos dados de área de solo mobilizado, expresso pelo coeficiente de variação de 16,65%.

6.6 Percentagem de manutenção de cobertura vegetal no solo

A percentagem de manutenção de cobertura no solo após a operação

de semeadura da cultura do milho é apresentada no Quadro 13.

Quadro 13. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável percentagem de manutenção de cobertura do solo – PMC.

	PMC (%)
TESTE F	
S	1,01 ns
V	7,39 *
P	19,19 *
S x V	3,34 *
S x P	0,04 ns
V x P	0,02 ns
S x V x P	0,11 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	83,27
Disco horizontal	81,61
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	86,91 a
8,0 km.h ⁻¹	80,45 b
9,8 km.h ⁻¹	79,96 b
SOLO (P)	
Plantio direto	86,05 a
Escarificado	78,83 b
CV (%)	6,92

O Quadro 13 mostra que o fator semeadora-adubadora não teve efeito significativo sobre o percentual de manutenção de cobertura vegetal do solo. Tal resultado pode ser explicado pela semelhança das máquinas em termos de mecanismos sulcadores tanto para fertilizantes quanto para sementes. Por outro lado, verificou-se que com aumento da velocidade, houve redução do percentual de manutenção de cobertura no solo, não existindo no entanto diferença estatística entre as duas velocidades mais altas. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2001b) que trabalhando nas mesmas faixas de velocidade em solo sob vegetação espontânea, obtiveram redução da percentagem de cobertura no solo com o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura da cultura do milho. Justino (1998), variando a velocidade de 4,9 para 7,8 km.h⁻¹ na semeadura de milho sob vegetação consorciada de aveia preta e ervilhaca, em solo de textura arenosa, não encontrou

diferenças estatísticas para o percentual de manutenção de cobertura no solo, obtendo valores entre 92,62 e 93,89%, considerando o espaçamento entre linhas de 0,90 m.

Em solos com antecedente de plantio direto houve maior percentual de manutenção de cobertura no solo, fato este, associado à maior mobilização encontrada em solo escarificado. Esses resultados concordam com Bertol & Fischer (1997). O menor valor foi obtido em solo com antecedente de escarificação, utilizando-se a semeadora-adubadora de disco horizontal (PST²), tracionada a alta velocidade, onde a percentagem de cobertura no solo após a operação de semeadura foi reduzida em aproximadamente 27%, considerando 0,80 m entre as linhas de semeadura. Os resultados médios obtidos, são semelhantes aos encontrados por Casão Júnior et al. (2001b).

Verificou-se que para os fatores velocidade e solo, houve uma relação direta entre o percentual de manutenção de cobertura do solo com a profundidade do sulco e a área de solo mobilizado por linha de semeadura, em que quanto menor a profundidade do sulco e a mobilização de solo, maior o percentual de manutenção de cobertura do solo.

No Quadro 14 são apresentados os resultados da interação entre as semeadoras e a condição de preparo do solo.

Quadro 14. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável percentagem de manutenção de cobertura no solo (%).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	85,20 aA	83,46 aA	81,15 aA
Disco horizontal	88,63 aA	79,75 aB	76,46 bB

Observou-se que na velocidade de 4,4 km.h⁻¹ a semeadora-adubadora pneumática apresentou percentagem de manutenção de cobertura no solo, estatisticamente semelhante às demais velocidades. Na maior velocidade estudada, as semeadoras diferiram estatisticamente entre si, sendo que a semeadora-adubadora pneumática (PST³-suprema) apresentou maior percentual de manutenção de cobertura no solo.

6.7 Índice de sementes expostas

Apenas o fator semeadora-adubadora teve efeito significativo sobre o índice de sementes expostas, como mostra o Quadro 15.

Quadro 15. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável índice de sementes expostas – ISE.

	ISE (%)
TESTE F	
S	9,43 *
V	0,35 ns
P	0,54 ns
S x V	0,16 ns
S x P	0,52 ns
V x P	1,29 ns
S x V x P	0,99 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	0,16 a
Disco horizontal	0,01 b
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	0,06
8,0 km.h ⁻¹	0,10
9,8 km.h ⁻¹	0,10
SOLO (P)	
Plantio direto	0,10
Escarificado	0,07
CV (%)	199,89

A semeadora pneumática (PST³-suprema) deixou maior quantidade de sementes de milho expostas na superfície do solo. Isto se deveu, provavelmente, a menor profundidade de abertura do sulco e de deposição de sementes, como verificado em 6.5. Embora o efeito da semeadora seja significativo, o índice percentual de 0,16% pode ser considerado baixo, ao comparar-se com índices de 1,4 e 3,4% de sementes expostas para velocidades de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹, encontrados por Casão Júnior et al. (2000a).

A ausência de efeito da velocidade sobre o índice de sementes expostas é desejável, permitindo aumentar a capacidade de campo sem no entanto expor as sementes no solo o que interferiria na emergência, estande e produtividade.

Observou-se que houve um alto valor de coeficiente de variação (199,89%) revelando a grande variabilidade do número de sementes expostas nas diferentes parcelas do experimento e, a existência de parcelas experimentais com ausência de sementes expostas.

6.8 Patinagem dos rodados do trator e da roda motriz das semeadoras-adubadoras

O Quadro 16 mostra os resultados da patinagem dos rodados do trator e de um dos rodados das semeadoras-adubadoras na operação de semeadura da cultura do milho.

Verificou-se que os dois rodados traseiros do trator tiveram o mesmo comportamento com relação à patinagem. Constatou-se que a velocidade de deslocamento não interferiu na patinagem dos rodados do trator e, por outro lado, encontrou-se diferença estatística significativa entre as semeadoras e entre as condições de solo.

O trator quando tracionando a semeadora-adubadora de disco horizontal (PST²) apresentou maior patinagem dos rodados traseiros (30% em média) em relação à semeadora pneumática (PST³-suprema). Esta diferença está associada à maior profundidade de abertura do sulco da semeadora de disco horizontal, visto que ambas as semeadoras trabalharam em condições de igualdade, com exceção do peso, o qual foi 2,5% maior na semeadora pneumática.

Em solo sob antecedente de escarificação (4 meses), os rodados do trator na operação de semeadura apresentaram patinagem média superior de aproximadamente 31% em relação a solo sob plantio direto por quatro anos. Isto se deveu às condições diferenciadas de aderência do rodado/solo, devido a alterações nas propriedades físicas do solo gerado pela operação de escarificação à 30 cm de profundidade. Tal resultado está de acordo com estudos realizados por Furlani (2000) e Vieira & Reis (2001).

Quadro 16. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis patinagem do rodado direito do trator – PRDT, patinagem do rodado esquerdo do trator – PRET e patinagem da roda motriz das semeadoras-adubadoras – PRMS.

	PRDT (%)	PRET (%)	PRMS (%)
TESTE F			
S	29,85 *	22,26 *	69,83 *
V	1,71 ns	2,89 ns	10,24 *
P	22,41 *	21,00 *	6,70 *
S x V	1,27 ns	1,15 ns	0,15 ns
S x P	4,01 ns	2,53 ns	7,65 *
V x P	0,55 ns	0,62 ns	1,27 ns
S x V x P	0,12 ns	0,09 ns	0,21 ns
FATORES			
SEMEADORA (S)			
Pneumática	7,18 b	6,71 b	4,26 b
Disco horizontal	9,79 a	8,89 a	9,51 a
VELOCIDADE (V)			
4,4 km.h ⁻¹	8,89	8,34	5,23 b
8,0 km.h ⁻¹	8,71	8,02	6,74 b
9,8 km.h ⁻¹	7,88	7,04	8,70 a
SOLO (P)			
Plantio direto	7,37 b	6,74 b	6,04 b
Escarificado	9,62 a	8,86 a	7,70 a
CV (%)	19,33	20,51	31,58

A patinagem do rodado das semeadoras-adubadoras utilizadas, apresentou comportamento estatístico semelhante ao dos rodados do trator com relação aos fatores semeadora e solo. Em trabalhos de avaliação de nove semeadoras-adubadoras, realizados no Centro Nacional de Milho e Sorgo, Mantovani et al. (1992), encontraram variações de patinagem do rodado motriz das semeadoras de 3,17 a 8,77%. Há de ressaltar que esta patinagem é avaliada em valor absoluto, pois se trata de um arrastamento dos rodados das semeadoras e portanto, a patinagem gerada seria negativa.

Detectou-se também efeito da velocidade de deslocamento e da interação entre semeadora e velocidade sobre a patinagem dos rodados das semeadoras-adubadoras. A velocidade de 9,8 km.h⁻¹ diferiu estatisticamente das demais, apresentando o maior valor de patinagem de 8,70%. Estes resultados concordam com Oliveira (1997) que também obteve maior patinagem dos rodados da semeadora-adubadora na maior velocidade e,

divergem de Justino (1998) que verificou que a patinagem reduziu com o aumento da velocidade de deslocamento.

O Quadro 17 mostra que em ambas as condições de solo, a patinagem da roda motriz da semeadora pneumática foi estatisticamente semelhante.

Quadro 17. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável patinagem da roda motriz das semeadoras-adubadoras.

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	4,31 bA	4,21 bA
Disco horizontal	7,83 aB	11,19 aA

Os valores médios de patinagem dos rodados traseiro direito e esquerdo foram de 8,5 e 7,8%, sendo considerados como adequados, estando próximos da faixa ótima de patinagem estabelecida por Mialhe (1996). Por outro lado, com relação à patinagem dos rodados das semeadoras, seria desejável que os valores fossem próximos de zero, o que revela que houve excesso de arrastamento das rodas acionadoras das máquinas utilizadas no experimento.

6.9 Capacidade de campo efetiva

O Quadro 18 apresenta os resultados da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho.

A capacidade de campo efetiva, é função direta da variação da velocidade de deslocamento. Desta forma, a análise estatística revelou que os mesmos fatores que interferiram na variação de velocidade (Quadro 8), foram os responsáveis pela variação da capacidade de campo efetiva. Assim, a capacidade de campo efetiva apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos de velocidade, obtendo-se menor capacidade de campo na menor velocidade, a qual diferiu das demais, sendo que a maior capacidade de campo (obtida na maior velocidade) foi de 3,13 ha.h⁻¹.

Quadro 18. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável capacidade de campo efetiva – CCE.

	CCE (ha.h ⁻¹)
TESTE F	
S	35,03 *
V	3613,75 *
P	24,89 *
S x V	5,04 *
S x P	1,27 ns
V x P	1,73 ns
S x V x P	0,16 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	2,41 a
Disco horizontal	2,31 b
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	1,39 c
8,0 km.h ⁻¹	2,55 b
9,8 km.h ⁻¹	3,13 a
SOLO (P)	
Plantio direto	2,40 a
Escarificado	2,32 b
CV (%)	2,50

O aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de 4,4 para 8,0 e para 9,8 km.h⁻¹, permitiu aumentar em 83 e 125%, respectivamente, a capacidade de campo efetiva.

Em média, a semeadora pneumática apresentou capacidade de campo efetiva 4,3% maior que a de disco horizontal e, por outro lado, em solo sob plantio direto a capacidade de campo foi 3,4% maior que em solo sob escarificação. Isto também se deveu à maior patinação dos rodados do trator obtido na semeadora de disco horizontal e em solo sob escarificação. Levien et al. (1999) também concluíram que a patinação dos rodados interferiu na capacidade de campo efetiva.

De acordo com o Quadro 19, na velocidade de 4,4 km.h⁻¹, a capacidade de campo efetiva foi estatisticamente semelhante nas duas semeadoras avaliadas.

Quadro 19. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1}).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h^{-1}	8,0 km.h^{-1}	9,8 km.h^{-1}
Pneumática	1,41 aC	2,60 aB	3,22 aA
Disco horizontal	1,37 aC	2,50 bB	3,05 bA

6.10 Requerimento de força de tração: média, máxima, por linha de semeadura, por profundidade do sulco e por mobilização de solo

No Quadro 20 são apresentados os resultados da demanda de força de tração na barra, expressa por valores de força média, máxima (pico de força), por linha de semeadura, por profundidade do sulco e por área de solo mobilizado.

De acordo com os resultados, o fator semeadora-adubadora diferiu estatisticamente para todos os parâmetros de demanda de força de tração avaliados. A semeadora pneumática apresentou valores de força de tração significativamente inferiores aos obtidos para a semeadora de discos horizontais perfurados (PST²). De acordo com Levien et al. (1999), Siqueira et al. (2000) e Silva (2000b), isto se deveu a maior profundidade do sulco e a maior profundidade de deposição de sementes obtida na semeadora de disco horizontal. A semeadora pneumática exigiu, em média, 1,93 kN por linha de semeadura, enquanto que a de disco horizontal exigiu 2,64 kN por linha, resultando em uma diferença percentual de 26,9%.

A força requerida por profundidade do sulco foi influenciada apenas pelas semeadoras avaliadas, sendo que maiores valores foram encontrados para a de disco horizontal (PST²) que obteve em média 342,58 N.cm^{-1} de profundidade em cada linha de semeadura.

Discordando de resultados obtidos por Casão Júnior et al. (2000b) e Siqueira et al. (2001), o aumento da velocidade não provocou aumento na força de tração média e na força requerida por profundidade do sulco na linha de semeadura. A velocidade de deslocamento interferiu no pico de força e na força requerida por unidade de solo mobilizado. O efeito da velocidade sobre o pico de força também foi verificado por Siqueira et al. (2001).

Quadro 20. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis força de tração média – F_{med} ; força de tração máxima – F_{max} ; força de tração por linha de semeadura – F_{linha} ; força de tração por cm de profundidade – F_{prof} ; força de tração por área de solo mobilizado – F_{am} .

	F_{med} (kN)	F_{max} (kN)	F_{linha} (kN)	F_{prof} (N.cm ⁻¹)	F_{am} (N.cm ⁻²)
TESTE F					
S	485,78 *	241,28 *	486,20 *	23,86 *	7,02 *
V	0,24 ns	6,58 *	0,23 ns	2,71 ns	8,74 *
P	221,34 *	99,88 *	220,95 *	1,86 ns	0,07 ns
S x V	0,31 ns	0,94 ns	0,33 ns	0,80 ns	1,23 ns
S x P	11,54 *	1,92 ns	11,55 *	2,73 ns	0,13 ns
V x P	0,08 ns	0,83 ns	0,08 ns	0,62 ns	1,19 ns
S x V x P	0,52 ns	0,23 ns	0,50 ns	0,11 ns	0,59 ns
FATORES					
SEMEADORA (S)					
Pneumática	7,72 b	10,19 b	1,93 b	287,12 b	26,85 b
Disco horizontal	10,54 a	12,92 a	2,64 a	342,58 a	30,29 a
VELOCIDADE (V)					
4,4 km.h ⁻¹	9,08	11,14 b	2,27	333,00	32,07 a
8,0 km.h ⁻¹	9,13	11,91 a	2,28	301,97	25,45 b
9,8 km.h ⁻¹	9,18	11,61 ab	2,30	309,58	28,19 ab
SOLO (P)					
Plantio direto	8,17 b	10,68 b	2,04 b	307,12	28,74
Escarificado	10,08 a	12,43 a	2,52 a	322,59	28,41
CV (%)	4,87	5,27	4,88	12,49	15,74

Em média, o pico de força foi de aproximadamente 26,6% superior à força de tração média requerida na barra, na operação de semeadura de milho. Tal resultado está de acordo com Silva (2000b) que encontrou valores entre 20 e 29%. Contudo, são relativamente superiores aos encontrados por Casão Júnior et al. (2001a), que verificaram que esta diferença foi de aproximadamente 10%.

Com relação à força requerida por unidade de área de solo mobilizado, a maior velocidade também não diferiu das demais, entretanto, na menor velocidade obteve-se um requerimento de força de 32,07 N.cm⁻² por linha de semeadura, o qual foi significativamente superior a 25,45 N.cm⁻² por linha de semeadura obtido na velocidade intermediária.

Em solo sob escarificação houve maior requerimento de força de

tração média, máxima e por linha de semeadura, em proporções de 23,4, 16,4 e 23,5% respectivamente, em relação à solos cultivados sob sistema de plantio direto há 4 anos. Furlani (2000) também encontrou maior requerimento de força média e pico de força na operação de semeadura em solo escarificado, em relação à solo sob plantio direto.

Os Quadros 21 e 22 mostram o resultado da interação entre os fatores semeadora e solo para as variáveis força de tração média e força requerida por linha de semeadura, no entanto, não foi possível identificar onde ocorreu o efeito significativo na interação.

Quadro 21. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável força de tração média (kN).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	6,98 bB	8,45 bA
Disco horizontal	9,37 aB	11,72 aA

Quadro 22. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável força de tração por linha de semeadura (kN).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	1,74 bB	2,11 bA
Disco horizontal	2,34 aB	2,93 aA

6.11 Requerimento de potência na barra: média, máxima, por linha de semeadura, por profundidade do sulco e por mobilização de solo

Da mesma forma que em 6.10, optou-se por calcular além da demanda de potência média e máxima, as seguintes variáveis de potência específica: potência por linha de semeadura, por profundidade de abertura do sulco e por área de solo mobilizado, cujos resultados são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis potência média – P_{med} ; potência máxima – P_{max} ; potência por linha de semeadura – P_{linha} ; potência por cm de profundidade – P_{prof} ; potência por área de solo mobilizado – P_{am} .

	P_{med} (kW)	P_{max} (kW)	P_{linha} (kW)	P_{prof} (W.cm ⁻¹)	P_{am} (W.cm ⁻²)
TESTE F					
S	116,87 *	133,92 *	320,53 *	14,56 *	1,53 ns
V	357,75 *	699,78 *	838,08 *	165,15 *	61,11 *
P	44,84 *	45,68 *	135,58 *	0,01 ns	1,48 ns
S x V	6,49 *	7,60 *	14,31 *	0,03 ns	0,95 ns
S x P	1,49 ns	2,18 ns	11,06 *	1,83 ns	0,09 ns
V x P	3,29 *	2,45 ns	6,86 *	0,48 ns	0,90 ns
S x V x P	0,72 ns	0,32 ns	1,14 ns	0,12 ns	0,46 ns
FATORES					
SEMEADORA (S)					
Pneumática	16,09 b	21,36 b	4,02 b	601,67 b	55,55
Disco horizontal	20,72 a	26,04 a	5,28 a	675,99 a	59,03
VELOCIDADE (V)					
4,4 km.h ⁻¹	10,92 c	13,41 c	2,73 c	409,04 c	38,72 c
8,0 km.h ⁻¹	19,48 b	26,28 b	5,03 b	667,85 b	56,40 b
9,8 km.h ⁻¹	24,81 a	31,41 a	6,20 a	839,61 a	76,75 a
SOLO (P)					
Plantio direto	16,97 b	22,33 b	4,24 b	637,76	59,00
Escarificado	19,84 a	25,07 a	5,06 a	639,90	55,58
CV (%)	8,05	5,92	5,24	10,56	17,00

Observa-se pelo Quadro 23 que o comportamento estatístico dos fatores semeadora e condição de solo para os diversos parâmetros de avaliação do requerimento de potência, foi semelhante aos parâmetros de força de tração na barra, com exceção apenas da ausência de efeito do fator semeadora sobre a potência requerida por unidade de área de solo mobilizado na linha de semeadura. Desta forma, a discussão contida no item 6.10 para estes fatores, é a mesma também para os parâmetros de avaliação de demanda de potência. Ressalta-se apenas que, em média, a semeadora pneumática exigiu 22,3% a menos de potência em relação à de disco horizontal (PST²), ao passo que, por linha de semeadura, esta diferença foi de 23,9%. Em solo sob plantio direto a potência por linha de semeadura foi menor que em solo com antecedente de escarificação. Resultados semelhantes também foram encontrados por Furlani (2000).

Da mesma forma que as velocidades diferiram estatisticamente entre si (item 6.4), todos os parâmetros de potência também diferiram entre si com a variação da mesma, sendo que, o aumento da velocidade provocou aumento gradativo dos parâmetros de potência. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Oliveira (1997) e Siqueira et al. (2001).

A potência mínima requerida por linha de semeadura foi de 2,73 kW, na velocidade de 4,4 km.h⁻¹, enquanto que a máxima foi de 6,20 kW por linha de semeadura, obtido na velocidade de 9,8 km.h⁻¹, com diferença percentual de aproximadamente 127,1%.

Na maior velocidade de semeadura, obteve-se 839,61 W.cm⁻¹ de profundidade do sulco em cada linha de semeadura e 76,75 W.cm⁻² de solo mobilizado por linha de semeadura, os quais foram significativamente superiores às demais velocidades.

Nos Quadros de 26 a 29 são apresentados os resultados das interações entre os fatores para as variáveis de avaliação da potência requerida na barra. No entanto, em nenhum dos Quadros foi possível verificar onde ocorreu o efeito significativo na interação, visto que para todas as variáveis obteve-se maiores valores de requerimento de potência na maior velocidade, para a semeadora de disco horizontal e em solo sob escarificação.

Quadro 24. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável potência média (kW).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	9,38 bC	17,45 bB	21,44 bA
Disco horizontal	12,46 aC	21,52 aB	28,17 aA

Quadro 25. Interação entre os fatores velocidade e solo para a variável potência média (kW).

Velocidade	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
4,4 km.h ⁻¹	9,98 cB	11,86 cA
8,0 km.h ⁻¹	18,33 bB	20,64 bA
9,8 km.h ⁻¹	22,61 aB	27,01 aA

Quadro 26. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável potência máxima (kW).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	12,02 bC	23,97 bB	28,09 bA
Disco horizontal	14,80 aC	28,59 aB	34,73 aA

Quadro 27. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável potência requerida por linha de semeadura (kW).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	2,35 bC	4,36 bB	5,36 bA
Disco horizontal	3,12 aC	5,69 aB	7,04 aA

Quadro 28. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável potência requerida por linha de semeadura (kW).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	3,73 bB	4,32 bA
Disco horizontal	4,76 aB	5,81 aA

Quadro 29. Interação entre os fatores velocidade e solo para a variável potência requerida por linha de semeadura (kW).

Velocidade	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
4,4 km.h ⁻¹	2,50 cB	2,97 cA
8,0 km.h ⁻¹	4,58 bB	5,47 bA
9,8 km.h ⁻¹	5,65 aB	6,75 aA

Em média, os valores de pico de potência (23,7 kW) foram 28,7% maiores que a potência média (18,41 kW) requerida na barra.

6.12 Consumo de combustível

O consumo horário de combustível na operação de semeadura do milho é apresentado no Quadro 30.

Quadro 30. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável consumo horário de combustível - CC.

	CC (L.h ⁻¹)
TESTE F	
S	32,46 *
V	58,55 *
P	26,41 *
S x V	6,22 *
S x P	0,08 ns
V x P	0,06 ns
S x V x P	1,55 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	14,49 a
Disco horizontal	12,89 b
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	11,59 b
8,0 km.h ⁻¹	14,36 a
9,8 km.h ⁻¹	15,13 a
SOLO (P)	
Plantio direto	12,97 b
Escarificado	14,41 a
CV (%)	7,10

Observou-se que os três fatores: semeadora, velocidade e solo, bem como a interação entre semeadora e velocidade, tiveram efeito sobre o consumo de combustível. A semeadora pneumática consumiu maior volume de combustível do que a semeadora de disco horizontal (PST²). De acordo com os resultados de profundidade do sulco, área de solo mobilizado, requerimento de força e potência, a tendência seria de que a semeadora de disco horizontal apresentasse maior consumo horário de combustível. A diferença percentual de 12,4% no aumento do consumo de combustível da semeadora pneumática ocorreu provavelmente, ao combustível consumido no sistema de acionamento da

turbina geradora de vácuo.

O consumo horário de combustível aumentou com o aumento da velocidade de deslocamento, não se observando diferenças estatísticas entre as velocidades de 8,0 e 9,8 km.h⁻¹. Com o aumento da velocidade de 4,4 para 9,8 km.h⁻¹ (acréscimo de 125% na capacidade de campo efetiva), o consumo horário de combustível passou de 11,59 para 15,13 L.h⁻¹, representando um aumento percentual de 30,5%. Oliveira (1997) também detectou aumento do consumo de combustível de 17%, com o aumento da velocidade (5,0 para 7,0 km.h⁻¹) na operação de semeadura em dois tipos de solo.

O Quadro 30 mostra ainda que em solo sob escarificação, o consumo horário de combustível na semeadura da cultura do milho foi maior que em solo sob plantio direto. Tal resultado está associado à maior profundidade do sulco e a maior patinação dos rodados, requerendo maior força de tração e potência e, conseqüentemente maior consumo de combustível. Em média, o consumo de combustível foi 10% menor em solo sob plantio direto. Resultados semelhantes foram encontrados por Furlani (2000).

No Quadro 31, os resultados da interação significativa entre velocidade e condição de preparo do solo mostram que para a semeadora pneumática, as velocidades mais altas não diferiram entre si, no entanto, diferiram da velocidade de 4,4 km.h⁻¹ em que se obteve o menor consumo horário de combustível de 13,01 L.h⁻¹. Já, para a semeadora de disco horizontal as três velocidades diferiram estatisticamente entre si, sendo que o consumo horário de combustível variou de 10,17 a 14,92 L.h⁻¹ da menor para a maior velocidade respectivamente. Por outro lado, nas velocidades de 4,4 e 8,0 km.h⁻¹, a semeadora pneumática, em relação a de disco horizontal, consumiu maior volume de combustível, sendo que esta diferença não foi detectada na maior velocidade testada.

Quadro 31. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável consumo de combustível (L.h⁻¹).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	13,01 aB	15,13 aA	15,34 aA
Disco horizontal	10,17 bC	13,58 bB	14,92 aA

6.13 Distribuição longitudinal de plantas

O resultado da regularidade de distribuição longitudinal de plantas expressa pelos percentuais de espaçamentos normais múltiplos e falhos, é apresentado no Quadro 32 e na Figura 12.

Quadro 32. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis percentual de espaçamentos entre plantas normais, múltiplos e falhos.

	Normais (%)	Múltiplos (%)	Falhos (%)
TESTE F			
S	39,93 *	0,19 ns	64,21 *
V	32,57 *	18,70 *	18,99 *
P	2,44 ns	0,02 ns	4,73 *
S x V	0,31 ns	0,75 ns	1,76 ns
S x P	4,16 *	3,60 ns	1,47 ns
V x P	0,14 ns	1,05 ns	0,12 ns
S x V x P	1,52 ns	0,21 ns	1,63 ns
FATORES			
SEMEADORA (S)			
Pneumática	70,33 a	11,50	18,17 b
Disco horizontal	57,74 b	12,01	30,25 a
VELOCIDADE (V)			
4,4 km.h ⁻¹	75,37 a	6,95 b	17,68 b
8,0 km.h ⁻¹	59,21 b	12,70 a	28,08 a
9,8 km.h ⁻¹	57,52 b	15,61 a	26,87 a
SOLO (P)			
Plantio direto	62,48	11,67	25,85 a
Escarificado	65,59	11,84	22,57 b
CV (%)	10,78	34,68	21,57

Houve efeito significativo dos fatores semeadora, velocidade e da interação entre semeadora e condição de preparo do solo, sobre o percentual de espaçamentos normais entre plantas de milho. A semeadora pneumática apresentou melhor desempenho na regularidade de distribuição das plantas, permitindo que 70,33% dos espaçamentos estivessem dentro do limite desejável, enquanto que na semeadora equipada com dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado (PST²), apenas 57,74% dos valores encontraram-se neste limite. Resultados semelhantes foram encontrados por Dambrós (1998) e por Mello et al.

(2001a), porém, estes autores obtiveram valores de 85 e 77% de espaçamentos normais entre plantas para os dosadores pneumático e de disco horizontal, respectivamente.

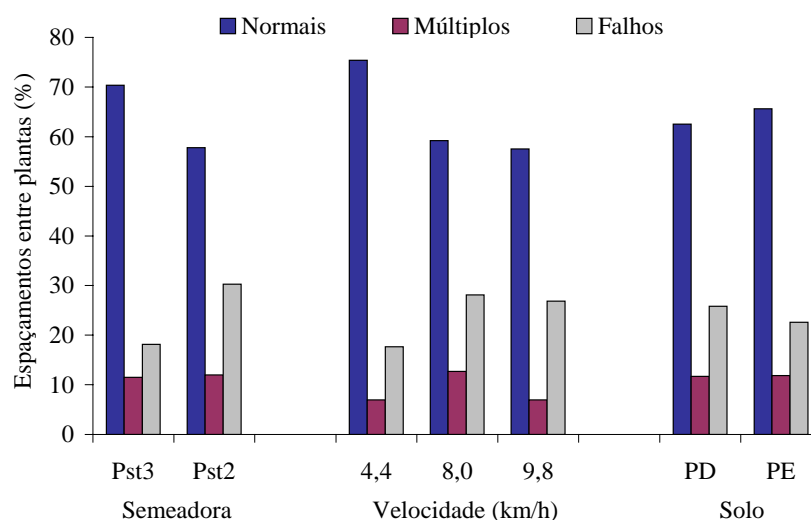


Figura 12. Classes de espaçamentos entre plantas normais, múltiplos e falhos, para as semeadoras, velocidades e condições de solo estudadas.

Com o aumento da velocidade, verificou-se que houve redução no percentual de espaçamentos normais entre plantas, obtendo-se melhor regularidade na distribuição das plantas na velocidade de 4,4 km.h⁻¹ com 75,37% de espaçamentos normais, a qual diferiu estatisticamente das demais velocidades, sendo que estas não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Dambrós (1998) e Fey & Santos (2000). Araújo et al. (1999a), estudando velocidades de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹ encontraram valores de percentual de espaçamentos normais superiores a 60% e, Casão Júnior et al. (2000a) obtiveram valores próximos e classificaram como aceitável o valor de 67% para a velocidade de 4,5 km.h⁻¹.

O Quadro 33 mostra o efeito da interação entre os fatores semeadora e solo. Verificou-se que a semeadora pneumática não diferiu estatisticamente entre as condições de preparo do solo, ao passo que, a semeadora de disco horizontal apresentou maior percentual de espaçamento normais em solo sob escarificação.

Quadro 33. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável percentual de espaçamentos entre plantas normais (%).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	70,81 aA	69,86 aA
Disco horizontal	54,15 bB	61,33 bA

Como houve efeito significativo da condição de solo sobre o percentual de espaçamentos normais entre plantas apenas na interação, e, para comparar o desempenho das duas semeadoras-adubadoras quando submetidas à variação de velocidade, elaborou-se um gráfico (Figura 13) a partir dos resultados médios dos tipos de preparo do solo, obtidos para cada semeadora e em cada uma das velocidades estudadas. Ficou evidente a diferença favorável à semeadora pneumática em relação à de discos horizontais perfurados, em todas as velocidades avaliadas, na obtenção de espaçamentos normais entre as plantas de milho. Por outro lado, é notória a redução no percentual de espaçamentos normais entre plantas com o aumento da velocidade de semeadura.

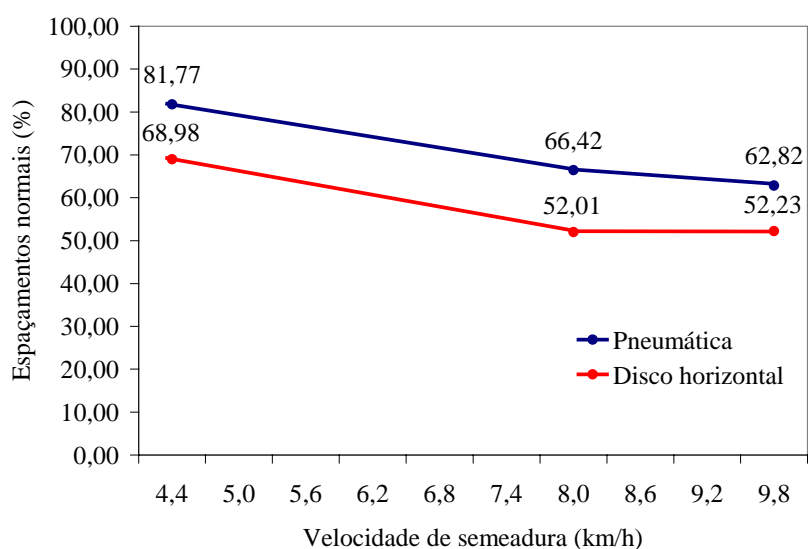


Figura 13. Percentual de espaçamentos normais entre plantas (%) em função da variação de velocidade e do tipo de semeadora.

Observa-se ainda na Figura 13, que a semeadora pneumática na velocidade de $8,0 \text{ km.h}^{-1}$, apresentou desempenho semelhante (3,7% inferior) à semeadora de discos horizontais perfurados, na velocidade de $4,4 \text{ km.h}^{-1}$. O melhor desempenho foi obtido pela semeadora pneumática na menor velocidade com 81,77% de espaçamentos normais, o qual foi superior aos 75% encontrado por Dambrós (1998) que utilizou o dosador pneumático na velocidade de 5 km.h^{-1} e, ao máximo valor encontrado por Mantovani et al. (1992) quando analisaram nove semeadoras com diferentes dosadores e velocidades. Por outro lado, este valor foi inferior aos 89,1% obtido por Portella et al. (1999) quando utilizaram sensores eletrônicos para a dosagem de sementes.

Seria desejável que a ocorrência de espaçamentos múltiplos e falhos fosse nula ou próxima de zero, todavia, diversos fatores de máquina e solo contribuem para que ocorram irregularidades na distribuição longitudinal das plantas.

Apenas a velocidade de deslocamento interferiu no percentual de espaçamentos múltiplos. Na menor velocidade de semeadura obteve-se o menor percentual de espaçamentos múltiplos (6,95%), o qual diferiu estatisticamente dos demais (12,70 e 15,61% respectivamente nas velocidades de $8,0$ e $9,8 \text{ km.h}^{-1}$) e estes foram semelhantes entre si. Tal efeito também foi verificado por Andersson (2001), mas divergiram de resultados obtidos por Dambrós (1998).

Os espaçamentos falhos foram influenciados pela condição de solo, sendo que em solo sob plantio direto houve maior percentual de espaçamentos falhos entre as plantas (25,85%).

A semeadora de discos horizontais perfurados propiciou um aumento de 66,5% no percentual de espaçamentos falhos em relação à semeadora pneumática.

Com relação à variação de velocidade, os espaçamentos falhos tiveram o mesmo comportamento estatístico dos múltiplos, sendo inversos aos espaçamentos normais entre plantas. Os menores valores de espaçamentos falhos e múltiplos foram encontrados na menor velocidade de deslocamento. Com o aumento da velocidade, o aumento na proporção de espaçamentos múltiplos e falhos foi superior a 80 e 50% respectivamente. No entanto, houve em média 106% a mais de espaçamentos falhos do que múltiplos. Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo et al. (1999a), Santos et al. (2000), Casão Júnior et al. (2000a) e Mahl et al. (2001).

6.14 Índice de enchimento do disco dosador

No Quadro 34 são apresentados os resultados de índice de enchimento do disco dosador de sementes das semeadoras avaliadas.

Quadro 34. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável índice de enchimento do disco dosador – IEDD.

	IEDD (%)
TESTE F	
S	414,97 *
V	3,09 *
P	9,10 *
S x V	20,24 *
S x P	2,41 ns
V x P	30,91 *
S x V x P	1,04 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	96,45 a
Disco horizontal	87,30 b
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	92,59 a
8,0 km.h ⁻¹	91,81 ab
9,8 km.h ⁻¹	91,23 b
SOLO (P)	
Plantio direto	91,20 b
Escarificado	92,55 a
CV (%)	1,69

Em condições normais de trabalho, seria condição ideal que o índice de enchimento do disco dosador de sementes fosse igual a 100%, ou seja, que todos os orifícios dos discos dosadores das semeadoras fossem preenchidos por uma semente. No entanto, devido as irregularidades no lote de sementes, no terreno e nas máquinas de semeadura, torna-se difícil se obter tal precisão.

De acordo com os resultados contidos no Quadro 34, em média, a semeadora pneumática obteve melhor índice de enchimento do disco dosador em relação à semeadora de discos horizontais perfurados. Mesmo apresentando melhor desempenho,

aproximadamente 3,55% dos orifícios do disco dosador (vertical) da semeadora pneumática não foram preenchidos por sementes, enquanto que na semeadora de discos horizontais este percentual atingiu 12,70%. Ressalta-se que para ambas as semeadoras, não houve tratamento de sementes com lubrificantes, o que pode ter favorecido, principalmente para a semeadora de discos horizontais, a ocorrência de redução do índice de enchimento do disco dosador.

Na menor velocidade avaliada, conseguiu-se o maior índice de enchimento do disco dosador de 92,59%, o qual diferiu estatisticamente de 91,23% encontrado na maior velocidade, sendo que na velocidade intermediária tal índice não diferiu dos demais. Justino (1998) e Fey et al. (2001) também encontraram resultados semelhantes.

Em solo sob escarificação o índice de enchimento do disco dosador foi significativamente superior ao solo sob plantio direto. Isto provavelmente ocorreu devido à irregularidades da área experimental em termos de compactação, plantas daninhas e outros fatores que podem ter provocado vibrações nas semeadoras, dificultando o preenchimento dos orifícios dos discos dosadores.

Nos Quadros 35 e 36 são apresentados os resultados das interações significativas. Verificou-se que para a semeadora pneumática, na menor velocidade, encontrou-se o melhor índice de enchimento do disco dosador (99,10%) o qual diferiu estatisticamente dos demais. Já na semeadora de discos horizontais, ocorreu comportamento inverso, ou seja, na maior velocidade obteve-se o melhor índice de enchimento do disco dosador, diferindo significativamente da menor velocidade estudada. Este resultado é contrário àqueles obtidos por Mantovani et al. (1999) que indicaram a velocidade de 5,0 km.h⁻¹ como adequada para se obter melhor percentual de preenchimento de orifícios do disco dosador do tipo horizontal perfurado para sementes de milho.

Quadro 35. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável índice de enchimento do disco dosador (%).

Semeadora	Velocidade		
	4,4 km.h ⁻¹	8,0 km.h ⁻¹	9,8 km.h ⁻¹
Pneumática	99,10 aA	95,91 aB	94,34 aB
Disco horizontal	86,08 bB	87,71 bAB	88,12 bA

Quadro 36. Interação entre os fatores velocidade e solo para a variável índice de enchimento do disco dosador (%).

Velocidade	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
4,4 km.h ⁻¹	93,13 aA	92,05 bA
8,0 km.h ⁻¹	92,41 aA	91,20 bA
9,8 km.h ⁻¹	88,06 bB	94,40 aA

Na interação entre os fatores velocidade e condição de solo (Quadro 36), verificou-se que na maior velocidade de semeadura, o índice de enchimento do disco dosador foi maior em solo escarificado do que em plantio direto. Em solo sob plantio direto, as duas menores velocidades foram semelhantes entre si apresentando maiores percentuais de orifícios preenchidos por sementes e, diferiram significativamente da maior velocidade de deslocamento. Todavia, em solo sob escarificação, houve maior percentual de orifícios preenchidos por sementes na maior velocidade, a qual apresentou diferença estatística significativa das demais velocidades.

6.15 Distribuição transversal de sementes

O Quadro 37 e a Figura 14 apresentam os resultados da distribuição de sementes em cada uma das quatro linhas de semeadura das semeadoras utilizadas no estudo. Tratando-se de uma análise diferenciada, a discussão se refere apenas à análise descritiva (desvio da média) dos resultados obtidos.

Verificou-se que para todos os tratamentos, houve variabilidade na distribuição de sementes entre as linhas de semeadura, observando-se uma tendência de aumento gradativo na quantidade de sementes depositadas por hectare da Linha 1 à Linha 4, obedecendo o sentido da declividade do terreno (Linha 1 para Linha 4). Ocorreu em média, uma diferença percentual de 2,4% na quantidade de sementes por unidade de área da Linha 1 em relação à Linha 4. Contudo, pode-se considerar que houve boa distribuição, pois Casão Júnior et al. (1998) e Araújo et al. (1999a) obtiveram variações entre as linhas de semeadura de soja superiores a 5%, classificando a distribuição transversal de sementes como adequada.

Quadro 37. Distribuição transversal de sementes (sementes.ha⁻¹) para os fatores semeadora, velocidade e solo.

FATORES	Linhas de semeadura			
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4
SEMEADORA (S)				
Pneumática	70006	70717	71218	71429
Disco horizontal	65107	65871	66056	66898
VELOCIDADE (V)				
4,4 km.h ⁻¹	67675	68979	69177	69888
8,0 km.h ⁻¹	67794	67794	67991	69888
9,8 km.h ⁻¹	67201	68110	68742	67715
SOLO (P)				
Plantio direto	67320	67636	67926	68716
Escarificado	67794	68953	69348	69611
Média	67557	68294	68637	69164
CV (%)	4,57	5,08	5,45	4,48

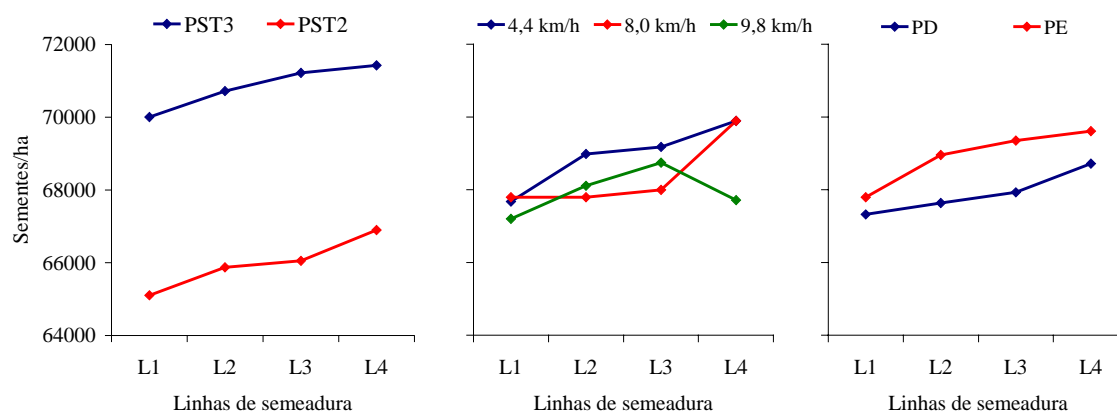


Figura 14. Distribuição transversal de sementes de milho nas quatro linhas de semeadura, para os fatores semeadora (esquerda), velocidade (centro) e condição de solo (direita).

Observou-se que houve pequena variação nas médias entre as linhas de semeadura, obtendo-se coeficientes de variação próximos a 5,0%. Araújo et al. (1999a) e Casão Júnior et al. (2000b) obtiveram valores semelhantes de coeficiente de variação por linha de semeadura na cultura da soja.

Foi possível verificar que a semeadora pneumática apresentou maior distribuição média de sementes por hectare (em todas as linhas) em relação à semeadora de

discos horizontais. Em solo sob plantio direto, observou-se uma pequena redução no número médio de sementes por hectare em cada linha de semeadura. Estas diferenças, de acordo com Embrapa (1993), estão relacionadas à maior patinação do rodado motriz das semeadoras. Estes resultados também estão associados ao índice de enchimento do disco dosador.

Com relação à velocidade de semeadura, não houve variação aparente nas proporções de distribuição de sementes com o aumento da velocidade.

6.16 Distribuição de fertilizantes e variação percentual

O Quadro 38 apresenta os resultados da distribuição de fertilizantes e da sua variação percentual na semeadura da cultura do milho.

Quadro 38. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis distribuição de fertilizante – DF e variação percentual da distribuição de fertilizante - VPDF.

	DF (kg.ha ⁻¹)	VPDF (%)
TESTE F		
S	83,73 *	48,04 *
V	0,60 ns	0,42 ns
P	1,09 ns	0,04 ns
S x V	3,68 *	3,02 ns
S x P	0,02 ns	1,62 ns
V x P	1,37 ns	0,92 ns
S x V x P	2,72 ns	3,76 *
FATORES		
SEMEADORA (S)		
Pneumática	220 a	10,11 b
Disco horizontal	189 b	18,26 a
VELOCIDADE (V)		
4,4 km.h ⁻¹	207	13,94
8,0 km.h ⁻¹	202	14,93
9,8 km.h ⁻¹	204	13,69
SOLO (P)		
Plantio direto	206	14,07
Escarificado	202	14,31
CV (%)	5,72	28,71

Os resultados mostraram que a semeadora-adubadora pneumática distribuiu em média $219,66 \text{ kg.ha}^{-1}$ de fertilizante, diferindo estatisticamente da semeadora de disco horizontal (PST²) que distribuiu $188,81 \text{ kg.ha}^{-1}$. Esta diferença percentual de 16,3% se deveu à maior patinação do rodado motriz da semeadora-adubadora de disco horizontal e à dificuldade de igualdade na regulagem das máquinas, já que a regulagem da dosagem de fertilizante foi realizada mediante a combinação de pares de engrenagens e, ambas as semeadoras, possuíam o mesmo tipo de mecanismo distribuidor. Mantovani et al. (1992), também detectaram diferenças na distribuição de fertilizante quando avaliaram diferentes semeadoras-adubadoras.

O Quadro 39 apresenta o desdobramento da interação entre semeadora e velocidade, em que na semeadora pneumática a quantidade de fertilizante distribuído foi significativamente maior na velocidade de $4,4 \text{ km.h}^{-1}$ em relação à velocidade de $8,0 \text{ km.h}^{-1}$, ao passo que a maior velocidade não diferiu das demais. Já para a semeadora de disco horizontal, não houve diferença estatística significativa na distribuição de fertilizante com a variação da velocidade. Em todas as velocidades estudadas, a semeadora de disco horizontal distribuiu proporções de fertilizantes significativamente inferiores à semeadora pneumática.

Quadro 39. Interação entre os fatores semeadora e velocidade para a variável distribuição de fertilizante (kg.ha^{-1}).

Semeadora	Velocidade		
	$4,4 \text{ km.h}^{-1}$	$8,0 \text{ km.h}^{-1}$	$9,8 \text{ km.h}^{-1}$
Pneumática	228,55 aA	214,03 aB	216,40 aAB
Disco horizontal	184,79 bA	190,32 bA	191,31 bA

Por outro lado, os resultados de variação percentual na distribuição de fertilizante (Quadro 38), revelaram que a semeadora de disco horizontal apresentou maior variação na distribuição (18,26%) em relação à dosagem de fertilizante desejada. Ressalta-se que as avaliações foram feitas com valores absolutos, uma vez que em média, todas as variações foram negativas, ou seja, ambas as semeadoras-adubadoras distribuíram menor quantidade de fertilizantes que o desejado. Em média houve variação de 14,19% na distribuição de fertilizantes, resultado este inferior aos encontrados por Casão Júnior et al. (2000b) e superior aos encontrados por Oliveira (1997) e Casão Júnior et al. (2001a).

Não houve influência significativa da velocidade de deslocamento e da condição de solo sobre os parâmetros de distribuição de fertilizantes. A ausência de efeito da velocidade concorda com resultados obtidos por Mantovani et al. (1992) e Andersson (2001).

As Figuras 15 e 16 mostram a distribuição transversal de fertilizantes (linha a linha) para os fatores estudados.

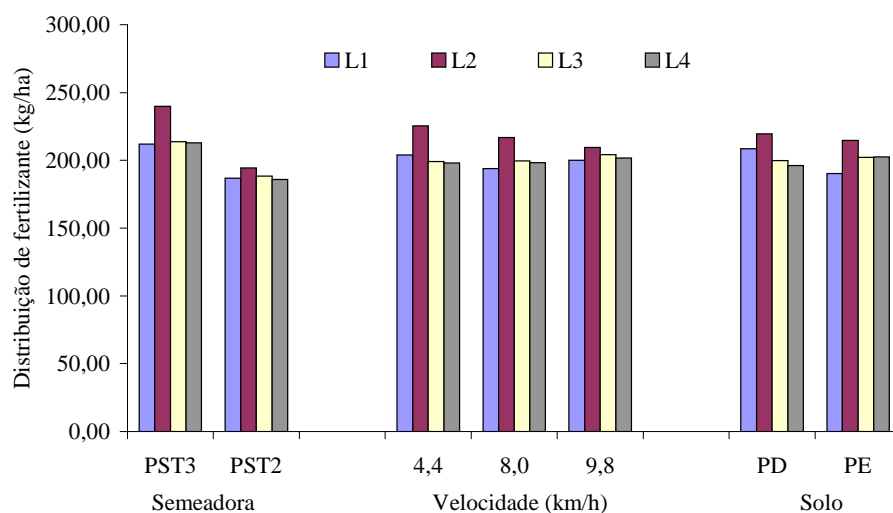


Figura 15. Distribuição de fertilizante nas quatro linhas de semeadura (L1, L2, L3 e L4), para os fatores seeadora, velocidade e condição de solo.

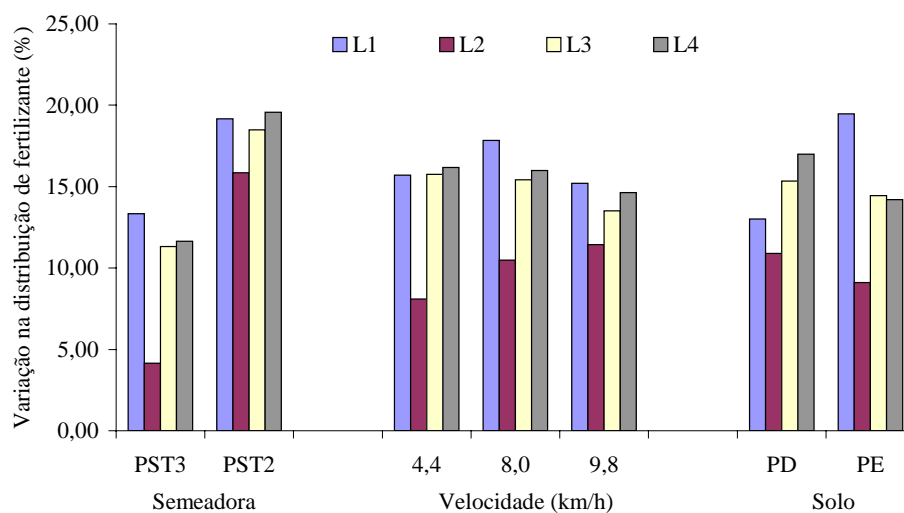


Figura 16. Variação percentual da distribuição de fertilizante nas quatro linhas de semeadura (L1, L2, L3 e L4), para os fatores seeadora, velocidade e condição de solo.

Observou-se certa regularidade na distribuição de fertilizante entre as linhas de semeadura (Figura 15), destacando-se no entanto, a Linha 2 que distribuiu uma quantidade maior de fertilizante por unidade de área. Entretanto, associando-se à sua menor variação percentual na distribuição de fertilizante (Figura 16), deduz-se que a Linha 2 apresentou a dosagem de fertilizante em unidade de $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ mais próxima da desejada ($230 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Não há explicação técnica para tal observação, pois existindo a possibilidade de ocorrência de falhas na regulagem ou defeito no dosador de rosca sem fim, deveria ser detectado em apenas uma das semeadoras-adubadoras e, por outro lado, considerando a possibilidade de influência da pequena declividade do terreno ou de defeitos no sistema de acionamento do eixo distribuidor de fertilizantes, seria esperado que duas das linhas tivessem o mesmo comportamento, já que cada um dos rodados das semeadoras-adubadoras foi responsável pelo acionamento de duas linhas de semeadura.

6.17 Teste de dano mecânico

O Quadro 40 apresenta os resultados de avaliações de danos causados às sementes, durante a passagem pelos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras. Não houve efeito significativo de nenhum dos tratamentos sobre a ocorrência de danos (mecânicos ou não) causados às sementes de milho. No entanto, verificou-se que do total de danos (34,71% em média), aproximadamente 41% corresponderam a danos mecânicos (14,13% em média).

A ausência de efeito da velocidade sobre a ocorrência de danos às sementes também foi encontrada por Dambrós (1998) e Silva et al. (2000). Em relação aos mecanismos dosadores, Boller et al. (1991), Kurachi et al. (1993), Dambrós (1998), Justino (1998), Bonnin Acosta (2000) e Reis & Alonço (2001), encontraram diferenças entre mecanismos dosadores quanto à presença de danos, sendo que muitos deles observaram que menores índices de danos foram obtidos por dosadores pneumáticos.

Ressalta-se, por outro lado, que para ambas as semeadoras, os índices de danos mecânicos são considerados altos, principalmente, quando são comparados com o maior índice de 4,3%, obtido por Reis & Alonço (2001).

Quadro 40. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis dano mecânico – DM e dano total – DT.

	DM (%)	DT (%)
TESTE F		
S	0,16 ns	0,77 ns
V	0,36 ns	1,81 ns
P	0,90 ns	0,15 ns
S x V	2,28 ns	1,30 ns
S x P	0,40 ns	1,73 ns
V x P	0,36 ns	1,72 ns
S x V x P	0,38 ns	0,35 ns
FATORES		
SEMEADORA (S)		
Pneumática	14,33	35,46
Disco horizontal	13,92	33,96
VELOCIDADE (V)		
4,4 km.h ⁻¹	13,75	33,75
8,0 km.h ⁻¹	14,75	37,00
9,8 km.h ⁻¹	13,88	33,38
SOLO (P)		
Plantio direto	14,63	35,04
Escarificado	13,62	34,38
CV (%)	25,82	17,06

6.18 Teste de vigor: condutividade elétrica e crescimento de plântulas

No Quadro 41 são apresentados os resultados dos testes de vigor, referentes à condutividade elétrica e ao crescimento de plântulas (comprimento de plântulas e de raízes). Observou-se que o vigor das sementes de milho, após a passagem pelos mecanismos dosadores das semeadoras-adubadoras, não foi influenciado por nenhum dos tratamentos estudados. Desta forma, o aumento da velocidade de deslocamento, o mecanismo dosador de sementes e a condição de solo, não exerceram influência sobre o vigor de sementes, avaliado em condições controladas, através dos testes de condutividade elétrica e de crescimento de plântulas.

Butierres (1980), Oliveira (1997) e Dambrós (1998) também detectaram a ausência de efeito da velocidade sobre o vigor das sementes e, por outro lado,

Boller et al. (1991) constataram que o vigor foi influenciado pela velocidade de semeadura. Em relação ao efeito dos tipos de dosadores de sementes, discordando do resultado obtido, Boller et al. (1991), Mantovani et al. (1992) e Dambrós (1998) verificaram que o vigor das sementes foi influenciado pelo tipo de dosador.

Quadro 41. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis condutividade elétrica - CE, comprimento de plântulas - CP e comprimento de raízes - CR.

	CE ($\mu\text{mhos.g de sementes}^{-1}$).	CP (cm)	CR (cm)
TESTE F			
S	0,88 ns	0,71 ns	0,11 ns
V	1,82 ns	2,48 ns	1,40 ns
P	1,52 ns	0,11 ns	0,13 ns
S x V	0,75 ns	2,42 ns	0,32 ns
S x P	0,15 ns	0,04 ns	2,48 ns
V x P	1,65 ns	0,62 ns	0,17 ns
S x V x P	0,30 ns	1,44 ns	0,12 ns
FATORES			
SEMEADORA (S)			
Pneumática	15,22	9,36	13,41
Disco horizontal	14,77	8,97	13,17
VELOCIDADE (V)			
4,4 km.h ⁻¹	14,88	9,64	12,87
8,0 km.h ⁻¹	14,50	9,39	14,14
9,8 km.h ⁻¹	15,60	8,45	12,87
SOLO (P)			
Plantio direto	15,29	9,08	13,42
Escarificado	14,70	9,24	13,16
CV (%)	11,07	17,45	18,63

6.19 Número médio de dias para emergência, estande inicial, estande final e índice de sobrevivência de plantas

No Quadro 42 estão apresentados os resultados referentes ao número médio de dias para emergência de plântulas de milho, estande inicial e final de plantas, e ao índice de sobrevivência de plantas. Observou-se que as variáveis número médio de dias para

emergência e o índice de sobrevivência de plantas não foram influenciados por nenhum dos tratamentos. Em média, foram necessários 6,17 dias para emergência e, 81,61% das plantas de milho atingiram a maturação fisiológica. A ausência de efeito da velocidade e do tipo de semeadora sobre o número médio de dias para emergência discorda dos resultados obtidos por Araújo et al. (1999b).

Quadro 42. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis número médio de dias para emergência de plântulas - NMDE, estande inicial, estande final e índice de sobrevivência de plantas – IS.

	NMDE (dias)	Estande inicial (plantas.ha ⁻¹)	Estande final (plantas.ha ⁻¹)	IS (%)
TESTE F				
S	2,24 ns	53,75 *	14,22 *	1,59 ns
V	0,13 ns	0,73 ns	0,36 ns	0,21 ns
P	0,22 ns	0,55 ns	0,02 ns	0,18 ns
S x V	2,87 ns	0,52 ns	0,94 ns	0,31 ns
S x P	0,06 ns	0,06 ns	1,35 ns	0,30 ns
V x P	1,16 ns	2,46 ns	0,09 ns	0,65 ns
S x V x P	1,61 ns	0,75 ns	0,94 ns	0,06 ns
FATORES				
SEMEADORA (S)				
Pneumática	6,18	69618 a	55521 a	80,11
Disco horizontal	6,15	61892 b	51302 b	83,11
VELOCIDADE (V)				
4,4 km.h ⁻¹	6,16	66537	54063	81,53
8,0 km.h ⁻¹	6,17	64974	53242	82,60
9,8 km.h ⁻¹	6,16	65755	52930	80,71
SOLO (P)				
Plantio direto	6,17	65365	53490	82,12
Escarificado	6,16	66146	53333	81,10
CV (%)	1,24	5,55	7,26	10,09

Verificou-se que o estande inicial e final de plantas foi influenciado pelo fator semeadora (Quadro 42) e especificamente pelo mecanismo dosador das semeadoras-adubadoras, sendo que para a semeadora com dosador do tipo pneumático obteve-se valores de estande inicial e final respectivamente de 12 e 8% superiores ao do dosador do tipo discos horizontais perfurados. Esse aumento no estande inicial e conseqüentemente no final, pode ser explicado pela maior patinagem do rodado da semeadora de disco horizontal (PST²), o qual é

responsável pelo acionamento do eixo de distribuição de sementes e também pela maior ocorrência de falhas no enchimento dos orifícios dos discos horizontais perfurados da semeadora PST² em relação à pneumática, expressa pelo menor índice de enchimento do disco dosador e maior percentual de espaçamentos falhos entre plantas. No entanto, as semeadoras não interferiram no vigor das sementes e plântulas, já que ambos obtiveram o mesmo índice de sobrevivência.

Ao contrário dos resultados encontrados por Furlani et al. (1999b), Andersson (2001) e Mello et al. (2001a), não houve variação de estande com relação à variação de velocidade de deslocamento e condição de preparo do solo. Oliveira (1997) e Oliveira et al. (2000a) também constataram que os estande inicial e final não foram influenciados pela velocidade de deslocamento.

6.20 Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura das plantas

No Quadro 43 são apresentados os resultados de parâmetros de desenvolvimento da cultura do milho, os quais se referem ao diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura das plantas.

Verificou-se que as variáveis diâmetro do colmo, a altura de inserção da primeira espiga e a altura das plantas não foram influenciadas pelos tratamentos em estudo, obtendo-se em média 2,40 cm, 1,58 m e 2,54 m, para as respectivas variáveis. Tais resultados discordam de Araújo et al. (1999b) e Silva et al. (2000) e, por outro lado, estão de acordo com Silva (2000a). Ressalta-se que durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho, os fatores climáticos foram adequados, fato este que pode ter favorecido a emergência e o desenvolvimento uniforme das plantas, de forma a não serem afetadas pelos tratamentos.

Quadro 43. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para as variáveis diâmetro do colmo - DC, altura de inserção da primeira espiga – AIPE e altura das plantas – AP.

	DC (cm)	AIPE (m)	AP (m)
TESTE F			
S	3,52 ns	0,61 ns	0,50 ns
V	0,30 ns	0,54 ns	0,17 ns
P	0,15 ns	3,15 ns	0,16 ns
S x V	0,38 ns	0,22 ns	0,11 ns
S x P	1,35 ns	1,26 ns	0,10 ns
V x P	3,63 ns	0,08 ns	0,10 ns
S x V x P	0,02 ns	0,06 ns	0,04 ns
FATORES			
SEMEADORA (S)			
Pneumática	2,36	1,60	2,55
Disco horizontal	2,44	1,57	2,52
VELOCIDADE (V)			
4,4 km.h ⁻¹	2,38	1,58	2,52
8,0 km.h ⁻¹	2,41	1,60	2,53
9,8 km.h ⁻¹	2,41	1,56	2,55
SOLO (P)			
Plantio direto	2,39	1,61	2,53
Escarificado	2,41	1,55	2,54
CV (%)	5,89	6,99	6,20

6.21 Produtividade de grãos

Os resultados de produtividade de grãos de milho são apresentados no Quadro 44. A produtividade média de grãos da cultura não foi afetada pela variação de velocidade e pela condição de solo. Através da interação significativa entre mecanismo dosador e condição de solo, mostrada no Quadro 45, verificou-se que em solo preparado anteriormente com escarificador, a produtividade de grãos foi maior para a semeadora equipada com mecanismo dosador de discos horizontais perfurados. A ausência de efeito da velocidade sobre a produtividade de milho, também foi encontrada por Mello et al. (2001a), ao passo que ausência de efeito do preparo do solo foi encontrada por Silva (2000a).

Observou-se que, mesmo havendo diferença significativa entre o

estande inicial e final de plantas, não houve variação na produtividade de grãos, o que provavelmente se deve a maior concorrência entre as plantas em cujo estande foi maior.

Quadro 44. Análise de variância expresso pelo Teste F e do teste de médias para a variável produtividade de grãos – PROD.

	PROD (kg.ha ⁻¹)
TESTE F	
S	2,13 ns
V	0,61 ns
P	0,15 ns
S x V	0,47 ns
S x P	4,30 *
V x P	0,46 ns
S x V x P	1,18 ns
FATORES	
SEMEADORA (S)	
Pneumática	6237
Disco horizontal	6583
VELOCIDADE (V)	
4,4 km.h ⁻¹	6240
8,0 km.h ⁻¹	6490
9,8 km.h ⁻¹	6499
SOLO (P)	
Plantio direto	6364
Escarificado	6455
CV (%)	12,80

Quadro 45. Interação entre os fatores semeadora e solo para a variável produtividade de grãos (kg.ha⁻¹).

Semeadora	Condição de solo	
	Plantio direto	Escarificado
Pneumática	6437 aA	6037 bA
Disco horizontal	6291 aA	6874 aA

Ao contrário de observações de Tourino (1993), não se verificou perdas de produtividade devido à irregularidades na distribuição de plantas, concordando com Rizzardi et al. (1994) que observaram que a cultura do milho conseguiu compensar as desuniformidades da distribuição das sementes.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos da avaliação de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto nas condições deste trabalho, permitiram chegar as seguintes conclusões.

O preparo do solo com o uso de escarificador, após o período de quatro meses, reduziu significativamente a resistência do solo à penetração até a profundidade de 30 cm, em relação às camadas de 35 e 40 cm de profundidade.

A produção de matéria seca da cultura da aveia preta não diferiu em solo sob plantio direto e preparado com escarificador.

A condição de solo sob plantio direto (4 anos) permitiu obter em relação ao solo sob escarificação, maior percentual de manutenção de cobertura de resíduos orgânicos vegetais após a semeadura e menores índices de patinação dos rodados do trator e das semeadoras-adubadoras, profundidade do sulco, profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizado na linha de semeadura, requerimento de força, potência na barra e consumo de combustível.

A patinação dos rodados do trator foi a principal responsável pela variação de velocidade e da capacidade de campo efetiva, entre as semeadoras e condições de solo.

A velocidade de deslocamento não teve influência significativa sobre a regularidade da profundidade de deposição de sementes; a distribuição de fertilizante; o índice de sementes expostas na superfície do solo; a patinação dos rodados do trator; o

requerimento de força de tração médio, por linha de semeadura e por cm de profundidade do sulco na linha de semeadura; o vigor e ocorrência de danos às sementes; o número médio de dias para emergência de plântulas; o índice de sobrevivência de plantas; os parâmetros de desenvolvimento da cultura e produtividade de grãos.

A semeadora PST² proporcionou maior profundidade do sulco em relação à PST³-suprema, a qual influenciou a patinação dos rodados do trator e, esta interferiu significativamente na velocidade de deslocamento, no requerimento de força, capacidade de campo efetiva, distribuição de sementes e estande inicial e final de plantas. A profundidade do sulco relacionou-se com a profundidade de deposição de sementes e a área de solo mobilizado na linha de semeadura.

A demanda energética na operação de semeadura é influenciada principalmente pela profundidade de trabalho (sulco) e pela patinação dos rodados.

A menor velocidade de semeadura proporcionou maior percentual de cobertura do solo, maior índice de enchimento dos discos dosadores de sementes e menor profundidade do sulco, área de solo mobilizado e consumo horário de combustível.

Na maior velocidade ocorreu a maior patinação dos rodados das semeadoras-adubadoras.

O aumento da velocidade de 4,4 para 9,8 km.h⁻¹ permitiu aumentar em 125% a capacidade de campo efetiva, com um incremento de 31% no consumo horário de combustível.

Mesmo com menor profundidade de trabalho, requerimento de força e potência, a semeadora pneumática consumiu maior volume de combustível do que a de disco horizontal perfurado.

Os picos de força e potência foram em média 27% maiores que os requerimentos médios de força e potência na barra.

O dosador pneumático apresentou melhor desempenho que o disco horizontal perfurado na distribuição longitudinal de plantas, tendo mais de espaçamentos normais e redução nos espaçamentos falhos.

A velocidade de deslocamento interferiu na regularidade de distribuição longitudinal de plantas, sendo que na menor velocidade obteve-se o maior percentual de espaçamentos normais e menores de espaçamentos múltiplos.

O mecanismo dosador pneumático proporcionou melhor índice de enchimento do disco dosador.

A semeadora pneumática e a de discos horizontais apresentaram o mesmo desempenho quanto ao vigor e à ocorrência de danos às sementes de milho e não interferiram nos parâmetros de desenvolvimento das plantas.

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pela variação de velocidade, pela condição de preparo do solo e pelo uso de diferentes máquinas de semeadura, reforçando a necessidade de avaliar o desempenho energético.

A produtividade da cultura do milho não foi afetada pelas irregularidades de: diferença de estande; distribuição de fertilizante; distribuição espacial de plantas, tanto em termos de profundidade quanto na distribuição longitudinal na linha de semeadura.

Foi possível aumentar em 80% a capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho, utilizando-se uma semeadora pneumática, obtendo-se eficiência semelhante a uma de disco horizontal perfurado em termos de percentual de espaçamentos normais entre plantas, sem comprometer o desenvolvimento e produtividade da cultura.

Sob o aspecto de produtividade da cultura do milho, é possível optar-se por qualquer uma das semeadoras-adubadoras avaliadas, ressaltando-se que a de disco horizontal perfurado possui menor preço de aquisição.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

AGRIANUAL, Anuário da Agricultura Brasileira, FNP – Consultoria & Comércio, 2001.

AGRIANUAL, Anuário da Agricultura Brasileira, FNP – Consultoria & Comércio, 2002.

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

ANDERSSON, C. Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto. *Plantio Direto*, n.66, p.28-32, 2001.

ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R., SILVA, A.L., LADEIRA, A.S., ROSSETTO, R., SILVA, J.C., MACHADO, P. Desempenho da semeadora-adubadora direta PST² – Marchesan em solos argilosos. *Cir. Inst. Agron. Paraná*, n.107, p.1-44, 1999a.

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agronômicas. *Normas para a elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 1997. 35p.

- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R., SIQUEIRA, R. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja e milho em solos argilosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).
- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R., SIQUEIRA, R. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.) em solos argilosos. *Eng. Agric.*, v.19, n.2, p.226-37, 1999b.
- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. Máquinas para semear. *Cult. Máquinas*, n.2, p.10-1, 2001a.
- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto: Problemas e soluções. *Inf. Pesqui. Inst. Agron. Paraná*, n.137, p.1-18, 2001b.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE standards: standards engineering practices data*. 43, ed. Niles Road, 1996. 414p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de norma 04.015.06-004: semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1994. 7p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de norma 04:015.06-004/1995: semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio*. São Paulo, 1996. 21p.
- BANZATTO, D.A., KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1995. 247p.
- BARROS, A.S.R., DIAS, M.C.L.L., CICERO, S.M., KRZYZANOWSKI, F.C. Testes de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999. Cap.5, p.1-15.

- BERTOL, O.J., FISCHER, I.I. Semeadura direta versus sistema de preparo reduzido: efeito na cobertura do solo e no rendimento da cultura da soja. *Eng. Agric.*, v.17, n.2, p.87-96, 1997.
- BOLLER, W., GAZZOLA, O., SEVERO, J.L., BEBER, D.C., SOVILLJEE, E. Avaliação de efeitos de mecanismos dosadores de semeadoras sobre danos mecânicos e fisiológicos em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1991, Londrina. *Anais...* Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. v.2, p.1180-94.
- BOMBARDELLI, M., SILVA, S.L., PEREIRA, J.O. Demanda energética em sistemas de preparo reduzido do solo e semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. (Trab 205, editado em cd-rom).
- BONNIN ACOSTA, J.J. *Avaliação de diferentes protótipos de semeadoras em covas para semeadura direta de milho*. Piracicaba, 2000. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BOWMAN, D.I. Feasibility studies on planting corn trials to a stand. *Crop Sci.*, v.27, p.1231-4, 1987.
- BUTIERRES, E. *Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja (Glycine Max (L.) Merrill)*. Santa Maria, 1980. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural / Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria.
- CARDOSO, F.P. Semeadura de precisão em plantio direto. *Plantio Direto*, n.64, p.16-7, 2001.
- CASÃO JÚNIOR, R., ARAÚJO, A.G., RALISCH, R. Metodologia para avaliação de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. (Trab 316, editado em cd-rom).

- CASÃO JÚNIOR, R., ARAÚJO, A.G., RALISCH, R., MEDEIROS, G.B., MONICE, R., SIQUEIRA, R. SILVA, A.L., LADEIRA, A.S., SILVA, J.C., MACHADO, P., ROSSETTO, R. Desempenho da semeadora-adubadora SA 13500 – Vence Tudo em solos argilosos. *Cir. Inst. Agron. Paraná*, n.110, p.1-46, 2000a.
- CASÃO JÚNIOR, R., ARAÚJO, A.G., RALISCH, R., MEDEIROS, G.B., MONICE, R., SIQUEIRA, R. SILVA, A.L., LADEIRA, A.S., SILVA, J.C., MACHADO, P., ROSSETTO, R. Desempenho das semeadoras-adubadoras MPS 1600 E MPS 1000 Imasa em solos argilosos. *Cir. Inst. Agron. Paraná*, n.111, p.1-44, 2000b.
- CASÃO JÚNIOR, R., ARAÚJO, A.G., RALISCH, R., SILVA, A.L., LADEIRA, A.S., SILVA, J.C., MACHADO, P., ROSSETTO, R. Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 PD no basalto paranaense. *Cir. Inst. Agron. Paraná*, n.105, p.1-47, 1998.
- CASÃO JÚNIOR, R., PALLEROSI, C.A., PORTELLA, J.A. Dispositivo pneumático para redução dos erros de dosagem e deposição de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997.
- CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R., ARAÚJO, A.G. Dinâmica de semeadoras-adubadoras de plantio direto (Parte II). *Plantio Direto*, n.65, p.21-7, 2001a.
- CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R., ARAÚJO, A.G., RALISCH, R. Dinâmica de semeadoras-adubadoras diretas em Primeiro de Maio – PR: *resultados de avaliação*. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2001b. 14p.
- CASTRO, O.M. Avaliação de sistemas de manejo do solo. In: SILVEIRA, G.M. *VI Ciclo de Estudos Sobre Mecanização Agrícola*. Jundiaí: Fundação Cargil, 1990, p.35-8.
- CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de poblacion y control. *Malezas*, v.14, n.2, p.1-78, 1986.

- COELHO, J.L.D. *Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras utilizados em sistemas conservacionistas de manejo do solo*. Campinas, 1998. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- COELHO, J.L.D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L.G. *Máquinas agrícolas: ensaio & certificação*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. Cap.11, p.551–70.
- CORRÊA, I.M., YANAI, K., MAZIERO, J.V.G. Trator agrícola: patinagem, patinamento ou deslizamento? *Eng. Rural*, v.6, n.2, p.59-62, 1995.
- DALLMEYER, A.U. Opções na semeadura. *Cult. Máquinas*, n.2, p.6-9, 2001.
- DAMBRÓS, R.M *Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores*. Piracicaba, 1998. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DELAFOSSÉ, R.M. *Máquinas sembradoras de grano grueso*. Santiago: Oficina Regional de La FAO para America Latina y el Caribe, 1986. 48p.
- DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N., KOPKE, U. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschorn: GTZ, 1991. 272p.
- DIAS, M.C.L., BARROS, A.S.R. Avaliação da qualidade de sementes de milho. *Cir. Inst. Agron. Paraná*, n.88, p.1-43, 1995.
- EDMOND, J.B., DRAPALA, W.L. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, v.71, p.428-34, 1958.
- EMBRAPA. *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. Brasília, 1993. 204p.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 412p.

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. s.p.
- ENDRES, V.C., TEIXEIRA, M.R.O. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: MILHO: informações técnicas. *Circ. Téc. Cent. Pesqui. Agropecu. Oeste/EMBRAPA*, n.5, p.108-10, 1997.
- FANCELLI, A.L. Cultura do milho é fundamental na estabilidade do sistema plantio direto. *Plantio Direto*, n.67, p.10-2, 2002.
- FANCELLI, A.L. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. *Plantio Direto*, ed. esp., n.58, p.56-64, 2000.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Disponível em: <http://www.agri.com.br/febrapdp/pd_area_dados_98_99.htm>. Acesso em 25 maio 2001.
- FEY, E., SANTOS, S.R. Efeito da velocidade de semeadura sobre a população de plantas, distribuição longitudinal e produção de grãos de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).
- FEY, E., SANTOS, S.R., FEY, A. Influencia da velocidade de semeadura sobre a produtividade de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).
- FEY, E., SCHMIDT, D., GABRIEL FILHO, A., WEIRICH NETO, P.H., SANTOS, S.R. Efeito do tratamento de sementes de soja (*Glycine max* L.) sobre o enchimento do mecanismo dosador, tipo disco horizontal, de semeadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).
- FURLANI, C.E.A. *Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Botucatu, 2000. 218p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

- FURLANI, C.E.A., LOPES, A., ABRAHÃO, F.Z., LEITE, M.A.S. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. *Eng. Agric.*, v.17, p.177-86, 1999b.
- FURLANI, C.E.A., LOPES, A., ABRAHÃO, F.Z., LEITE, M.A.S. Influência da velocidade da semeadora na cultura do milho (*Zea mays* L.) em diferentes condições de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999a, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. (Trab139, editado em cd-rom).
- FURLANI, C.E.A., LOPES, A., REZENDE, L.C., SILVA, S.S.S., LEITE, M.A.S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. *Eng. na Agric.*, (Viçosa), v.9, n.3, p.147-53, 2001.
- HERNANI, L.C., SALTON, J.C. Manejo e conservação de solos. In: MILHO: informações técnicas. *Circ. Téc. Cent. Pesqui. Agropecu. Oeste/EMBRAPA*, n.5, p.39-67, 1997.
- JUSTINO, A. *Desempenho do mecanismo dosador de disco perfurado horizontal na distribuição de sementes de milho (Zea mays L.), em sistema de plantio direto*. Botucatu, 1998. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- KLIMIONTE, M.A., WEIRICH NETO, P.H., SCHIMANDEIRO, A., GOMES, J.A., SANTOS, S.R., FEY, E. Influência da distribuição de plantas no rendimento de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).
- KRZYZANOWSKI, F.C., FRANÇA NETO, J.B., COSTA, N.P. Efeitos da classificação de sementes de soja por tamanho sobre a qualidade e a precisão de semeadura. *Rev. Bras. Sem.*, v.13, n.1, p.59-68, 1991.
- 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*, v.48, p.249-62, 1989.

- KURACHI, S.A.H., COSTA, J.A.S., BERNARDI, J.A., SILVEIRA, G.M., COELHO, J.L.D. Avaliação tecnológica: resultados de ensaios de mecanismos dosadores de sementes de semeadoras-adubadoras de precisão. *Bol. Cient. Inst. Agron. Campinas*, n.28, p.1-43, 1993.
- KURACHI, S.A.H., SILVEIRA, G.M., COSTA, J.A., MORAES, R.A.D.M., BERNARDI, J.A., MOREIRA, C.A., PETRONI, A.C., SILVA, J.R., MESQUITA, C.M. Código de Avaliação de semeadoras e/ou adubadoras. *Doc. Inst. Agron. Campinas*, n.3, p.1-138, 1986.
- LAFLEN, J.M., AMEMIYA, A., HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. *Soil Water Conserv.*, v.36, p.341-3, 1981.
- LEVIEN, R., MARQUES, J.P., BENEZ, S.H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.) sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. (Trab. 097, editado em cd-rom).
- LOPES, A., FURLANI, C.E.A., ABRAHÃO, F.Z., LEITE, M.A.S., GROTTA, D.C.C. Efeito do preparo do solo e da velocidade de semeadura na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Eng. Agric.*, v.21, n.1, p.68-73, 2001.
- LORENZI, H. (Coord.) *Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 339p.
- MAHL, D., GAMERO, C.A., BENEZ, S.H., LEITE, M.A.S., SILVA, A.R.B., PONTES, J.R.V., MARQUES, J.P., GREGO, C.R., COSTA, A.M. Distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função da velocidade e mecanismo sulcador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).
- MANTOVANI, E.C., BERTAUX, S. *Avaliação do desempenho de semeadoras adubadoras de milho no campo*. EMBRAPA/CNPS/ABIMAQ-SINDIMAC, 1990, 49p.

- MANTOVANI, E.C., BERTAUX, S., ROCHA, F.E.C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.27, p.1579-86, 1992.
- MANTOVANI, E.C., MANTOVANI, B.H.M., CRUZ, I., MEWES, W.L.C., OLIVEIRA, A.C. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.34, n.1, p.93-8, 1999.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: Importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999. Cap.1, p.1-21.
- MARCOS FILHO, J., CICERO, S. M., SILVA, W. R. *Avaliação da qualidade das sementes*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz” / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1987, 230p.
- MARQUES, J.P. *Manejo da vegetação espontânea para implantação da cultura do milho (Zea mays L.) em plantio direto e preparo convencional do solo*. Botucatu, 1999. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- MARQUES, J.P., PONTES, J.R., BENEZ, S.H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho em preparo convencional do solo e em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. (Trab 099, editado em cd-rom).
- MELLO FILHO, G.A., RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: MILHO: informações técnicas. *Circ. Téc. Cent. Pesqui. Agropecu. Oeste/EMBRAPA*, n.5, p.13-38, 1997.
- MELLO, L.M.M., PINTO, E.R., YANO, E.H. Velocidade de semeadura na cultura do milho (*Zea mays L.*): distribuição de sementes e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001a. (editado em cd-rom).

- MELLO, L.M.M., TAKAHASHI, C.M. Avaliação de mecanismos rompedores e rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras para cultura do milho (*Zea mays* L.) em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).
- MELLO, L.M.M., TAKAHASHI, C.M., YANO, E.H. Avaliação dos efeitos de mecanismos rompedores e rodas compactadoras de semeadora-adubadora para cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA, 4, 2001, Chillán. *Memorias...*Chillán: Universidad de Concepción, 2001b. v. 2, p.107-10. (Trab. 28).
- MIALHE, L.G. Ensaio & certificação de tratores. In: MIALHE, L.G. *Máquinas agrícolas: ensaio & certificação*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. Cap.8, p.385–462.
- MIALHE, L.G. *Manual de mecanização agrícola*. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.
- MOLIN, J.P., CHANG, C.S. Desenvolvimento e testes de dosador vertical para semeadora de precisão. *Eng. Rural*, v.3, n.1, p.18-30, 1992.
- MONTEIRO, L.R. *Desenvolvimento e análise de uma semeadora pneumática de grãos*. Campinas, 1989. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- MOTTA, A.C.V., PAULETTI, V., VIEIRA, S.M., SANTOS, A.F., OLIVEIRA, S.O. Avaliação da fertilidade do solo em profundidade e da palhada em áreas sob plantio direto. *Plantio Direto*, mar/abr, p.23-4, 1997.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desenvolvimento das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999. Cap.2, p.1-24.

- OLIVEIRA M.L., VIEIRA, L.B., MANTOVANI, E.C., SOUZA, C.M., DIAS, G.P.
Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.35, p.1455-63, 2000a.
- OLIVEIRA, J.A., CARVALHO, M.L.M., VIEIRA, M.G.G.C., SILVA, E.A.A. Utilização de corantes na verificação de incidência de danos mecânicos em sementes de milho. *Rev. Bras. Sem.*, v.20, p.363-6, 1998.
- OLIVEIRA, M.F.B., SIQUEIRA, R., RALISCH, R., ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R.
Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000b. (editado em cd-rom).
- OLIVEIRA, M.L. *Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em duas classes de solo com diferentes tipos de cobertura vegetal*. Viçosa, 1997. 50p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- PACHECO, E.P., MANTOVANI, E.C., MARTYN, P.J., OLIVEIRA, A.C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.31, p.209-14, 1996.
- PAES, J.M.V., REZENDE, A.M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. *Inf. Agropecu.*, v.22, n.208, p.37-42, 2001.
- PORTELA, J.A., FAGANELLO, A., SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. FECOTRIGO. FUNDAÇÃO ABC. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.29-36.
- PORTELLA, J.A. Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas. *Doc. Cent. Nac. Pesqui. Trigo/EMBRAPA*, n.41, p.1-40, 1997.
- PORTELLA, J.A., PALLEROS, C.A., CASÃO JÚNIOR, R., MOLINA, P.S.C. Semeadoras de precisão com controle eletrônico de performance. *Doc. EMBRAPA Trigo*, n.9, p.1-44, 1999.

- PORTELLA, J.A., SATLER, A., FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e de milho em semeadura direta no sul do Brasil. *Eng. Agric.*, v.17, n.2, p.71-8, 1997.
- PORTELLA, J.A., SATLER, A., FAGANELLO, A. Regularidade de distribuição de sementes e fertilizantes de semeadoras para plantio direto de trigo e soja. *Eng. Agric.*, v.17, n.4, p.57-64, 1998b.
- PORTELLA, J.A., SATTLER, A., FAGANELLO, A. Efeito da velocidade de trabalho sobre o desempenho de mecanismos dosadores de sementes do tipo alveolado horizontal na semeadura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998a. v.3, p.43-5.
- POTTKER, D., AMBROSI, I., BEN, J.R., KOCHHANN, R.A., DENARDIN, J.E. Calagem em plantio direto. *Bol. Tec. Cent. Nac. Pesqui. Trigo/EMBRAPA*, n.4, p.1-40, 1998.
- RALISCH, R. Na medida certa. *Cult. Máquinas*, n.5, p.09-11, 2001.
- RALISCH, R., TAVARES FILHO, J., ALMEIDA, M.V.P. Avaliação em um solo argiloso sob plantio direto de uma escarificação na evolução da resistência do solo à penetração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).
- REIS, A.V. Erros na semeadura. *Cultivar Máquinas*, n.2, p.12-3, 2001.
- REIS, A.V., ALONÇO, A.S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989 e 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).
- REIS, E.F. *Inter-relação solo-semente com duas semeadoras-adubadoras de plantio direto, em diferentes umidades de um solo argiloso*. Viçosa, 2000. 51p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

- RIBEIRO, M.F.S., ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., BENASSI, D. Máquinas para semeadura direta em solos de baixa aptidão agrícola. *Circ. Tec. Inst. Agron. Paraná*, n.108, p.139-53, 1999.
- RIGHES, A.A, CENTENO, A.S, DALLMEYER, A.U, SILVEIRA, D.R, FARRET, I.S, POZZERA, J, FERREIRA, O.O, CASTRO, P.E, SILVEIRA, T.C. *Semeadura direta: comparação entre diferentes mecanismos sulcadores*. São Paulo. 1990. 33p. (monografia).
- RIZZARDI, M.A., BOLLER, W., DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura e seus efeitos nos componentes de produção. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.29, p.1231-6, 1994.
- ROCHA, F.E.C., MANTOVANI, E.C., BERTAUX, S., GARCIA, J.C. Comparação de semeadoras-adubadoras de milho com relação a preços de aquisição e eficiência operacional. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.27, p.751-7, 1992.
- SANTOS, S.R., WEIRICH NETO, P.H. Estado da arte do processo de distribuição longitudinal de milho (*Zea mays* L.) da Cooperativa Agrária Mista de Entre Rios Ltda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. (editado em cd-rom).
- SANTOS, S.R., WEIRICH NETO, P.H., FEY, E., CAUSS, S. Distribuição de plantas de milho (*Zea mays* L.) em diferentes velocidades de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).
- SEIXAS, F. Olho na terra. *Cult. Máquinas*, n.7, p.15-7, 2002.
- SILVA, A.R.B. *Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L.) em diferentes tipos de preparo do solo*. Botucatu, 2000a. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

- SILVA, A.R.B., BENEZ, S.H., BICUDO, S.J., GAMERO, C.A., CAMILI, E.C., ALMEIDA, E.M. Produtividade de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) semeados em diferentes sistemas de preparo de solo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA, 4, 2001, Chillán. *Memorias...* Chillán: Universidad de Concepción, 2001a. v. 2, p.94-7. (Trab. 24).
- SILVA, A.R.B., BENEZ, S.H., MAHL, D., LEITE, M.A.S., PONTES, J.R.V., GREGO, C.R., MARQUES, J.P., COSTA, A.M. Avaliação de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função de diferentes mecanismos sulcadores e velocidades de deslocamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001b. (editado em cd-rom).
- SILVA, J.G., KLUTHCOUSKI, J., SILVEIRA, P.M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produção da cultura do milho sob plantio direto. *Sci. Agríc.*, v.57, n.1, p.7-12, 2000.
- SILVA, S.L. *Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento.* Botucatu, 2000b. 123p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- SILVA, S.L. *Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas.* Botucatu, 1997. 148p. (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- SIQUEIRA, R., ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R. Desempenho energético de semeadoras-adubadoras de plantio direto na implantação da cultura da soja (*Glycine max* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).

- SIQUEIRA, R., OLIVEIRA, M.F.B., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R., ARAÚJO, A.G. Demanda energética do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).
- TAKAHASHI, C.M., MELLO, L.M.M., YANO, E.H. Distribuição longitudinal de sementes de milho (*Zea mays* L.) em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).
- TANAKA, E.M. *Carreta de transbordo para cana-de-açúcar (Saccharium spp):* efeitos da condição de solo, do tipo de rodado e da velocidade de deslocamento. Botucatu, 2001. 95p. (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- TOURINO, M.C.C. *Influência da velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja na precisão de semeadura.* Campinas, 1993. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- VIEIRA, L.B., REIS, E.F. Máquinas para o plantio direto. *Inf. Agropecu.*, v.22, n.208, p.43-8, 2001.
- VIEIRA, R.D., KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes.* Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999. Cap.4, p.1-26.

APÊNDICE

Apêndice 1. Abreviaturas utilizadas no apêndice:

DP: desvio padrão;

DMS_{solo}: diferença mínima significativa para o fator solo;

DMS_{sem/solo}: diferença mínima significativa para os fatores semeadora e solo;

DMS_{vel}: diferença mínima significativa para o fator velocidade.

TRATAMENTOS:

S1: semeadora PST³-suprema, com dosador de sementes pneumático;

S2: semeadora PST², com dosador de sementes de discos horizontais perfurados;

V1: velocidade de deslocamento de 4,4 km.h⁻¹;

V2: velocidade de deslocamento de 8,0 km.h⁻¹;

V3: velocidade de deslocamento de 9,8 km.h⁻¹;

PD: solo conduzido sob plantio direto (4 anos);

PE: solo com antecedente de escarificação (4 meses).

Apêndice 2. Valores de temperatura média do ar e nível de precipitação média no período de condução do experimento.

Mês/ano	Temperatura média do ar (°C)	Precipitação média (mm)
Abril/00	21,3	12,1
Mai/00	18,1	10,3
Junho/00	18,6	12,8
Julho/00	15,3	55,0
Agosto/00	17,6	73,7
Setembro/00	18,4	127,9
Outubro/00	23,2	20,3
Novembro/00	21,4	191,9
Dezembro/00	22,2	186,8
Janeiro/01	23,6	322,2
Fevereiro/01	23,9	278,2
Março/01	23,3	156,6
Abril/01	22,7	24,9
Mai/01	17,6	91,0

Fonte: Departamento de Ciências Ambientais / Fazenda Experimental Lageado.

Apêndice 3. Teor de água no solo (g.kg⁻¹) no momento do preparo do solo com escarificador e na semeadura da cultura da aveia.

Camada (cm)	B1	B2	B3	B4	Média
0-10	28,08	28,82	26,11	26,39	27,35
10-20	31,47	27,55	26,15	28,32	28,37
20-30	34,29	25,42	27,23	26,30	28,31

Média: 28,01.

Apêndice 4. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração, na camada de 0-10 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	26,15	24,87	27,44	27,90	26,59
S1 V1 PE	26,22	28,37	28,73	30,08	28,35
S1 V2 PD	26,93	28,92	25,95	26,13	26,98
S1 V2 PE	28,97	31,45	29,42	30,97	30,20
S1 V3 PD	24,95	25,48	27,08	26,91	26,11
S1 V3 PE	28,86	28,51	28,68	23,17	27,31
S2 V1 PD	31,36	27,45	27,62	26,62	28,26
S2 V1 PE	29,99	26,15	27,54	29,40	28,27
S2 V2 PD	31,05	28,46	24,59	28,15	28,06
S2 V2 PE	26,60	26,92	27,89	27,79	27,30
S2 V3 PD	29,00	27,33	27,42	26,87	27,66
S2 V3 PE	29,50	27,04	27,28	29,72	28,39

Média: 27,79; DP: 1,72.

Apêndice 5. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração, na camada de 10-20 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	28,22	29,51	32,14	27,55	29,36
S1 V1 PE	26,87	31,92	29,20	29,39	29,35
S1 V2 PD	28,66	29,50	26,14	27,68	28,00
S1 V2 PE	28,06	31,88	31,33	29,50	30,19
S1 V3 PD	25,26	27,11	28,32	27,22	26,98
S1 V3 PE	28,84	30,62	25,82	28,35	28,41
S2 V1 PD	29,36	27,89	28,18	28,23	28,42
S2 V1 PE	29,12	28,29	28,76	28,14	28,58
S2 V2 PD	31,73	29,67	28,27	28,18	29,46
S2 V2 PE	29,31	29,48	27,84	28,70	28,83
S2 V3 PD	27,89	26,22	28,26	28,31	27,67
S2 V3 PE	27,74	27,87	12,07	31,68	24,84

Média: 28,34; DP: 2,88.

Apêndice 6. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração, na camada de 20-30 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	29,27	35,52	33,69	32,07	32,64
S1 V1 PE	30,27	32,73	30,81	31,88	31,42
S1 V2 PD	30,01	33,12	32,81	29,68	31,41
S1 V2 PE	31,75	32,55	31,75	32,30	32,09
S1 V3 PD	27,26	29,10	28,82	26,80	28,00
S1 V3 PE	33,70	29,36	27,19	33,67	30,98
S2 V1 PD	30,01	32,81	32,49	29,67	31,25
S2 V1 PE	34,49	28,86	30,23	32,17	31,44
S2 V2 PD	35,79	30,02	30,54	30,54	31,72
S2 V2 PE	29,92	28,30	29,88	30,71	29,70
S2 V3 PD	29,05	30,75	33,74	31,07	31,15
S2 V3 PE	33,44	26,81	29,79	31,70	30,44

Média: 31,02; DP: 2,18.

Apêndice 7. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho e da determinação da resistência do solo à penetração, na camada de 30-40 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	29,27	35,48	35,49	34,33	33,64
S1 V1 PE	28,53	33,53	30,01	30,48	30,64
S1 V2 PD	29,23	32,22	34,20	31,55	31,80
S1 V2 PE	31,80	32,58	33,73	33,53	32,91
S1 V3 PD	28,25	29,90	30,29	33,24	30,42
S1 V3 PE	33,78	29,08	27,31	33,85	31,01
S2 V1 PD	31,24	32,07	33,82	30,39	31,88
S2 V1 PE	33,07	29,00	33,31	34,27	32,41
S2 V2 PD	35,04	30,99	32,74	34,32	33,27
S2 V2 PE	29,86	25,99	32,34	29,25	29,36
S2 V3 PD	30,36	27,28	36,04	33,61	31,82
S2 V3 PE	30,94	26,50	28,38	30,77	29,15

Média: 31,48, DP: 2,31.

Apêndice 8. Densidade do solo (g.cm^{-3}) na camada de 0-15 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	1,63	1,57	1,61	1,56	1,59
S1 V1 PE	1,65	1,62	1,62	1,50	1,60
S1 V2 PD	1,53	1,63	1,63	1,57	1,59
S1 V2 PE	1,51	1,57	1,59	1,65	1,58
S1 V3 PD	1,64	1,57	1,61	1,66	1,62
S1 V3 PE	1,48	1,52	1,63	1,42	1,51
S2 V1 PD	1,32	1,60	1,65	1,60	1,54
S2 V1 PE	1,46	1,67	1,52	1,52	1,54
S2 V2 PD	1,55	1,61	1,60	1,56	1,58
S2 V2 PE	1,56	1,59	1,75	1,58	1,62
S2 V3 PD	1,37	1,68	1,63	1,52	1,55
S2 V3 PE	1,58	1,67	1,65	1,59	1,62

Média: 1,58; DP: 0,07; CV: 4,48.

Apêndice 9. Densidade do solo (g.cm^{-3}) na camada de 15-30 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	1,61	1,59	1,59	1,50	1,57
S1 V1 PE	1,62	1,47	1,56	1,52	1,54
S1 V2 PD	1,34	1,42	1,57	1,44	1,44
S1 V2 PE	1,46	1,64	1,57	1,50	1,54
S1 V3 PD	1,68	1,49	1,54	1,55	1,57
S1 V3 PE	1,41	1,53	1,57	1,38	1,47
S2 V1 PD	1,43	1,64	1,44	1,62	1,53
S2 V1 PE	1,53	1,58	1,56	1,63	1,58
S2 V2 PD	1,56	1,61	1,46	1,49	1,53
S2 V2 PE	1,59	1,68	1,63	1,59	1,62
S2 V3 PD	1,46	1,63	1,60	1,35	1,51
S2 V3 PE	1,51	1,68	1,67	1,43	1,57

Média: 1,54; DP: 0,08; CV: 5,27.

Apêndice 10. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 5 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,48	3,08	2,38	2,33	2,81
S1 V1 PE	0,68	1,33	0,95	1,45	1,10
S1 V2 PD	2,33	2,08	2,13	3,65	2,54
S1 V2 PE	1,10	1,68	0,63	1,35	1,19
S1 V3 PD	2,33	3,83	1,60	3,35	2,78
S1 V3 PE	0,68	1,60	1,35	1,38	1,25
S2 V1 PD	2,53	3,00	2,65	2,48	2,66
S2 V1 PE	0,93	1,10	0,95	0,93	0,98
S2 V2 PD	1,93	2,60	1,80	3,10	2,36
S2 V2 PE	0,70	0,93	0,93	1,48	1,01
S2 V3 PD	1,63	2,48	2,15	2,20	2,11
S2 V3 PE	1,45	1,53	1,38	2,00	1,59

Média: 18,64; DP: 4,31; DMS_{solo}: 2,53.

Apêndice 11. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 10 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,53	2,90	3,18	2,88	3,12
S1 V1 PE	1,00	1,90	1,60	2,15	1,66
S1 V2 PD	2,53	2,88	3,33	3,10	2,96
S1 V2 PE	1,25	2,10	1,15	1,50	1,50
S1 V3 PD	2,73	4,20	2,53	3,68	3,28
S1 V3 PE	1,50	2,00	2,13	2,35	1,99
S2 V1 PD	2,90	3,18	2,83	2,95	2,96
S2 V1 PE	1,30	1,15	1,98	1,30	1,43
S2 V2 PD	2,78	2,75	3,03	2,85	2,85
S2 V2 PE	0,75	1,53	1,08	1,73	1,27
S2 V3 PD	2,08	2,93	2,85	3,18	2,76
S2 V3 PE	2,05	1,90	1,53	2,30	1,94

Média: 23,10; DP: 3,76; DMS_{solo}: 2,21.

Apêndice 12. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 15 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,50	2,75	3,35	2,85	3,11
S1 V1 PE	0,93	2,08	1,80	1,93	1,68
S1 V2 PD	2,45	3,18	3,15	2,73	2,88
S1 V2 PE	1,43	2,38	1,28	1,55	1,66
S1 V3 PD	2,70	4,13	2,45	3,63	3,23
S1 V3 PE	1,70	2,08	2,28	2,63	2,17
S2 V1 PD	3,25	3,00	2,60	2,83	2,92
S2 V1 PE	1,58	1,13	2,00	1,35	1,51
S2 V2 PD	2,85	2,50	2,48	2,73	2,64
S2 V2 PE	0,78	2,03	1,43	1,45	1,42
S2 V3 PD	2,23	2,68	2,83	3,00	2,68
S2 V3 PE	2,03	2,35	1,60	2,35	2,08

Média: 23,31; DP: 4,16; DMS_{solo}: 2,45.

Apêndice 13. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 20 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,15	2,90	3,40	2,75	3,05
S1 V1 PE	1,13	2,08	1,95	2,13	1,82
S1 V2 PD	2,63	3,23	3,05	2,75	2,91
S1 V2 PE	1,60	3,05	1,25	1,78	1,92
S1 V3 PD	2,48	3,85	2,58	3,25	3,04
S1 V3 PE	1,58	2,53	2,20	2,65	2,24
S2 V1 PD	2,88	2,70	2,38	2,98	2,73
S2 V1 PE	1,68	1,03	2,05	1,48	1,56
S2 V2 PD	2,93	2,53	2,00	2,68	2,53
S2 V2 PE	1,08	2,10	2,00	1,78	1,74
S2 V3 PD	2,25	2,80	3,05	2,53	2,66
S2 V3 PE	2,23	2,58	1,43	2,28	2,13

Média: 23,59; DP: 4,38; DMS_{solo}: 2,57.

Apêndice 14. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 25 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,68	3,10	3,08	2,90	3,19
S1 V1 PE	1,63	1,78	2,80	2,03	2,06
S1 V2 PD	3,05	3,25	3,13	2,83	3,06
S1 V2 PE	2,18	3,08	1,23	2,33	2,20
S1 V3 PD	2,48	3,78	2,68	3,05	2,99
S1 V3 PE	1,50	3,00	2,38	2,83	2,43
S2 V1 PD	3,05	3,13	2,55	3,00	2,93
S2 V1 PE	2,58	1,90	2,20	2,50	2,29
S2 V2 PD	3,13	3,10	2,50	3,23	2,99
S2 V2 PE	1,93	2,60	2,48	2,35	2,34
S2 V3 PD	2,80	3,05	2,83	3,10	2,94
S2 V3 PE	2,70	2,98	1,85	2,45	2,49

Média: 26,59; DP: 4,23; DMS_{solo}: 2,49.

Apêndice 15. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 30 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,15	3,05	2,98	3,13	3,08
S1 V1 PE	2,28	2,60	2,98	3,03	2,72
S1 V2 PD	3,03	3,40	3,23	2,70	3,09
S1 V2 PE	2,23	3,60	1,70	2,70	2,56
S1 V3 PD	2,40	3,50	2,70	3,18	2,94
S1 V3 PE	2,13	3,13	2,75	3,08	2,77
S2 V1 PD	2,93	3,28	2,53	2,95	2,92
S2 V1 PE	2,95	2,55	2,60	2,63	2,68
S2 V2 PD	2,95	3,28	2,90	2,90	3,01
S2 V2 PE	2,95	3,10	2,83	2,78	2,91
S2 V3 PD	2,70	3,05	3,10	2,93	2,94
S2 V3 PE	3,08	3,10	2,18	2,78	2,78

Média: 28,66; DP: 3,37; DMS_{solo}: 1,98.

Apêndice 16. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 35 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,20	2,98	3,45	2,83	3,11
S1 V1 PE	2,93	2,90	3,03	3,33	3,04
S1 V2 PD	2,83	3,48	3,38	2,75	3,11
S1 V2 PE	2,38	3,73	2,33	2,68	2,78
S1 V3 PD	2,38	3,50	2,68	3,05	2,90
S1 V3 PE	2,28	3,30	2,88	3,00	2,86
S2 V1 PD	2,85	3,38	2,40	3,05	2,92
S2 V1 PE	2,85	3,08	2,50	2,60	2,76
S2 V2 PD	2,95	3,40	2,78	3,30	3,11
S2 V2 PE	2,80	3,60	2,88	2,98	3,06
S2 V3 PD	2,60	3,05	2,98	3,00	2,91
S2 V3 PE	3,08	3,30	2,53	2,75	2,91

Média: 29,55; DP: 2,99; DMS_{solo}: 1,76.

Apêndice 17. Resistência do solo à penetração (MPa) na profundidade de 40 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,70	2,98	3,40	3,28	3,34
S1 V1 PE	3,00	2,88	3,00	3,43	3,08
S1 V2 PD	2,68	3,55	3,33	3,00	3,14
S1 V2 PE	2,43	3,65	2,48	2,68	2,81
S1 V3 PD	2,75	3,45	2,53	3,08	2,95
S1 V3 PE	2,33	3,70	2,85	2,90	2,94
S2 V1 PD	2,85	3,15	2,35	2,98	2,83
S2 V1 PE	2,88	3,58	2,53	2,60	2,89
S2 V2 PD	2,88	3,38	2,55	3,30	3,03
S2 V2 PE	2,75	4,00	2,88	3,23	3,21
S2 V3 PD	2,53	3,05	3,00	2,98	2,89
S2 V3 PE	2,98	3,85	2,85	3,13	3,20

Média: 30,25; DP: 3,22; DMS_{solo}: 1,89.

Apêndice 18. Matéria seca de aveia preta (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	4080	3006	3430	3148	3416
S1 V1 PE	3002	3978	3182	2758	3230
S1 V2 PD	4162	2940	3834	2346	3321
S1 V2 PE	4002	2284	3416	2182	2971
S1 V3 PD	2590	3756	3582	3124	3263
S1 V3 PE	4356	3174	3814	2364	3427
S2 V1 PD	3982	3354	3198	2668	3301
S2 V1 PE	3886	3644	2232	2002	2941
S2 V2 PD	3150	3242	3964	2740	3274
S2 V2 PE	3442	2396	2404	2666	2727
S2 V3 PD	3392	3076	3358	3136	3241
S2 V3 PE	4874	2694	2806	1860	3059

Média: 3180,75; DP: 575,05; DMS_{solo}: 337,95.

Apêndice 19. Matéria seca de restos culturais (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	6256	2458	1640	3552	3477
S1 V1 PE	2022	2676	512	834	1511
S1 V2 PD	5246	3216	2472	2794	3432
S1 V2 PE	1702	3328	800	816	1662
S1 V3 PD	3844	3484	2756	2786	3218
S1 V3 PE	2004	2724	1252	2364	2086
S2 V1 PD	3982	3354	3198	2668	3301
S2 V1 PE	3886	3644	2232	2002	2941
S2 V2 PD	3150	3242	3964	2740	3274
S2 V2 PE	3442	2396	2404	2666	2727
S2 V3 PD	3392	3076	3358	3136	3241
S2 V3 PE	4874	2694	2806	1860	3059

Média: 2453,38; DP: 1066,47; DMS_{solo}: 626,76.

Apêndice 20. Matéria seca total (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	10336	5464	5070	6700	6893
S1 V1 PE	5024	6654	3694	3592	4741
S1 V2 PD	9408	6156	6306	5140	6753
S1 V2 PE	5704	5612	4216	2998	4633
S1 V3 PD	6434	7240	6338	5910	6481
S1 V3 PE	6360	5898	5066	3264	5147
S2 V1 PD	7388	8380	6980	4438	6797
S2 V1 PE	5710	4930	5438	4552	5158
S2 V2 PD	5780	6744	5494	7464	6371
S2 V2 PE	4810	3740	4362	3724	4159
S2 V3 PD	5130	7714	5398	6452	6174
S2 V3 PE	6084	4214	3772	3156	4307

Média: 5654,96; DP: 1191,50; DMS_{solo}: 700,24.

Apêndice 21. Velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora na semeadura do milho (km.h⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	4,62	4,51	4,37	4,51	4,50
S1 V1 PE	4,42	4,32	4,27	4,24	4,31
S1 V2 PD	8,47	8,00	8,47	8,29	8,31
S1 V2 PE	7,83	7,75	8,09	8,10	7,94
S1 V3 PD	10,46	10,29	10,15	10,15	10,26
S1 V3 PE	9,60	9,74	10,30	9,74	9,85
S2 V1 PD	4,24	4,34	4,34	4,45	4,34
S2 V1 PE	3,94	4,29	4,44	4,32	4,25
S2 V2 PD	8,01	7,75	7,92	7,92	7,90
S2 V2 PE	7,45	8,01	7,67	7,83	7,74
S2 V3 PD	9,74	9,74	9,74	9,60	9,71
S2 V3 PE	9,01	9,48	9,35	9,60	9,36

Média: 7,37; DP: 0,19; DMS_{sem/solo}: 0,11; DMS_{vel}: 0,16.

Apêndice 22. Profundidade do sulco de semeadura (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	6,45	7,68	4,80	5,33	6,07
S1 V1 PE	7,40	6,78	6,48	5,95	6,65
S1 V2 PD	6,95	7,18	6,23	6,05	6,60
S1 V2 PE	7,98	7,43	6,68	7,50	7,40
S1 V3 PD	6,30	7,78	6,80	5,30	6,55
S1 V3 PE	7,08	6,80	7,63	6,28	6,95
S2 V1 PD	6,38	6,55	6,38	6,15	6,37
S2 V1 PE	8,55	7,63	6,88	8,08	7,79
S2 V2 PD	6,45	7,28	7,53	6,45	6,93
S2 V2 PE	10,95	9,35	8,63	8,58	9,38
S2 V3 PD	7,55	6,75	8,08	6,65	7,26
S2 V3 PE	10,10	8,80	8,75	8,13	8,95

Média: 7,24; DP: 0,67; DMS_{sem/solo}: 0,39; DMS_{vel}: 0,58.

Apêndice 23. Área de solo mobilizado por linha de semeadura (cm²).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	52,49	99,94	51,76	53,90	64,52
S1 V1 PE	64,80	81,11	71,80	68,04	71,44
S1 V2 PD	69,44	92,54	67,27	72,88	75,53
S1 V2 PE	99,87	103,39	74,77	89,03	91,77
S1 V3 PD	55,27	54,36	86,24	59,76	63,91
S1 V3 PE	75,16	80,00	72,38	78,61	76,54
S2 V1 PD	75,26	75,45	65,54	66,61	70,72
S2 V1 PE	97,10	64,17	75,87	86,94	81,02
S2 V2 PD	62,08	100,98	78,14	75,01	79,05
S2 V2 PE	132,51	123,30	115,67	104,87	119,09
S2 V3 PD	86,45	74,97	97,22	75,00	83,41
S2 V3 PE	136,68	111,74	98,56	83,76	107,69

Média: 82,06; DP: 13,66; DMS_{sem/solo}: 8,03; DMS_{vel}: 11,86.

Apêndice 24. Profundidade de deposição de sementes (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	4,13	3,74	3,83	3,68	3,85
S1 V1 PE	4,39	5,01	4,39	4,74	4,63
S1 V2 PD	2,90	3,80	4,00	3,60	3,58
S1 V2 PE	3,17	4,11	4,88	4,75	4,23
S1 V3 PD	3,77	4,16	3,29	4,06	3,82
S1 V3 PE	3,53	4,72	4,45	4,47	4,29
S2 V1 PD	3,70	4,53	4,99	5,24	4,62
S2 V1 PE	5,69	5,89	6,35	5,65	5,90
S2 V2 PD	3,69	5,63	4,36	5,49	4,79
S2 V2 PE	5,41	7,40	7,02	6,54	6,59
S2 V3 PD	3,66	4,38	5,12	5,03	4,55
S2 V3 PE	4,98	6,41	6,35	6,44	6,05

Média: 4,74; DP: 0,45; DMS_{sem/solo}: 0,26; DMS_{vel}: 0,39.

Apêndice 25. Percentagem (%) de manutenção de cobertura no solo.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	92,00	82,80	90,00	93,00	89,45
S1 V1 PE	83,90	83,50	74,20	82,20	80,95
S1 V2 PD	91,00	83,00	92,00	74,70	85,18
S1 V2 PE	79,00	64,60	86,20	78,70	77,13
S1 V3 PD	88,00	85,90	79,20	92,90	86,50
S1 V3 PE	78,80	74,20	80,40	88,30	80,43
S2 V1 PD	90,00	91,90	93,80	92,00	91,93
S2 V1 PE	84,40	85,60	81,50	89,50	85,25
S2 V2 PD	86,00	83,00	73,00	90,00	83,00
S2 V2 PE	72,40	68,10	81,10	84,40	76,50
S2 V3 PD	80,00	75,00	83,00	83,00	80,25
S2 V3 PE	73,70	59,80	80,40	76,80	72,68

Média: 82,44; DP: 5,71; $DMS_{sem/solo}$: 3,35; DMS_{vel} : 4,95.

Apêndice 26. Índice de sementes expostas (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	0,00	0,21	0,00	0,00	0,05
S1 V1 PE	0,00	0,42	0,13	0,13	0,17
S1 V2 PD	0,22	0,32	0,38	0,25	0,29
S1 V2 PE	0,23	0,00	0,00	0,00	0,06
S1 V3 PD	0,00	0,00	0,95	0,00	0,24
S1 V3 PE	0,32	0,00	0,00	0,25	0,14
S2 V1 PD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2 V1 PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2 V2 PD	0,12	0,00	0,00	0,00	0,03
S2 V2 PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2 V3 PD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2 V3 PE	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03

Média: 0,08; DP: 0,17; $DMS_{sem/solo}$: 0,10; DMS_{vel} : 0,15.

Apêndice 27. Patinagem do rodado direito do trator (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	5,27	5,86	8,33	6,83	6,57
S1 V1 PE	10,51	8,89	10,15	8,33	9,47
S1 V2 PD	5,46	7,59	4,47	6,44	5,99
S1 V2 PE	9,25	9,61	8,70	8,33	8,97
S1 V3 PD	3,24	3,24	4,26	6,25	4,25
S1 V3 PE	9,25	7,96	6,05	8,52	7,95
S2 V1 PD	8,70	9,79	12,07	7,77	9,58
S2 V1 PE	11,56	10,68	7,21	10,33	9,95
S2 V2 PD	7,96	11,38	10,33	7,02	9,17
S2 V2 PE	12,75	7,59	11,21	11,21	10,69
S2 V3 PD	7,96	9,07	6,44	11,21	8,67
S2 V3 PE	10,51	10,68	11,90	9,61	10,68

Média: 8,49; DP: 1,64; $DMS_{sem/solo}$: 0,97; DMS_{vel} : 1,43.

Apêndice 28. Patinagem do rodado esquerdo do trator (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	4,87	6,44	8,15	6,25	6,43
S1 V1 PE	9,61	8,15	10,33	7,40	8,87
S1 V2 PD	4,47	7,59	4,06	6,05	5,54
S1 V2 PE	8,70	9,07	8,52	7,40	8,42
S1 V3 PD	1,56	3,45	4,26	6,25	3,88
S1 V3 PE	8,33	7,21	5,86	7,02	7,11
S2 V1 PD	7,77	9,07	10,86	7,40	8,78
S2 V1 PE	10,33	10,51	7,02	9,25	9,28
S2 V2 PD	7,21	10,33	9,61	6,25	8,35
S2 V2 PE	11,56	7,02	10,68	9,79	9,76
S2 V3 PD	7,02	8,15	5,07	9,61	7,46
S2 V3 PE	9,61	9,97	10,86	8,33	9,69

Média: 7,80; DP: 1,60; DMS_{sem/solo}: 0,94; DMS_{vel}: 1,39.

Apêndice 29. Patinagem do rodado esquerdo das semeadoras-adubadoras (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,95	1,83	0,86	2,16	2,20
S1 V1 PE	3,05	2,16	0,86	4,64	2,68
S1 V2 PD	5,45	1,72	5,69	4,18	4,26
S1 V2 PE	3,95	4,41	5,10	4,30	4,44
S1 V3 PD	9,22	6,88	6,28	3,61	6,50
S1 V3 PE	3,73	4,41	7,36	6,52	5,51
S2 V1 PD	4,36	5,38	7,41	6,59	5,94
S2 V1 PE	7,95	11,48	12,32	8,61	10,09
S2 V2 PD	3,20	4,25	12,77	7,24	6,87
S2 V2 PE	8,19	12,64	9,53	15,18	11,39
S2 V3 PD	6,82	13,10	11,67	11,16	10,69
S2 V3 PE	10,84	13,17	12,71	11,67	12,10

Média: 6,89; DP: 2,17; DMS_{sem/solo}: 1,28; DMS_{vel}: 1,89.

Apêndice 30. Capacidade de campo efetiva do conjunto trator/semeadora-adubadora (ha.h⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	1,48	1,44	1,40	1,44	1,44
S1 V1 PE	1,41	1,38	1,36	1,36	1,38
S1 V2 PD	2,71	2,56	2,71	2,65	2,66
S1 V2 PE	2,51	2,48	2,59	2,59	2,54
S1 V3 PD	3,35	3,29	3,25	3,25	3,29
S1 V3 PE	3,07	3,12	3,29	3,12	3,15
S2 V1 PD	1,36	1,39	1,39	1,42	1,39
S2 V1 PE	1,26	1,37	1,42	1,38	1,36
S2 V2 PD	2,56	2,48	2,53	2,53	2,53
S2 V2 PE	2,38	2,56	2,45	2,51	2,48
S2 V3 PD	3,12	3,12	3,12	3,07	3,11
S2 V3 PE	2,88	3,03	2,99	3,07	2,99

Média: 2,36; DP: 0,06; DMS_{sem/solo}: 0,03; DMS_{vel}: 0,05.

Apêndice 31. Força média de tração na barra (kN).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	6,53	7,28	7,26	6,48	6,89
S1 V1 PE	7,73	8,85	8,68	8,72	8,50
S1 V2 PD	6,38	7,13	6,76	8,03	7,08
S1 V2 PE	8,17	8,61	8,43	8,53	8,44
S1 V3 PD	6,86	6,62	7,43	6,98	6,97
S1 V3 PE	8,74	8,03	8,73	8,20	8,43
S2 V1 PD	8,68	9,92	9,57	9,45	9,41
S2 V1 PE	11,78	11,83	11,47	10,97	11,51
S2 V2 PD	8,53	9,91	9,84	8,88	9,29
S2 V2 PE	11,18	12,11	11,92	11,64	11,71
S2 V3 PD	8,52	9,88	9,19	10,08	9,42
S2 V3 PE	12,28	12,09	11,71	11,61	11,92

Média: 9,13; DP: 0,44; DMS_{sem/solo}: 0,26; DMS_{vel}: 0,39.

Apêndice 32. Força máxima de tração na barra (kN).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	8,71	9,29	9,50	8,22	8,93
S1 V1 PE	10,29	10,96	11,14	10,71	10,78
S1 V2 PD	10,18	9,46	10,43	10,22	10,07
S1 V2 PE	11,31	11,71	10,93	10,86	11,20
S1 V3 PD	9,49	8,73	9,32	9,64	9,30
S1 V3 PE	11,12	10,01	11,44	10,86	10,86
S2 V1 PD	10,39	12,04	12,20	11,06	11,42
S2 V1 PE	13,54	13,79	13,27	13,09	13,42
S2 V2 PD	11,22	14,11	12,53	11,40	12,32
S2 V2 PE	13,97	14,43	14,10	13,73	14,06
S2 V3 PD	10,96	12,05	12,12	12,94	12,02
S2 V3 PE	14,30	14,59	14,67	13,54	14,28

Média: 11,55; DP: 0,61; DMS_{sem/solo}: 0,36; DMS_{vel}: 0,53.

Apêndice 33. Força média de tração por linha de semeadura (kN).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	1,63	1,82	1,82	1,62	1,72
S1 V1 PE	1,93	2,21	2,17	2,18	2,12
S1 V2 PD	1,59	1,78	1,69	2,01	1,77
S1 V2 PE	2,04	2,15	2,11	2,13	2,11
S1 V3 PD	1,71	1,65	1,86	1,74	1,74
S1 V3 PE	2,18	2,01	2,18	2,05	2,11
S2 V1 PD	2,17	2,48	2,39	2,36	2,35
S2 V1 PE	2,94	2,96	2,87	2,74	2,88
S2 V2 PD	2,13	2,48	2,46	2,22	2,32
S2 V2 PE	2,80	3,03	2,98	2,91	2,93
S2 V3 PD	2,13	2,47	2,30	2,52	2,36
S2 V3 PE	3,07	3,02	2,93	2,90	2,98

Média: 2,28; DP: 0,11; DMS_{sem/solo}: 0,07; DMS_{vel}: 0,10.

Apêndice 34. Força de tração requerida por profundidade do sulco (N.cm^{-1}).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	253,10	237,13	378,13	304,23	293,15
S1 V1 PE	261,15	326,57	334,94	366,18	322,21
S1 V2 PD	229,32	248,26	271,29	331,82	270,17
S1 V2 PE	255,96	289,73	315,54	284,33	286,39
S1 V3 PD	272,02	212,70	273,16	329,01	271,72
S1 V3 PE	308,66	295,04	286,23	326,49	304,11
S2 V1 PD	340,39	378,44	375,29	383,94	369,52
S2 V1 PE	344,30	387,70	417,09	339,47	372,14
S2 V2 PD	330,43	340,38	326,91	343,99	335,43
S2 V2 PE	255,25	323,66	345,51	339,21	315,91
S2 V3 PD	281,95	365,74	284,37	378,76	327,71
S2 V3 PE	303,96	343,47	334,57	357,08	334,77

Média: 314,85; DP: 39,33; $\text{DMS}_{\text{sem/solo}}$: 23,11; DMS_{vel} : 34,13.

Apêndice 35. Força de tração requerida por área de solo mobilizado (N.cm^{-2}).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	31,10	18,21	35,06	30,06	28,61
S1 V1 PE	29,82	27,28	30,20	32,02	29,83
S1 V2 PD	22,95	19,25	25,11	27,55	23,72
S1 V2 PE	20,44	20,81	28,17	23,95	23,34
S1 V3 PD	31,01	30,42	21,54	29,18	28,04
S1 V3 PE	29,05	25,08	30,16	26,06	27,59
S2 V1 PD	28,84	32,86	36,50	35,45	33,41
S2 V1 PE	30,32	46,07	37,80	31,53	36,43
S2 V2 PD	34,33	24,52	31,48	29,58	29,98
S2 V2 PE	21,09	24,54	25,76	27,74	24,78
S2 V3 PD	24,62	32,93	23,62	33,59	28,69
S2 V3 PE	22,46	27,05	29,70	34,64	28,46

Média: 28,57; DP: 4,50; $\text{DMS}_{\text{sem/solo}}$: 2,64; DMS_{vel} : 3,90.

Apêndice 36. Potência média na barra de tração (kW).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	8,38	9,12	8,80	8,11	8,60
S1 V1 PE	9,48	10,61	10,28	10,26	10,16
S1 V2 PD	15,00	15,83	15,89	18,48	16,30
S1 V2 PE	17,76	18,51	18,93	19,19	18,60
S1 V3 PD	19,91	18,91	20,94	19,66	19,86
S1 V3 PE	23,29	21,70	24,97	22,16	23,03
S2 V1 PD	10,22	11,95	11,54	11,68	11,35
S2 V1 PE	12,87	14,09	14,15	13,14	13,56
S2 V2 PD	18,96	21,31	21,65	19,51	20,36
S2 V2 PE	23,12	26,92	25,38	25,31	25,18
S2 V3 PD	23,03	26,70	24,84	26,87	25,36
S2 V3 PE	30,72	31,84	30,41	30,95	30,98

Média: 18,40; DP: 1,48; $\text{DMS}_{\text{sem/solo}}$: 0,87; DMS_{vel} : 1,29.

Apêndice 37. Potência máxima na barra de tração (kW).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	11,17	11,63	11,51	10,28	11,15
S1 V1 PE	12,62	13,14	13,20	12,61	12,89
S1 V2 PD	23,94	21,01	24,53	23,52	23,25
S1 V2 PE	24,59	25,18	24,56	24,44	24,69
S1 V3 PD	27,55	24,94	26,25	27,15	26,47
S1 V3 PE	29,65	27,07	32,70	29,37	29,70
S2 V1 PD	12,24	14,51	14,71	13,67	13,78
S2 V1 PE	14,80	16,43	16,37	15,69	15,82
S2 V2 PD	24,95	30,35	27,56	25,05	26,98
S2 V2 PE	28,89	32,09	30,01	29,85	30,21
S2 V3 PD	29,62	32,57	32,77	34,51	32,37
S2 V3 PE	35,77	38,41	38,09	36,11	37,10

Média: 23,70; DP: 1,40; DMS_{sem/solo}: 0,82; DMS_{vel}: 1,22.

Apêndice 38. Potência requerida por linha de semeadura (kW).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	2,10	2,28	2,20	2,03	2,15
S1 V1 PE	2,37	2,65	2,57	2,57	2,54
S1 V2 PD	3,75	3,96	3,97	4,62	4,08
S1 V2 PE	4,44	4,63	4,73	4,80	4,65
S1 V3 PD	4,98	4,73	5,23	4,91	4,96
S1 V3 PE	5,82	5,43	6,24	5,54	5,76
S2 V1 PD	2,56	2,99	2,88	2,92	2,84
S2 V1 PE	3,22	3,52	3,54	3,29	3,39
S2 V2 PD	4,74	5,33	5,41	4,88	5,09
S2 V2 PE	5,78	6,73	6,34	6,33	6,30
S2 V3 PD	5,76	6,68	6,21	6,72	6,34
S2 V3 PE	7,68	7,96	7,60	7,74	7,75

Média: 4,65; DP: 0,24; DMS_{sem/solo}: 0,14; DMS_{vel}: 0,21.

Apêndice 39. Potência requerida por profundidade do sulco (W.cm⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	324,81	297,08	458,48	380,70	365,27
S1 V1 PE	320,27	391,43	396,81	431,27	384,95
S1 V2 PD	539,53	551,68	638,27	763,64	623,28
S1 V2 PE	556,70	623,32	709,10	639,75	632,22
S1 V3 PD	790,00	607,97	769,79	927,17	773,73
S1 V3 PE	823,09	797,83	818,54	882,89	830,59
S2 V1 PD	400,91	456,22	452,44	474,60	446,04
S2 V1 PE	376,34	462,02	514,41	406,90	439,92
S2 V2 PD	734,74	732,29	719,20	756,31	735,64
S2 V2 PE	527,87	719,70	735,64	737,79	680,25
S2 V3 PD	762,45	989,02	768,97	1010,03	882,62
S2 V3 PE	760,32	904,46	868,96	952,21	871,49

Média: 638,83; DP: 67,46; DMS_{sem/solo}: 39,65; DMS_{vel}: 58,55.

Apêndice 40. Potência requerida por área de solo mobilizado ($W.cm^{-2}$).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	39,92	22,81	42,52	37,61	35,72
S1 V1 PE	36,58	32,70	35,78	37,71	35,69
S1 V2 PD	54,00	42,77	59,07	63,39	54,81
S1 V2 PE	44,46	44,76	63,31	53,90	51,61
S1 V3 PD	90,05	86,96	60,70	82,23	79,99
S1 V3 PE	77,48	67,81	86,24	70,47	75,50
S2 V1 PD	33,96	39,61	44,01	43,82	40,35
S2 V1 PE	33,14	54,90	46,62	37,79	43,11
S2 V2 PD	76,34	52,76	69,26	65,04	65,85
S2 V2 PE	43,62	54,57	54,85	60,33	53,34
S2 V3 PD	66,59	89,05	63,87	89,56	77,27
S2 V3 PE	56,19	71,23	77,14	92,37	74,23

Média: 57,29; DP: 9,74; $DMS_{sem/solo}$: 5,72; DMS_{vel} : 8,45.

Apêndice 41. Consumo horário de combustível ($L.h^{-1}$).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	11,19	12,11	13,64	10,56	11,88
S1 V1 PE	12,26	14,01	14,06	16,26	14,15
S1 V2 PD	13,78	14,60	13,35	17,00	14,68
S1 V2 PE	16,45	15,28	14,57	15,98	15,57
S1 V3 PD	13,59	13,75	16,50	14,70	14,64
S1 V3 PE	16,80	15,58	15,96	15,81	16,04
S2 V1 PD	8,85	10,10	10,09	10,12	9,79
S2 V1 PE	9,75	11,14	10,78	10,56	10,56
S2 V2 PD	11,82	12,97	13,44	12,66	12,72
S2 V2 PE	13,93	14,61	14,95	14,29	14,45
S2 V3 PD	13,87	14,83	12,91	14,88	14,12
S2 V3 PE	15,56	15,58	15,90	15,84	15,72

Média: 13,69; DP: 0,97; $DMS_{sem/solo}$: 0,57; DMS_{vel} : 0,84.

Apêndice 42. Percentual de espaçamentos normais entre plantas (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	78,76	87,29	85,02	71,67	80,69
S1 V1 PE	75,37	91,08	82,19	82,76	82,85
S1 V2 PD	68,22	62,48	66,01	70,06	66,69
S1 V2 PE	72,19	65,78	61,77	64,81	66,14
S1 V3 PD	72,09	67,35	49,58	71,18	65,05
S1 V3 PE	58,44	56,73	61,15	66,05	60,59
S2 V1 PD	74,98	56,96	72,99	63,07	67,00
S2 V1 PE	77,36	67,00	67,47	71,98	70,95
S2 V2 PD	54,09	49,09	41,05	55,37	49,90
S2 V2 PE	59,22	47,98	51,48	57,83	54,13
S2 V3 PD	45,95	55,80	28,15	52,29	45,55
S2 V3 PE	51,25	58,93	58,65	66,78	58,90

Média: 64,04; DP: 6,91; $DMS_{sem/solo}$: 4,06; DMS_{vel} : 5,99.

Apêndice 43. Percentual de espaçamentos múltiplos entre plantas (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	6,38	3,13	7,44	10,46	6,85
S1 V1 PE	13,88	2,94	9,69	5,26	7,94
S1 V2 PD	9,26	11,26	10,05	11,51	10,52
S1 V2 PE	15,18	14,71	16,67	13,17	14,93
S1 V3 PD	6,26	15,41	24,89	7,50	13,52
S1 V3 PE	12,79	17,81	17,81	12,43	15,21
S2 V1 PD	4,91	13,15	6,25	5,49	7,45
S2 V1 PE	1,92	5,38	5,12	9,79	5,55
S2 V2 PD	15,25	8,04	11,56	14,78	12,41
S2 V2 PE	15,85	12,26	14,08	9,64	12,96
S2 V3 PD	21,90	15,85	25,26	14,13	19,29
S2 V3 PE	20,03	12,50	13,19	11,98	14,43

Média: 11,75; DP: 4,08; DMS_{sem/solo}: 2,40; DMS_{vel}: 3,54.

Apêndice 44. Percentual de espaçamentos falhos entre plantas (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	14,86	9,58	7,54	17,87	12,46
S1 V1 PE	10,75	5,97	8,13	11,97	9,21
S1 V2 PD	22,51	26,26	23,94	18,43	22,79
S1 V2 PE	12,63	19,51	21,56	22,02	18,93
S1 V3 PD	21,65	17,25	25,53	21,31	21,44
S1 V3 PE	28,76	25,46	21,04	21,53	24,20
S2 V1 PD	20,11	29,88	20,76	31,43	25,55
S2 V1 PE	20,71	27,63	27,41	18,23	23,50
S2 V2 PD	30,65	42,87	47,39	29,84	37,69
S2 V2 PE	24,93	39,76	34,43	32,53	32,91
S2 V3 PD	32,14	28,35	46,59	33,59	35,17
S2 V3 PE	28,72	28,57	28,16	21,24	26,67

Média: 24,21; DP: 5,22; DMS_{sem/solo}: 3,07; DMS_{vel}: 4,53.

Apêndice 45. Índice de enchimento de orifícios do disco dosador de sementes (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	98,09	100,21	99,79	100,85	99,74
S1 V1 PE	96,81	98,30	99,79	98,94	98,46
S1 V2 PD	96,17	96,38	97,45	96,60	96,65
S1 V2 PE	94,47	92,13	96,60	97,45	95,16
S1 V3 PD	90,64	91,70	92,55	92,98	91,97
S1 V3 PE	95,74	98,94	95,53	96,60	96,70
S2 V1 PD	84,50	85,95	87,40	88,22	86,52
S2 V1 PE	84,30	86,16	84,71	87,40	85,64
S2 V2 PD	88,22	87,81	85,12	91,53	88,17
S2 V2 PE	85,33	87,81	86,16	89,67	87,24
S2 V3 PD	84,92	83,06	85,12	83,47	84,14
S2 V3 PE	89,67	92,15	95,87	90,70	92,10

Média: 91,87; DP: 1,56; DMS_{sem/solo}: 0,91; DMS_{vel}: 1,35.

Apêndice 46. Distribuição de fertilizante (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	250,47	257,59	218,08	217,29	235,86
S1 V1 PE	209,39	240,20	218,08	217,29	221,24
S1 V2 PD	199,12	251,26	199,12	197,53	211,76
S1 V2 PE	205,44	229,14	216,50	214,13	216,30
S1 V3 PD	203,86	231,51	211,76	216,50	215,91
S1 V3 PE	203,86	229,93	218,87	214,92	216,90
S2 V1 PD	192,00	192,79	180,15	176,99	185,48
S2 V1 PE	164,35	210,97	180,15	180,94	184,10
S2 V2 PD	207,02	197,53	203,07	190,42	199,51
S2 V2 PE	164,35	188,84	180,15	191,21	181,14
S2 V3 PD	198,32	186,47	187,26	177,78	187,46
S2 V3 PE	194,37	189,63	199,12	197,53	195,16

Média: 204,23; DP: 11,68; DMS_{sem/solo}: 6,86; DMS_{vel}: 10,14.

Apêndice 47. Variação percentual da distribuição de fertilizantes (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	3,93	6,88	-9,51	-9,84	-2,14
S1 V1 PE	-13,12	-0,33	-9,51	-9,84	-8,20
S1 V2 PD	-17,38	4,26	-17,38	-18,04	-12,14
S1 V2 PE	-14,76	-4,92	-10,17	-11,15	-10,25
S1 V3 PD	-15,41	-3,94	-12,13	-10,17	-10,41
S1 V3 PE	-15,41	-4,59	-9,18	-10,82	-10,00
S2 V1 PD	-16,88	-16,54	-22,01	-23,38	-19,70
S2 V1 PE	-28,85	-8,67	-22,01	-21,67	-20,30
S2 V2 PD	-10,38	-14,49	-12,09	-17,57	-13,63
S2 V2 PE	-28,85	-18,25	-22,01	-17,22	-21,58
S2 V3 PD	-14,15	-19,28	-18,93	-23,04	-18,85
S2 V3 PE	-15,86	-17,91	-13,80	-14,49	-15,52

Média: -14,19; DP: 4,07; DMS_{sem/solo}: 2,39; DMS_{vel}: 3,53.

Apêndice 48. Danos totais causados às sementes (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	34,00	36,00	32,00	29,00	32,75
S1 V1 PE	39,00	32,00	30,00	30,00	32,75
S1 V2 PD	34,00	36,00	43,00	48,00	40,25
S1 V2 PE	39,00	31,00	46,00	38,00	38,50
S1 V3 PD	27,00	35,00	30,00	32,00	31,00
S1 V3 PE	37,00	35,00	43,00	35,00	37,50
S2 V1 PD	38,00	30,00	34,00	38,00	35,00
S2 V1 PE	30,00	32,00	26,00	50,00	34,50
S2 V2 PD	37,00	32,00	52,00	33,00	38,50
S2 V2 PE	30,00	30,00	28,00	35,00	30,75
S2 V3 PD	26,00	33,00	44,00	28,00	32,75
S2 V3 PE	32,00	29,00	38,00	30,00	32,25

Média: 37,71; DP: 5,72; DMS_{sem/solo}: 3,48; DMS_{vel}: 5,14.

Apêndice 49. Danos mecânicos causados às sementes (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	16,00	11,00	10,00	12,00	12,25
S1 V1 PE	13,00	12,00	12,00	13,00	12,50
S1 V2 PD	15,00	17,00	16,00	21,00	17,25
S1 V2 PE	11,00	9,00	24,00	14,00	14,50
S1 V3 PD	13,00	18,00	11,00	14,00	14,00
S1 V3 PE	15,00	15,00	16,00	16,00	15,50
S2 V1 PD	11,00	15,00	21,00	16,00	15,75
S2 V1 PE	11,00	13,00	13,00	21,00	14,50
S2 V2 PD	16,00	11,00	22,00	9,00	14,50
S2 V2 PE	13,00	13,00	11,00	14,00	12,75
S2 V3 PD	11,00	18,00	16,00	11,00	14,00
S2 V3 PE	8,00	11,00	17,00	12,00	12,00

Média: 14,13; DP: 3,65; DMS_{sem/solo}: 2,14; DMS_{vel}: 3,17.

Apêndice 50. Condutividade elétrica de sementes de milho ($\mu\text{mhos.g de sementes}^{-1}$).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	14,86	13,51	19,15	14,86	15,60
S1 V1 PE	16,09	14,38	12,40	13,50	14,09
S1 V2 PD	16,02	16,95	13,79	12,62	14,85
S1 V2 PE	15,90	16,36	17,89	14,62	16,19
S1 V3 PD	12,44	16,21	12,79	16,25	14,42
S1 V3 PE	11,34	18,94	12,29	15,68	14,56
S2 V1 PD	13,42	21,85	13,18	15,38	15,96
S2 V1 PE	14,00	14,82	13,30	17,63	14,94
S2 V2 PD	16,16	14,74	14,39	13,89	14,80
S2 V2 PE	16,18	14,10	16,71	12,98	14,99
S2 V3 PD	15,69	18,14	17,16	15,00	16,50
S2 V3 PE	14,55	15,17	13,09	15,94	14,69

Média: 15,00; DP: 1,66; DMS_{sem/solo}: 0,98; DMS_{vel}: 1,44.

Apêndice 51. Comprimento de plântulas de milho (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	8,27	9,02	11,70	8,94	9,48
S1 V1 PE	8,68	16,89	10,74	9,91	11,56
S1 V2 PD	9,00	10,32	9,62	8,63	9,39
S1 V2 PE	9,33	9,13	8,97	7,38	8,70
S1 V3 PD	7,35	9,63	7,75	10,57	8,83
S1 V3 PE	8,67	6,51	8,16	9,36	8,18
S2 V1 PD	9,67	7,75	8,11	10,17	8,93
S2 V1 PE	8,00	9,76	8,91	7,77	8,61
S2 V2 PD	10,20	10,59	7,97	9,93	9,67
S2 V2 PE	10,07	8,17	10,07	10,87	9,80
S2 V3 PD	8,07	6,16	8,91	9,67	8,20
S2 V3 PE	9,24	8,35	7,41	9,39	8,60

Média: 9,16; DP: 1,60; DMS_{sem/solo}: 0,94; DMS_{vel}: 1,39.

Apêndice 52. Comprimento de raízes de plântulas de milho (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	11,49	13,80	15,55	16,45	14,32
S1 V1 PE	12,21	9,62	14,01	12,70	12,14
S1 V2 PD	13,20	17,83	12,61	13,47	14,28
S1 V2 PE	14,60	11,80	14,98	12,35	13,43
S1 V3 PD	11,65	15,63	10,77	16,80	13,71
S1 V3 PE	15,36	9,36	14,27	11,38	12,59
S2 V1 PD	13,29	9,81	11,79	13,42	12,08
S2 V1 PE	12,31	17,56	11,41	10,51	12,95
S2 V2 PD	15,31	15,06	12,20	12,16	13,68
S2 V2 PE	14,01	14,88	14,69	17,05	15,16
S2 V3 PD	10,76	8,59	16,40	14,05	12,45
S2 V3 PE	15,07	10,82	10,10	14,83	12,71

Média: 13,29; DP: 2,48; DMS_{sem/solo}: 1,46; DMS_{vel}: 2,15.

Apêndice 53. Número médio de dias para emergência de plântulas de milho (dias).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	6,11	6,34	6,44	6,19	6,27
S1 V1 PE	6,15	6,17	6,17	6,12	6,15
S1 V2 PD	6,12	6,19	6,20	6,18	6,17
S1 V2 PE	6,24	6,25	6,06	6,22	6,19
S1 V3 PD	6,16	6,14	6,12	6,07	6,12
S1 V3 PE	6,23	6,13	6,13	6,20	6,17
S2 V1 PD	6,07	6,11	6,14	6,11	6,11
S2 V1 PE	6,09	6,14	6,14	6,07	6,11
S2 V2 PD	6,17	6,13	6,26	6,09	6,16
S2 V2 PE	6,18	6,08	6,22	6,16	6,16
S2 V3 PD	6,27	6,12	6,17	6,16	6,18
S2 V3 PE	6,29	6,17	6,00	6,20	6,17

Média: 6,16; DP: 0,08; DMS_{sem/solo}: 0,04; DMS_{vel}: 0,07.

Apêndice 54. Estande inicial de plantas de milho (plantas.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	68750	69792	75000	67708	70313
S1 V1 PE	72917	73958	70833	69792	71875
S1 V2 PD	60417	68750	67708	67708	66146
S1 V2 PE	75000	72917	69792	63542	70313
S1 V3 PD	68750	72917	71875	72917	71615
S1 V3 PE	62500	65625	70833	70833	67448
S2 V1 PD	63542	61458	62500	60417	61979
S2 V1 PE	61458	59375	60417	66667	61979
S2 V2 PD	65625	53125	57292	64583	60156
S2 V2 PE	66667	61458	63542	61458	63281
S2 V3 PD	65625	64583	58333	59375	61979
S2 V3 PE	59375	62500	61458	64583	61979

Média: 65755; DP: 3650; DMS_{sem/solo}: 2145,25; DMS_{vel}: 3168,29.

Apêndice 55. Estande final de plantas de milho (plantas.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	55625	59375	54375	55000	56094
S1 V1 PE	61875	50625	55000	60000	56875
S1 V2 PD	53750	56875	54375	54375	54844
S1 V2 PE	51250	55000	51250	57500	53750
S1 V3 PD	58750	57500	56875	58125	57813
S1 V3 PE	57500	58125	51250	48125	53750
S2 V1 PD	48750	52500	48125	56875	51563
S2 V1 PE	53750	43750	60000	49375	51719
S2 V2 PD	50625	51875	49375	55625	51875
S2 V2 PE	51875	55625	50000	52500	52500
S2 V3 PD	48750	50625	49375	46250	48750
S2 V3 PE	48125	56875	53750	46875	51406

Média: 53411; DP: 38760; DMS_{sem/solo}: 2277,66; DMS_{vel}: 3363,85.

Apêndice 56. Índice de sobrevivência de plantas de milho (%).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	80,91	85,07	72,50	81,23	79,93
S1 V1 PE	84,86	68,45	77,65	85,97	79,23
S1 V2 PD	88,97	82,73	80,31	80,31	83,08
S1 V2 PE	68,33	75,43	73,43	90,49	76,92
S1 V3 PD	85,45	78,86	79,13	79,71	80,79
S1 V3 PE	92,00	88,57	72,35	67,94	80,22
S2 V1 PD	76,72	85,42	77,00	94,14	83,32
S2 V1 PE	87,46	73,68	99,31	74,06	83,63
S2 V2 PD	77,14	97,65	86,18	86,13	86,78
S2 V2 PE	77,81	90,51	78,69	85,42	83,11
S2 V3 PD	74,29	78,39	84,64	77,89	78,80
S2 V3 PE	81,05	91,00	87,46	72,58	83,02

Média: 81,61; DP: 8,24; DMS_{sem/solo}: 4,84; DMS_{vel}: 7,15.

Apêndice 57. Diâmetro do colmo de plantas de milho (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	2,25	2,37	2,32	2,50	2,36
S1 V1 PE	2,44	2,34	2,44	2,26	2,37
S1 V2 PD	2,59	2,44	2,36	2,42	2,45
S1 V2 PE	2,31	2,31	2,29	2,19	2,28
S1 V3 PD	2,21	2,18	2,53	2,37	2,32
S1 V3 PE	2,33	2,60	2,24	2,41	2,40
S2 V1 PD	2,05	2,55	2,38	2,33	2,33
S2 V1 PE	2,33	2,47	2,40	2,63	2,46
S2 V2 PD	2,30	2,75	2,48	2,49	2,51
S2 V2 PE	2,51	2,42	2,41	2,29	2,41
S2 V3 PD	2,40	2,38	2,23	2,55	2,39
S2 V3 PE	2,77	2,60	2,49	2,33	2,55

Média: 2,40; DP: 0,14; DMS_{sem/solo}: 0,08; DMS_{vel}: 0,12.

Apêndice 58. Altura de inserção da primeira espiga de plantas de milho (m).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	1,74	1,49	1,43	1,79	1,61
S1 V1 PE	1,52	1,55	1,74	1,58	1,60
S1 V2 PD	1,42	1,73	1,66	1,73	1,64
S1 V2 PE	1,57	1,67	1,43	1,75	1,61
S1 V3 PD	1,43	1,61	1,62	1,62	1,57
S1 V3 PE	1,62	1,51	1,56	1,52	1,55
S2 V1 PD	1,58	1,51	1,53	1,74	1,59
S2 V1 PE	1,51	1,35	1,57	1,68	1,53
S2 V2 PD	1,62	1,60	1,65	1,67	1,64
S2 V2 PE	1,50	1,47	1,62	1,57	1,54
S2 V3 PD	1,67	1,61	1,37	1,85	1,63
S2 V3 PE	1,57	1,39	1,54	1,52	1,51

Média: 1,58; DP: 0,11; DMS_{sem/solo}: 0,07; DMS_{vel}: 0,10.

Apêndice 59. Altura das plantas de milho (m).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	2,72	2,37	2,46	2,76	2,58
S1 V1 PE	2,29	2,49	2,83	2,41	2,51
S1 V2 PD	2,51	2,46	2,49	2,54	2,50
S1 V2 PE	2,46	2,65	2,41	2,71	2,56
S1 V3 PD	2,30	2,44	2,72	2,81	2,57
S1 V3 PE	2,68	2,42	2,66	2,61	2,59
S2 V1 PD	2,40	2,54	2,52	2,70	2,54
S2 V1 PE	2,49	2,39	2,39	2,60	2,47
S2 V2 PD	2,20	2,45	2,63	2,66	2,49
S2 V2 PE	2,53	2,47	2,64	2,62	2,57
S2 V3 PD	2,55	2,52	2,09	2,76	2,48
S2 V3 PE	2,69	2,42	2,55	2,62	2,57

Média: 2,53; DP: 0,16; DMS_{sem/solo}: 0,09; DMS_{vel}: 0,14.

Apêndice 60. Produtividade de grãos de milho (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
S1 V1 PD	7511,61	5872,40	5050,33	5715,84	6037,55
S1 V1 PE	6764,50	6249,07	5970,71	5523,16	6126,86
S1 V2 PD	6798,76	6472,26	6446,44	5079,06	6199,13
S1 V2 PE	5788,89	6161,09	6280,52	6326,71	6139,30
S1 V3 PD	6535,03	6882,36	7070,60	7810,41	7074,60
S1 V3 PE	5357,41	6947,86	6553,64	4516,66	5843,89
S2 V1 PD	5563,07	6854,61	6212,66	6097,53	6181,97
S2 V1 PE	6256,48	5749,62	7418,48	7036,49	6615,27
S2 V2 PD	6136,95	7700,02	4979,47	7339,31	6538,94
S2 V2 PE	7099,06	7567,00	6083,28	7580,34	7082,42
S2 V3 PD	5815,28	7655,06	6018,75	5124,58	6153,42
S2 V3 PE	6678,47	8223,09	7008,15	5785,05	6923,69

Média: 6455,92; DP: 829,73; DMS_{sem/solo}: 487,63; DMS_{vel}: 720,17.