

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

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE SEMEADORA EM FUNÇÃO
DE MECANISMOS DE CORTE, VELOCIDADE E SOLOS, NO
SISTEMA PLANTIO DIRETO DO MILHO**

DENISE MAHL

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

BOTUCATU - SP

Junho - 2006

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

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE SEMEADORA EM FUNÇÃO
DE MECANISMOS DE CORTE, VELOCIDADE E SOLOS, NO
SISTEMA PLANTIO DIRETO DO MILHO**

DENISE MAHL

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

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

BOTUCATU - SP

Junho - 2006

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

M214d Mahl, Denise, 1976-
Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho / Denise Mahl. - Botucatu : [s.n.], 2006.
xiii , 143 f. : il. color., gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Carlos Antonio Gamero
Co-Orientador: Sérgio Hugo Benez
Inclui bibliografia.

1. Milho. 2. Plantio direto. 3. Cobertura morta. 4. Velocidade. 5. Semeadura - Qualidade. I. Gamero, Carlos Antonio. II. Benez, Sérgio Hugo. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESEMPENHO OPERACIONAL DE SEMEADORA EM FUNÇÃO DE
MECANISMOS DE CORTE, VELOCIDADE E SOLOS, NO SISTE-
MA PLANTIO DIRETO DO MILHO"

ALUNA: DENISE MAHL

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO HUGO BENEZ

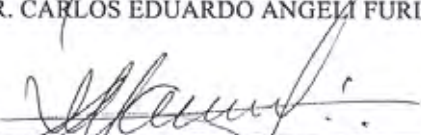
Aprovado pela Comissão Examinadora



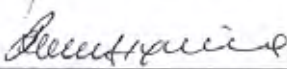
PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



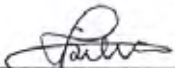
PROF. DR. CARLOS EDUARDO ANGEL FURLANI



PROF. DR. ANTONIO JOSÉ DA SILVA MACIEL



DR. RUBENS SIQUEIRA



DR. JOSÉ GERARDO DA SILVA

Data da Realização: 02 de junho de 2006

*“Ando devagar porque já tive pressa
Levo esse sorriso porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco eu sei, eu nada sei...”*

*Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si carrega o dom de ser capaz, de ser feliz...”*

(Almir Sater e Renato Teixeira)

Para

Romeu e Terezinha Mahl, meu pais

Dedico

Para

Lenir e Ilson Mahl, meus irmãos

Gabriel Mahl, meu sobrinho

Ofereço

AGRADECIMENTOS

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

À Faculdade de Ciências Agronômicas 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.

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e ao Programa PDDE-CAPES (Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior) por acreditar e financiar o Estágio de Doutorado no Exterior.

À ETSIA/UPM - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid na Espanha e ao Departamento de Ingeniería Rural pela receptividade e oportunidade de realizar o estágio de doutorado no exterior.

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

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, pelas constantes orientações, ensinamentos e apoio incondicional.

À Prof^a. Pilar Linares pela orientação nas atividades realizadas na ETSIA/UPM - Espanha, pela acolhida, confiança, amizade e ensinamentos constantes que tornaram o estágio no exterior muito valioso e agradável.

Aos professores da ETSIA/UPM - Espanha, Heliodoro Catalán, Luiz Márquez, e Manolo Camps pelas oportunidades de aprendizado, amizade e estímulo.

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

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo A. Furlani, pelas sugestões e incentivo constante durante a realização do curso.

Ao Prof. Ângelo Catâneo pelo auxílio nas análises estatísticas.

À empresa Marchesan em nome de João Marchesan, pelo empréstimo

da semeadora-adubadora e dos componentes de corte e abertura de sulco.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental Lageado e Fazenda Experimental São Manuel, em especial à Mário de Oliveira Munhoz, Nilton Aparecido de Moraes, Marcos José Gonçalves, Manuel Lopes dos Santos, Luciano Alvez, Aparecido Bessa Pavan, Acássio Tavares, Antônio Carlos Pascotto, Antônio Bernardo, e, aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, especialmente à Pedro Alves, Rosangela C. Moreci, Maury Torres da Silva, Gilberto Winckler, Silvio Scolastici, Rita de Cássia M. Gomes e demais funcionários, pela cooperação e empenho nas diversas etapas do trabalho.

Às funcionárias da Seção de Pós Graduação e aos funcionários da Biblioteca Paulo de Carvalho Mattos da FCA/UNESP pelos serviços prestados.

À Francisca Alcivânia de M. Silva e Reginaldo B. da Silva pela amizade, convivência e incentivo em todas as fases deste trabalho e, pelo estímulo e apoio para realizar o Estágio de Doutorado no Exterior.

Aos amigos e companheiros de trabalho Élcio H. Yano e Paulo R. Arbex Silva, pela amizade, sugestões e auxílio na condução deste projeto.

Aos colegas e estagiários do Grupo de Plantio Direto: Fernando Alves dos Santos, Fernando T. Mello, Tainá B. Sipos, Ana E. Olivas, Mirian C. Santos, Érick V. Bertolini, José Guilherme L. Rodrigues, André S. Seki, Jairo C. Fernandez, pela amizade, empenho e colaboração na execução deste trabalho.

Às amigas Flávia A. Marcelino, Maria Magdalena F. Ribas, Joseane Amadeu e Elaine Kronbauer, 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.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 A cultura do milho	7
4.2 Características e requisitos do sistema plantio direto	8
4.3 Semeadoras-adubadoras de precisão para semeadura direta	12
4.4 Qualidade de semeadura e principais fatores que a influenciam	13
4.4.1 Velocidade de deslocamento	14
4.4.2 Tipos e condições do solo.....	16
4.4.3 Mecanismos de corte da vegetação.....	17
4.4.4 Mecanismos de abertura de sulco.....	20
4.4.5 Mecanismos de dosagem e distribuição, de cobertura e compactação de sementes das semeadoras-adubadoras	23
4.5 Parâmetros para avaliação das semeadoras-adubadoras.....	25
4.5.1 Distribuição de sementes e fertilizantes	26
4.5.2 Demandas energética e operacional	29
4.5.3 Mobilização e cobertura do solo.....	33
4.5.4 Emergência de plântulas, desenvolvimento e produtividade do milho	35
5 MATERIAL E MÉTODOS	37
5.1 Material.....	37
5.1.1 Área experimental.....	37
5.1.2 Caracterização dos solos.....	38
5.1.3 Dados climatológicos	40
5.1.4 Equipamentos e insumos agrícolas.....	41
5.1.4.1 Tratores e máquinas agrícolas.....	41

5.1.4.1.1	Tratores.....	41
5.1.4.1.2	Máquinas agrícolas.....	42
5.1.4.2	Insumos agrícolas	43
5.1.4.2.1	Sementes.....	43
5.1.4.2.2	Fertilizantes	44
5.1.4.2.3	Defensivos agrícolas.....	44
5.1.5	Material e equipamentos para coleta de amostras de parâmetros de caracterização do solo.....	45
5.1.5.1	Determinação do teor de água e densidade do solo	45
5.1.5.2	Determinação da matéria seca da cobertura vegetal.....	46
5.1.5.3	Determinação da resistência do solo à penetração.....	46
5.1.6	Material e equipamentos para coleta de dados de parâmetros de avaliação.....	46
5.1.6.1	Sistema eletrônico de aquisição de dados.....	46
5.1.6.2	Determinação da profundidade de deposição de sementes.....	47
5.1.6.3	Determinação da área de solo mobilizado e profundidade do sulco de semeadura	47
5.1.6.4	Determinação da porcentagem de cobertura do solo	47
5.1.6.5	Determinação do consumo horário de combustível.....	48
5.1.6.6	Determinação da patinagem dos rodados do trator e deslizamento dos rodados da semeadora-adubadora.....	48
5.1.6.7	Determinação da força de tração na barra	48
5.1.6.8	Determinação da distribuição longitudinal de plantas.....	48
5.1.6.9	Determinação da produtividade de grãos.....	49
5.2	Métodos	49
5.2.1	Delineamento experimental	49
5.2.2	Descrição dos tratamentos	49
5.2.3	Instalação e condução do experimento	52
5.2.4	Cronograma de condução dos experimentos	53
5.2.5	Métodos de determinação dos parâmetros de caracterização do solo	55
5.2.5.1	Teor de água e densidade do solo	55
5.2.5.2	Matéria seca da cobertura vegetal.....	56

5.2.5.3	Resistência do solo à penetração	56
5.2.5.4	Outras determinações.....	57
5.2.6	Métodos de determinação dos parâmetros de avaliação.....	57
5.2.6.1	Sistema eletrônico de aquisição de dados.....	57
5.2.6.2	Velocidade de deslocamento	58
5.2.6.3	Profundidade de deposição de sementes.....	58
5.2.6.4	Área de solo mobilizado	59
5.2.6.5	Profundidade do sulco de semeadura.....	59
5.2.6.6	Porcentagem de manutenção de cobertura do solo	60
5.2.6.7	Porcentagem de sementes expostas	60
5.2.6.8	Capacidade de campo efetiva	61
5.2.6.9	Patinagem dos rodados do trator e deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora	61
5.2.6.10	Consumo horário de combustível	62
5.2.6.11	Consumo operacional de combustível	63
5.2.6.12	Força média de tração na barra	63
5.2.6.13	Força máxima de tração na barra.....	64
5.2.6.14	Força média requerida por profundidade do sulco	64
5.2.6.15	Potência média requerida na barra de tração do trator.....	64
5.2.6.16	Potência máxima requerida na barra de tração do trator	65
5.2.6.17	Potência média requerida por profundidade do sulco.....	65
5.2.6.18	Distribuição longitudinal de plântulas	66
5.2.6.19	Número médio de dias para emergência de plântulas.....	67
5.2.6.20	Estande inicial e final de plantas.....	68
5.2.6.21	Índice de sobrevivência	68
5.2.6.22	Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas e índice de espigas	69
5.2.6.23	Produtividade de grãos.....	69
5.2.7	Análise estatística dos dados	70
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
6.1	Velocidade de deslocamento e capacidade de campo efetiva	72

6.2	Patinagem dos rodados do trator e deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora	73
6.3	Profundidades do sulco e de deposição das sementes e área de solo mobilizado	77
6.4	Porcentagem de sementes expostas, porcentagem de manutenção de cobertura do solo e número médio de dias para emergência de plântulas	80
6.5	Demanda de força de tração e potência na barra	85
6.6	Consumo horário e operacional de combustível	91
6.7	Distribuição longitudinal de plântulas	93
6.8	Estande inicial, estande final e índice de sobrevivência de plantas	99
6.9	Diâmetro do colmo, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e índice de espigas	104
6.10	Produtividade da cultura	107
7	CONCLUSÕES	110
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	APÊNDICE	124

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Distribuição granulométrica do solo nas duas áreas experimentais.	39
2. Análise química do solo antes da instalação dos experimentos.	39
3. Descrição dos fatores e dos tratamentos estudados.	50
4. Cronograma de atividades desenvolvidas para a execução do experimento na área experimental de São Manuel.	53
5. Cronograma de atividades desenvolvidas para a execução do experimento na área experimental de Botucatu.	54
6. Velocidade de deslocamento - VEL e capacidade de campo efetiva - CCE, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	73
7. Patinagens das rodas traseiras direita - RTD e esquerda - RTE do trator, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	74
8. Deslizamentos das rodas da semeadora-adubadora direita - RSD e esquerda - RSE em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	75
9. Profundidades do sulco - P_{SULCO} e de deposição de sementes - P_{SEM} e área de solo mobilizado - AR_{MOB} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	77
10. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável profundidade do sulco (cm) no experimento de Botucatu.	78
11. Porcentagem de sementes expostas - PSE, porcentagem de manutenção de cobertura do solo - PMC e número médio de dias para a emergência de plântulas - NMDE, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	81
12. Interação entre os fatores sulcador e disco de corte para a variável porcentagem de manutenção de cobertura do solo (%) no experimento de São Manuel.	82
13. Força de tração média - F_{MED} , força de tração máxima - F_{MAX} e força de tração específica - F_{ESP} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	86
14. Demanda de potência média - P_{MED} , potência máxima - P_{MAX} e potência específica - P_{ESP} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	86

15. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável força de tração específica (kN.cm^{-1}) no experimento de Botucatu.	88
16. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável demanda de potência média (kW) no experimento de Botucatu.	88
17. Interação entre os fatores velocidade e disco de corte para a variável força de tração máxima (kN) no experimento de Botucatu.	89
18. Interação entre os fatores velocidade e disco de corte para a variável demanda de potência máxima (kW) no experimento de Botucatu.	90
19. Consumo horário de combustível - CHC e consumo operacional de combustível - COC, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	91
20. Porcentagem de espaçamentos entre plântulas normais - PE_{NORMAIS} , múltiplos - $PE_{\text{MÚLTIPLOS}}$ e falhos - PE_{FALHOS} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	94
21. Coeficiente geral de variação - CGV e índice de precisão - IP, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	94
22. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável porcentagem de espaçamentos múltiplos entre plântulas (%) no experimento de São Manuel.	98
23. Interação entre os fatores sulcador e disco de corte para a porcentagem de espaçamentos falhos entre plântulas (%) no experimento de São Manuel.	98
24. Estande inicial de plantas - E_{INICIAL} , estande final de plantas - E_{PLANTAS} e índice de sobrevivência de plantas - ISP, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	100
25. Interação entre os fatores sulcador e disco de corte para a variável estande final de plantas (plantas.ha^{-1}) no experimento de São Manuel.	102
26. Diâmetro do colmo - DC e altura das plantas - AL_{PLANTAS} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	105
27. Altura de inserção da primeira espiga - AL_{ESPIGAS} e índice de espigas - I_{ESPIGA} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	105
28. Produtividade de grãos da cultura do milho - PROD em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.	107

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Vista da área experimental de São Manuel (a) e de Botucatu (b) no momento da semeadura do milho.....	38
2. Resistência do solo à penetração (MPa) nos quatro blocos experimentais (B1, B2, B3 e B4) nas áreas de São Manuel (esquerda) e Botucatu (direita).	40
3. Dados totais mensais (out/2004 a jul/2005) de precipitação pluviométrica (mm) e médios de temperatura do ar (°C) nas áreas experimentais de São Manuel (esquerda) e Botucatu (direita). Fonte: Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP.....	40
4. Conjunto trator-semeadora-adubadora utilizado na semeadura da cultura do milho.	43
5. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade do sulco na linha de semeadura.	47
6. Mecanismos sulcadores para abertura de sulco para fertilizantes utilizados na semeadura dos experimentos. À esquerda sulcador do tipo disco duplo desencontrado e a direita do tipo haste.	50
7. Discos de corte da vegetação utilizados na semeadura dos experimentos. Da superior à inferior, disco liso, disco ondulado e disco recortado.	51
8. Esquema da disposição dos tratamentos e blocos no campo.	52
9. Comportamento das variáveis de regularidade de distribuição longitudinal de plântulas de milho com o aumento da velocidade de deslocamento.	97

1 RESUMO

O sucesso da semeadura direta está diretamente relacionado à seleção e à eficiência dos componentes das semeadoras-adubadoras, bem como da adequação da velocidade de deslocamento e das características do solo e da cobertura vegetal.

O presente trabalho, conduzido em condições de campo com a cultura do milho (*Zea mays* L.), teve como objetivo avaliar os desempenhos operacional e energético de uma semeadora-adubadora de plantio direto em dois tipos de solo com distintas vegetações e com diferentes velocidades de semeadura, elementos de corte e sulcadores. Os desempenhos foram avaliados por parâmetros de uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, profundidade de semeadura, área de solo mobilizado, patinagem dos rodados do trator, deslizamento das rodas da semeadora-adubadora, requerimento de força de tração e potência, consumo de combustível, emergência, desenvolvimento e produtividade da cultura.

Foram realizados dois experimentos sendo um conduzido em solo classificado como Nitossolo Vermelho distroférico recoberto com 7 t.ha⁻¹ de matéria seca proveniente de resíduos de milho, tremoço e plantas daninhas, na Fazenda Experimental Lageado, e, outro, em solo Latossolo Vermelho recoberto com 20 t.ha⁻¹ de matéria seca de resíduos de braquiária e de milho na Fazenda Experimental São Manuel.

Em ambos os experimentos o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e em arranjo fatorial 2x3x3, sendo os fatores dois mecanismos sulcadores de abertura de sulco para fertilizante (tipo disco duplo desencontrado e

haste), três velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora (5,5; 7,9 e 10,1 km.h⁻¹) e três mecanismos de corte da cobertura do solo (discos de corte do tipo liso, ondulado e recortado).

O solo e a cobertura vegetal interferiram no desempenho global da semeadora-adubadora e de seus componentes de corte e abertura de sulco. O experimento de São Manuel, em relação ao de Botucatu, proporcionou maiores valores de profundidade de semeadura, patinagem do rodado do trator, porcentagem de cobertura do solo, demanda de força de tração e potência, consumo horário e operacional de combustível, diâmetro do colmo e índice de espigas, e; menores de: profundidade do sulco do fertilizante, área de solo mobilizado, sementes expostas, número médio de dias para emergência de plântulas, estande final, índice de sobrevivência de plantas, altura de inserção de plantas e de espigas e produtividade de grãos.

O uso de diferentes discos de corte da vegetação, em ambos os experimentos, não interferiram sobre parâmetros de demanda energética e operacional, profundidade do sulco e de deposição das sementes, mobilização e cobertura do solo, número de sementes expostas, distribuição longitudinal de plântulas, estande inicial, índice de sobrevivência de plantas, diâmetro do colmo e índice de espigas.

Em solo de textura arenosa com vegetação de braquiária, haste e disco duplo defasado demandaram força de tração e potência por cm de profundidade do sulco semelhantes. O sulcador de hastes em solo argiloso demandou 15% a menos de potência por cm de abertura do sulco em relação ao sulcador de discos duplos desconstruídos.

O desempenho da semeadora quanto à regularidade de distribuição de sementes não foi influenciado pelas condições de solo e cobertura vegetal e, segundo Tourino e Klingenstein (1983) foi caracterizado como bom na velocidade de 5,5 km.h⁻¹ e regular nas velocidades de 7,7 e 10,1 km.h⁻¹.

Em solo de textura argilosa, a produtividade não foi afetada pelos sulcadores, velocidade de deslocamento e discos de corte e conseguiu compensar as irregularidades de distribuição das plantas e da redução do estande.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF A SEEDER IN FUNCTION OF CUT MECHANISMS, TRAVEL SPEED AND SOIL, IN CORN NO TILLAGE SYSTEM.

Botucatu, 2006. 143p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: DENISE MAHL

Adviser: CARLOS ANTONIO GAMERO

Co-Adviser: SÉRGIO HUGO BENEZ

2 SUMMARY

The success of no tillage system is directly related to the selection and efficiency of the seeders components as well as of the suitability of the forward speed and soil and vegetable covering characteristics.

This research was carried out in a corn (*Zea mays* L.) field aiming to evaluate the operational and energetic performance of a no-tillage seeder in two soil types with different vegetable covering and with different forward speeds, furrow opener and cut elements. The performance were evaluated through parameters of seeds longitudinal uniformity distribution, seeding depth, soil mobilized area, tractor and seeder tractive wheel slips, draw bar pull and power requirements, fuel consumption, plantules emergency, culture growing and productivity.

The experiments were carried out in two different farms. One at Lageado Experimental Farm, which the soil is classified as 'Nitossolo Vermelho distroférrico' covered with 7 t.ha⁻¹ of dry matter of corn, lupine and weed residues. The other experiment was carried out at São Manuel Experimental Farm, wich soil is classified as 'Latossolo Vermelho' covered with 20 t.ha⁻¹ of dry matter of *Brachiaria* spp and corn residues.

Both experiments designs were 2x3x3 factorial in randomized blocks with four replications. The factors examined were: two furrow opener mechanisms (double-disk and chisel opener); three tractor-seeder forward speeds (5.5; 7.9 and 10.1 km.h⁻¹); and three covering cut mechanisms (smoothly, fluted and notched cut disks).

The soil type and vegetable coverage interfered in the global seeder

performance and their cut and furrow opener components. Comparing with the experiment carried in Botucatu, the experiment carried in São Manuel provided larger values of: seeding depth, tractor wheel slip, percentage of soil covering, draw bar pull and power requirements, hourly and operational fuel consumption, straw diameter and index of corn-cob. On the other hand provided smaller values of: furrow depth, soil mobilized area, exposed seeds, average number of days for plantules to emerge, final stand, index of plants survival, plants and insert of spike height and corn productivity.

The use of different vegetation cut disks, in both experiments, didn't interfere on the following parameters: energetic and operational demand, furrow and seeds depth, mobilization and covering soil, exposed seeds, plantules longitudinal distribution, initial stand, index of plants survival, straw diameter and index of corn-cob.

In the sandy soil texture and coverage of *Brachiaria* spp, the chisel and double-disk opener obtained similar requirement of draw bar pull and power per centimeter of furrow depth. The chisel opener in loamy soil required 15% less power per centimeter of furrow depth in relation to the double-disk opener.

The seeder performance, regarding of seeds distribution regularity, was not influenced by the soil and vegetable covering condition. According to Tourino and Klingensteiner (1983) it was characterized as good at the speed of 5.5 km.h⁻¹ and regular at speeds of 7.7 and 10.1 km.h⁻¹.

In the loamy texture soil the corn productivity was not affected by the furrow openers, forward speed and cut covering disks and the plants compensated the irregularities of distribution and the stand reduction.

Keywords: no-tillage seeders, covering vegetable, furrow opener, cut mechanism.

3 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto, amplamente difundido e utilizado para produção de grãos no Brasil, preconiza o cultivo em terreno não preparado por arados e grades, cuja superfície se mantenha com considerável quantidade de resíduos vegetais, condição esta favorecida quando se adota um programa adequado de rotação de culturas. Num sistema plantio direto consolidado, fica evidente a redução do número de operações agrícolas, destacando-se basicamente eventuais aplicações de corretivos no solo e, para o ciclo de culturas anuais, as operações de semeadura/adubação, pulverização, colheita e dependendo do tipo de cobertura vegetal, alguma operação adicional de manejo desta.

Dentre as operações deste sistema, destaca-se a importância da realização da semeadura com qualidade a qual consiste em obter adequada dosagem e distribuição de sementes e fertilizantes, menor revolvimento do solo, melhor cobertura das sementes e do solo e melhor emergência de plântulas. Sendo a fase inicial do processo de estabelecimento das culturas, a ocorrência de falhas na semeadura, normalmente é detectada após a emergência das plântulas e, independentemente de sua causa, apresenta efeitos negativos que podem reduzir consideravelmente a produtividade das culturas.

A otimização da qualidade de semeadura depende, dentre outros fatores, da qualidade dos insumos agrícolas utilizados, das recomendações agronômicas, quanto à dosagens, época de semeadura, mas também, do desempenho das máquinas utilizadas nesta operação, ou seja, da adequada configuração e regulagem das semeadoras-adubadoras,

as quais devem ser eleitas e utilizadas de acordo com o tipo de solo, condições do terreno, cobertura vegetal existente, da velocidade adequada de semeadura, da eficiência do operador, entre outros fatores. Sem prejudicar a qualidade, busca-se sempre a otimização do desempenho operacional das semeadoras-adubadoras, de forma a proporcionar maior área trabalhada por unidade de tempo e menor demanda energética.

Para que as culturas possam atingir o potencial máximo de produtividade, é preciso, entre outros itens, que as semeadoras-adubadoras estejam reguladas de modo que as sementes e o fertilizante sejam distribuídos em quantidade, posição e profundidade adequadas; as sementes mantenham sua qualidade depois de passarem pelo mecanismo dosador; seus mecanismos distribuidores não sejam afetados pelas possíveis variações da velocidade de deslocamento, do microrelevo e da declividade do terreno.

Devido à diversidade de coberturas vegetais e a heterogeneidade dos solos comprovada pela variabilidade de parâmetros físicos, químicos e mineralógicos, associadas à difusão crescente do cultivo de milho em semeadura direta, torna-se evidente a necessidade de que as semeadoras-adubadoras desenvolvam seu trabalho eficientemente mediante as condições impostas. Desta forma, é imprescindível que estudos locais, em condições de solo e vegetação, utilizando-se máquinas comercializadas na região, sejam realizados de forma que possam auxiliar fabricantes a aperfeiçoarem suas máquinas e agricultores a otimizarem o rendimento destas, aumentando a produtividade das culturas.

Este trabalho parte do pressuposto de que é possível a implantação da cultura do milho no sistema plantio direto com bom estande de plantas e produtividade, independente da textura e vegetação do solo, mantendo-se a cobertura vegetal do solo, reduzindo assim riscos de erosão e, ao mesmo tempo, obtendo-se bons rendimentos operacionais com menor consumo de combustível.

Neste contexto, no intuito de associar parâmetros de desempenhos operacional e energético das máquinas com qualidade de semeadura, este trabalho teve como objetivo analisar configurações de uma semeadora-adubadora para semeadura direta de milho (*Zea mays* L.), em termos de mecanismos de corte da cobertura vegetal e de sulcadores adubadores, considerando sua utilização em distintas condições de solo e cobertura vegetal.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura do milho

Conforme dados do Agrianual (2006) o Brasil é responsável por 6,6% da produção mundial de grãos de milho, destacando-se como terceiro maior produtor mundial do cereal, com produção inferior apenas aos Estados Unidos e a China. De acordo com Corrêa et al. (2004), a produção brasileira de grãos de milho variou entre 30 e 40 milhões de toneladas nos últimos anos, sendo que no ano agrícola de 2003 a produção atingiu 47,4 milhões de toneladas. Segundo Cruz (2004) este incremento na produção se deve mais ao aumento da produtividade do que ao incremento da área cultivada e, também pelo maior cultivo do cereal no chamado período “safrinha” ou segunda safra a qual, de acordo com dados do Agrianual (2006), é responsável por aproximadamente 22% da produção.

Para a safra 2006, de acordo com Agrianual (2006), houve uma previsão da produção brasileira de grãos de milho de 41,3 milhões de toneladas e deste montante, o Estado de São Paulo contribuiria com aproximadamente 4,7 milhões de toneladas (11,3 % da produção nacional), destacando-se como terceiro Estado de maior produção do cereal, sendo que os Estados do Paraná e Minas Gerais destacam-se respectivamente como maior e segundo maior produtor contribuindo com 10,4 e 6,8 milhões de toneladas de grãos.

A área brasileira cultivada com milho variou nos últimos sete anos de

11,3 a 13,2 milhões de hectares. Para o ano agrícola de 2006, fez-se uma previsão de aproximadamente 13,1 milhões de hectares cultivados com milho. A região sudeste apresentou pequenas flutuações, sendo que no ano agrícola de 2005 foram cultivados aproximadamente 2,5 milhões de hectares e, deste montante, 43% no Estado de São Paulo, perdendo em área cultivada apenas para o estado de Minas Gerais. Comparado com períodos anteriores, houve aumento na produtividade média brasileira de grãos de milho, atingindo valores médios de 3,2 a 3,6 t.ha⁻¹. No Estado de São Paulo a produtividade da cultura do milho está em torno de 4,0 t.ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2006).

A cultura do milho, mesmo com produção menor nos últimos anos em relação ao ano de 2003 em que houve uma super safra, continua em destaque no cenário nacional de produção de grãos, pois, além de ser fundamental nos sistemas de produção agrícola contribuindo para melhoria das características do solo, possui relevante importância no agronegócio nacional com perspectivas promissoras à exportações. Sua produção também é estimulada pelo alto consumo do produto como fonte de alimentação para a criação de animais, com destaque para a avicultura, suinocultura e bovinocultura (CORRÊA et al., 2004).

De acordo com Mello Filho e 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 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, possuindo 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 plantio direto e a cultura do milho.

4.2 Características e requisitos do sistema 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, cinzeis e subsoladores. O autor relata ainda que no sistema plantio direto, apesar da operação executada ser a semeadura, foi convencionado pela Federação de Associações de Plantio Direto na Palha que o sistema seria denominado Plantio Direto, cujo termo é de uso popular.

Segundo Hernani e Salton (1997, p.54) “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 para a adoção do sistema plantio direto, cuidados especiais devem ser tomados, 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.

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

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 convencional. Ressaltaram que os principais fatores que reduzem o custo nesse sistema são a economia de adubação fosfatada, herbicidas, combustível e levantamento de terraços. Além destas, os autores enumeraram como vantagens do sistema plantio direto o 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 maiores com máquinas/implementos e semeadura, maior complexidade no controle de plantas daninhas, suscetibilidade das culturas à doenças e maior necessidade de gerenciamento.

Sob o aspecto de fertilidade do solo, Hernani e Salton (1997) afirmaram que a monocultura ou sucessão contínua de apenas algumas culturas, produzem desequilíbrios químicos no solo, causando a 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 e 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 e 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.

Araújo et al. (2001a) afirmaram que no sistema 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 (alelopático) sobre a emergência de espécies de plantas daninhas (HERNANI e SALTON, 1997).

Segundo Alvarenga et al. (2001) as plantas de cobertura devem oferecer pequena resistência aos componentes de corte das semeadoras-adubadoras de forma

que a operação de semeadura subsequente seja realizada sem dificuldades operacionais. Os autores afirmaram que a quantidade de 6 t.ha^{-1} de resíduos é adequada ao sistema 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 plantio direto em termos de produção de massa de cobertura.

Em relação ao manejo de plantas de cobertura ou de resíduos vegetais, deve-se atentar para a uniformidade de distribuição das restevras 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 no processo de decomposição, ressaltando que o uso de trituradores e roçadoras promovem maior fragmentação dos resíduos em relação ao uso de rolo-facas, permitindo com que a decomposição do material manejado por essas máquinas seja mais rápida.

Atualmente tem-se difundido o denominado “sistema integração agricultura-pecuária” e com mais ênfase “agricultura-pecuária em sistema plantio direto” a qual, segundo Broch et al. (2000), significa ter uma propriedade agrícola destinada à produção de grãos e carne simultaneamente, de forma programada, em que as atividades se beneficiem e por conseqüência beneficiem o solo e o proprietário. As culturas formadoras de pastagens, especialmente as braquiárias, produzem grande quantidade de resíduos (palha) desejáveis ao sistema plantio direto e, além deste benefício, a integração agricultura-pecuária funciona com um sistema de rotação de culturas beneficiando a agricultura. Este sistema também é utilizado para recuperar e/ou renovar pastagens degradadas.

De acordo com Cardoso (2001a) o uso de espécies de braquiária no sistema integração agricultura-pecuária apresenta, entre outros benefícios, melhoria na porosidade do solo, seqüestro de carbono, efeito alelopático e poder supressivo para vários fungos e ácaros, capacidade de reciclagem de nutrientes, efeito reestruturador do solo e

produção de grandes volumes de matéria seca, em torno de 17 a 18 toneladas por hectare quando associadas ao milho.

Para garantir uma boa qualidade de semeadura em solos cultivados com pastagens, Broch et al. (2000) afirmam que é de fundamental importância a seleção de componentes das semeadoras-adubadoras (combinações de discos de corte e sulcadores) para permitir a maior eficiência na distribuição de sementes e fertilizantes. Ressaltam que para cada tipo de solo e dependendo da textura, quantidade de resíduos vegetais, compactação e fertilidade, há uma configuração que melhor se adapte e proporcione melhor qualidade de semeadura.

De acordo com Scaléa (2000) em área de reforma de pastagens com o sistema plantio direto, principalmente nas áreas de pecuária extensiva na Região Oeste do Estado de São Paulo, a semeadura da cultura do milho apresenta vantagens imediatas em relação à soja por ser consumida na própria fazenda ou pela fácil comercialização do produto.

4.3 Semeadoras-adubadoras de precisão para semeadura direta

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1994), as semeadoras são classificadas, segundo a forma de distribuição de sementes, em semeadoras de precisão e semeadoras de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão são máquinas que distribuem as sementes no sulco de semeadura, uma a uma ou agrupadas, em 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, principalmente as sementes miúdas que requerem menores espaçamentos entre si.

A operação de 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 (PORTELLA et al., 1993).

De acordo com Derpsch et al. (1991) as semeadoras-adubadoras para plantio direto 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 regulação 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.

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

4.4 Qualidade de semeadura e principais fatores que a influenciam

Amado et al. (2005) afirmaram que a eficiência das semeadoras-adubadoras é avaliada pela qualidade e quantidade de trabalho que executam. A quantidade é obtida pela capacidade de trabalho por unidade de tempo e os fatores que interferem mais diretamente são a largura de trabalho e a velocidade de deslocamento. Por outro lado, a qualidade requer a obtenção de uma população de plantas de acordo com a densidade pré-estabelecida. Utilizaram como parâmetros de avaliação da qualidade de semeadura a manutenção da cobertura do solo, a profundidade de deposição de sementes, a uniformidade de emergência de plântulas e o espaçamento entre plantas.

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

De acordo com Márquez (2004) a qualidade de semeadura é obtida pela combinação de inúmeros fatores, dentre eles, da qualidade das sementes, do adequado preparo do sulco de semeadura, da cobertura das sementes e do contato com o solo e a água, da localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura, e, do espaçamento entre linhas.

Segundo Delafosse (1986) a qualidade de semeadura é comprometida à medida que se aumenta a velocidade de deslocamento e associa tal fato às características dos

sistemas de dosagem de sementes e fertilizantes, dos mecanismos sulcadores e das condições de preparo do solo. O autor afirmou que a qualidade de semeadura interfere no rendimento das culturas, seja por competição por água, nutriente e luz e relatou que a falta de precisão na semeadura pode reduzir significativamente a produtividade.

De acordo com 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.

No intuito de avaliar e melhorar a qualidade de trabalho e o desempenho de semeadoras-adubadoras de plantio direto, pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná desenvolveram trabalhos de avaliação destas máquinas considerando seu desempenho operacional, de demanda energética e morfológico. A qualidade de semeadura é obtida a partir do bom desempenho de todos os componentes (corte, sulcadores, compactadores, dosadores, distribuidores, entre outros) das máquinas frente à variações de velocidade e condições de solo (CASÃO JÚNIOR et al., 1998; ARAÚJO et al., 1999 e CASÃO JÚNIOR et al., 2000a).

4.4.1 Velocidade de deslocamento

Delafosse (1986) afirmou que a velocidade de deslocamento é um dos parâmetros que mais interfere no desempenho de semeadoras-adubadoras e, que a distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura, é afetada pela velocidade de deslocamento. Segundo Vieira e 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.

Justino (1998) avaliando a semeadura de milho, verificou que o aumento da velocidade de deslocamento (cinco níveis entre 4,90 e 7,80 km.h⁻¹) não interferiu na profundidade de semeadura, não alterou o funcionamento do mecanismo de corte e de abertura de sulco.

Silva et al. (2000) conduziram um trabalho, em solo com 12 anos de

cultivo no sistema plantio direto, 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. 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 de deslocamento 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.

Avaliando o efeito da velocidade na semeadura de milho, Fey e Santos (2000) observaram uma relação linear decrescente entre a velocidade de deslocamento 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 avaliados. Andersson (2001) também detectou redução na quantidade de sementes depositadas por metro no solo, com o aumento da velocidade de deslocamento.

Mello et al. (2005) avaliando dois cultivares de milho em três velocidades de deslocamento na operação de semeadura (5,4; 6,8 e 9,8 km.h⁻¹) verificaram que a força de tração na barra e o número médio de dias para emergência de plântulas de milho não foram influenciados pela velocidade. Por outro lado, o consumo de combustível por área trabalhada e o percentual de espaçamentos normais entre plantas diminuíram com o aumento da velocidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Mahl et al. (2005) quando avaliaram o efeito de cinco níveis de velocidade (entre 4,4 e 12,5 km.h⁻¹) na semeadura de tremoço. Os autores concluíram que o aumento da velocidade de deslocamento não interferiu na população inicial de plantas e, por outro lado, aumentou os índices de patinagem dos rodados do trator e permitiu aumentar em aproximadamente três vezes a capacidade operacional com incremento de 10% na demanda de força de tração e redução significativa no consumo de combustível por área semeada.

Amado et al. (2005) trabalhando com velocidades de deslocamento de 7, 8 e 9 km.h⁻¹ em solo franco arenoso na semeadura de milho, utilizando sulcadores de discos duplos espaçados de 52,5 cm, verificaram que a velocidade não interferiu na porcentagem de cobertura do solo. Por outro lado na maior velocidade ocorreu maior profundidade de

semeadura, menor índice de emergência de plântulas e maior espaçamento entre plantas. Em todos os parâmetros avaliados observaram que o coeficiente de variação das observações foi maior na velocidade de deslocamento mais elevada.

Casão Júnior et al. (2000c) avaliando uma semeadora-adubadora equipada com haste sulcadora em solo argiloso, observaram uma tendência de redução da profundidade do sulco de semeadura com o aumento da velocidade de deslocamento de 4,5 para 8,0 km.h⁻¹, embora esse aumento tenha provocado aumento da área de solo mobilizado. Por outro lado, nessas faixas de velocidade os autores obtiveram, respectivamente, 0,5 e 1,7% de sementes expostas na semeadura de milho, 69 e 47% de espaçamentos aceitáveis entre plantas, 9,2 e 8,6% de deslizamento das rodas acionadoras da semeadora-adubadora e, valores de força específica média de tração de 283,2 e 334,5 N.linha⁻¹.cm de profundidade⁻¹.

Na operação de semeadura de milho em solo argiloso, Mahl et al. (2004) utilizaram uma semeadora-adubadora de seis linhas espaçadas de 0,45 m, submetida a três velocidades de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km.h⁻¹) e verificaram que a variação da velocidade interferiu no desempenho do conjunto trator/semeadora com relação à demanda energética e capacidade de campo efetiva. O aumento da velocidade de deslocamento de 4,4 para 8,1 km h⁻¹ proporcionou aumento de 86% na capacidade operacional do conjunto, com incremento de 96% na demanda de potência na barra de tração e redução de 26% no consumo de combustível por área trabalhada. Nestas condições, os autores analisaram também a eficiência de distribuição de sementes. A maior velocidade proporcionou menor percentual de espaçamentos normais e aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, maior coeficiente de variação e pior índice de precisão. A melhor precisão na distribuição de sementes ocorreu na menor velocidade de deslocamento. A variação da velocidade de deslocamento não interferiu no estande inicial de plantas.

4.4.2 Tipos e condições do solo

Casão Júnior et al. (1999) afirmaram que o desempenho das semeadoras-adubadoras de plantio direto é determinado pelo tipo de solo, sendo uma importante informação 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, têm 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).

Soza et al. (2005) estudaram a eficiência de semeadura direta de soja em área de pastagem avaliando duas profundidades de semeadura (3,5 e 5,0 cm) e três alturas de corte da vegetação (10, 20 e 30 cm). Os autores verificaram que na maior profundidade houve menor número de plântulas emergidas e, por outro lado, em ambas as profundidades houve menor número de plântulas emergidas em parcelas cujos resíduos foram cortados mais superficialmente (10 cm). Os autores concluíram que a maior altura dos resíduos de pastagem associada à menor profundidade de semeadura, proporcionaram melhor desempenho na emergência de plântulas de soja, indicando que houve boas condições de cobertura e contato solo-semente, portanto, não sendo necessário maior mobilização de solo através do aumento da profundidade.

Endrerud (1999) estudando em caixas de solo o movimento vertical de dois elementos de corte (disco e enxada) em função do tamanho dos fragmentos dos resíduos vegetais (fragmentos menores, maiores e sem resíduos) na superfície do solo verificou que a profundidade de penetração da enxada não variou com o tipo de cobertura vegetal, mas, para o disco de corte, a profundidade de penetração foi reduzida com a presença de resíduos vegetais na superfície. A presença de fragmentos vegetais de menores dimensões resultou em menor penetração para o disco de corte e maior variação na profundidade de penetração do disco.

4.4.3 Mecanismos de corte da vegetação

A presença de resíduos vegetais, também denominada de palha, na superfície do solo, pressupõe a existência de mecanismos de corte nas semeadoras-adubadoras capazes de cortar este material na linha de semeadura proporcionando a abertura do sulco e

deposição do fertilizante e da semente com mobilização mínima dos resíduos, contribuindo para uma boa qualidade de semeadura. Esta função normalmente é desempenhada por discos de corte montados nas unidades de semeadura a frente dos sulcadores.

A eficiência de corte da vegetação está relacionada com as condições de solo, da própria vegetação e do elemento (disco) de corte da semeadora. A vegetação deve estar preferencialmente verde ou seca, pois quando se encontra murcha apresenta maior resistência ao corte e pode, em alguns casos, ser aprofundada no interior do sulco por ação do peso do disco de corte e, por consequência, a semente ficará depositada sobre a vegetação e não sobre o solo, dificultando sua germinação. No que se refere aos discos de corte, eles devem ser escolhidos de acordo com a vegetação, estarem afiados adequadamente e regulados no campo tanto na profundidade quanto na pressão das molas para garantir eficiência de corte (SIQUEIRA e CASÃO JÚNIOR, 2004).

De acordo com Portella (2001), os discos de corte podem ser encontrados em diferentes diâmetros e formatos. Quanto ao formato, os mais usuais são do tipo liso, estriado, corrugado, ondulado e recortado. Os discos lisos quando devidamente afiados cortam melhor os resíduos vegetais e requerem menor peso e pressão das molas para penetração no solo. Siqueira e Casão Júnior (2004) salientam que os discos estriados e corrugados possuem ranhuras/estrias no disco e borda lisa e afiada, proporcionando o aumento da aderência do disco ao solo e reduzindo seu deslizamento. Os ondulados apresentam maior superfície de contato, necessitam maior peso para penetração e, ao cortar o material, abrem sulcos mais largos mobilizando maior volume de solo.

Os modelos de discos de corte podem ser encontrados em diâmetros variáveis. Segundo Portella (2001) os discos de corte de menor diâmetro demandam menor peso para penetração no solo e, no entanto, tendem a apresentar maior deslizamento.

O corte deficiente da vegetação ou da palha acarretará em acúmulo de material nos sulcadores e, por consequência, problemas na deposição das sementes e fertilizantes. Dependendo da intensidade do acúmulo leva à ocorrência de embuchamentos, os quais apresentam, entre outros efeitos indesejáveis, a necessidade de constantes paradas da máquina reduzindo, por consequência, seu rendimento operacional, a ocorrência de deposição da palha em faixas que implicam em deficiência de germinação, falhas na cobertura da semente e maior infestação por plantas daninhas. Quando o acúmulo de resíduos atinge os

rodados da semeadora e, sendo estes fontes de acionamento dos mecanismos dosadores, provocam problemas ainda maiores, pois o rodado é arrastado e não transmite movimento aos dosadores, acarretando deficiência de nutrientes e falhas no estande de plantas (SIQUEIRA e CASÃO JÚNIOR, 2004).

De acordo com Dickey (1992) os discos de corte se destinam primeiramente para o corte dos resíduos vegetais e não para o preparo do solo, existindo quatro tipos de discos: liso, estriado, estriado com borda lisa e ondulado, devendo os mesmos atuarem a uma profundidade ligeiramente menor que àquela de deposição das sementes. O autor afirma que geralmente os discos estriados largos ou os ondulados aumentam a ação de preparo (mobilização do solo) do leito de semeadura, no entanto, requerem maior peso para penetração no solo (1780 a 2670 N por disco). Salienta que discos mais largos requerem menor velocidade de deslocamento e recomendam que os discos não ultrapassem à uma polegada de largura de corte. Ressalta que os mais usuais são os lisos e os estriados com bordas lisas.

Righes et al. (1990) avaliando distintas configurações de mecanismos de corte e de abertura de sulco concluíram que aquelas que utilizam discos duplos em relação às de hastes apresentaram redução na porcentagem de emergência de sementes de soja com o aumento da velocidade de deslocamento, atribuindo isto à redução da profundidade de semeadura. Comparando disco liso, corrugado, ondulado e facas rotativas, os autores verificaram que dentre os discos, os lisos proporcionaram menor volume de solo mobilizado e os ondulados maior. Por outro lado, afirmaram que as facas rotativas apresentaram desempenho satisfatório e, no entanto, demandaram maior consumo de energia seguidos em ordem decrescente pelos discos ondulados, corrugados e lisos.

Em condições de campo e de laboratório Munkholm et al. (2003) avaliaram por meio da resistência do solo à penetração e da densidade do solo na região próxima a semente, o efeito temporal (três anos consecutivos após o início da semeadura direta) e espacial de elementos de corte (disco simples e lâmina de corte). Os autores verificaram que, independentemente do elemento de corte, ocorre uma leve compactação na camada do solo abaixo da profundidade de semeadura. No entanto a lâmina proporcionou ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas e, por outro lado, o uso de disco de corte, tanto em campo quanto em laboratório, indicou um efeito direto de compactação no

sulco de semeadura. Ressaltam que há evidências que sugerem que eventualmente seja necessário um preparo vertical do solo abaixo da camada onde atuam os elementos de ataque ao solo das semeadoras-adubadoras.

4.4.4 Mecanismos de abertura de sulco

Na operação de semeadura devem ser abertos sulcos com largura e profundidade mínimas de forma a proporcionar economia de potência e, ao mesmo tempo, garantir a adequada deposição do fertilizante e das sementes e o bom desenvolvimento das plantas. A abertura de sulcos é realizada por sulcadores, dentre os quais os mais usuais são do tipo discos duplos e hastes sulcadoras. O desempenho dos sulcadores é afetado principalmente por seu projeto, pelas características e propriedades do solo, tais como textura, densidade e resistência do solo à penetração, pela quantidade de palha, pressão exercida pela semeadora-adubadora, profundidade e velocidade de deslocamento (SIQUEIRA e CASÃO JÚNIOR, 2004).

De acordo com Portella (2001), os discos duplos são compostos por dois discos planos, normalmente lisos e de diâmetros diferentes. Podem ser defasados (diâmetros diferentes montados no mesmo centro) ou desencontrados (diâmetros iguais montados em centros diferentes). Estes discos podem ser usados tanto para abertura de sulcos para a deposição do fertilizante quanto das sementes.

As hastes também denominadas de facas ou facões, segundo Siqueira e Casão Júnior (2004), são ferramentas planas com superfícies de formas variadas (reta, inclinada ou parabólica) que possuem em suas extremidades ponteiros cuja função é cortar e penetrar o solo, abrindo o sulco. Apresentam maior capacidade de penetração e maior variabilidade de profundidade em relação aos discos duplos. Normalmente são utilizadas apenas para abertura de sulco e deposição do fertilizante. O uso de hastes está condicionado ao uso de discos de corte frontal para evitar a ocorrência de embuchamentos e apresentam bom desempenho quando associadas ao uso de discos duplos para abertura do sulco para as sementes.

Os discos duplos e as hastes sulcadoras diferem, sobretudo, na energia

demandada. Os discos duplos requerem maior força vertical para penetração no solo com menor esforço de tração, ao passo que, as hastes exigem menor força vertical, no entanto, demandam maior força de tração (PORTELLA, 2001).

Siqueira et al. (2001) verificaram que a força de tração requerida varia muito entre os modelos de hastes. Comparando 13 modelos comerciais trabalhando a mesma profundidade, os autores encontraram variações de até 60%. Esta variação é função principalmente do projeto da haste, do ângulo de ataque da ponteira, do formato da haste e da largura da ponteira. Hastes com formato parabólico, ângulo de ataque em torno de 20 graus e espessura média da ponteira de 22 mm, proporcionaram redução de aproximadamente 50% na potência requerida de tração de uma semeadora-adubadora de plantio direto equipada com nove unidades de semeadura.

Devido à maior profundidade do sulco em relação aos discos duplos, as hastes mobilizam maior volume de solo e conseqüentemente demandam maior esforço de tração e potência dos tratores e, por conseqüência, maior consumo de combustível. Além disto, hastes com ponteiros mais largas abrem demasiadamente o sulco e reduzem significativamente a cobertura do solo, favorecendo as perdas de água por evaporação e o desenvolvimento de plantas daninhas. O teor de água adequado no solo, a seleção adequada da ponteira e a correta regulagem da profundidade de trabalho das hastes evitam mobilizações excessivas de solo (SIQUEIRA e CASÃO JÚNIOR, 2004).

Coelho (1998) avaliou cinco configurações de elementos sulcadores para abertura de sulco para fertilizante e para semente, sendo que os mesmos foram compostos de combinações entre discos duplos, discos duplos defasados, disco simples angulado e faca (haste) sulcadora (com e sem ponteira), sendo um tratamento sem a utilização de disco de corte. O autor concluiu que: em termos de cobertura do solo não houve variação significativa entre os sulcadores estudados; os sulcadores compostos por discos foram os que apresentaram menor área do sulco, que os tratamentos com faca sulcadora para adubação exigiram maior força de tração e revolveram o solo com mais intensidade; a configuração de disco duplo para sementes e para fertilizantes associado ao uso de disco de corte foi a que proporcionou menor mobilização do solo.

Na semeadura de milho com diferentes profundidades da haste sulcadora, utilizando uma semeadora-adubadora de seis linhas, espaçadas de 0,45 m, Silva

(2003) verificou que em solo argiloso, a área de solo mobilizada, a demanda de força de tração e o consumo horário de combustível aumentaram significativamente com o aumento da profundidade de trabalho da haste. Por outro lado, maiores porcentagens de cobertura vegetal do solo foram obtidas com a profundidade mais superficial de atuação da haste sulcadora. A profundidade de deposição das sementes foi obtida dentro de uma faixa de variação aceitável.

Comparando-se também a demanda de força de tração de hastes sulcadoras com discos duplos, para a mesma configuração da máquina, Silva (2003) obteve em média 308 N por linha de semeadura usando o sulcador de haste e 143 N para discos duplos desencontrados. O autor afirma que a utilização de hastes à maiores profundidades somente se justifica em caso de solos argilosos com camada superficial compactada.

Siqueira e Casão Júnior (2004) afirmam que em regiões com solos de textura argilosa, tem-se intensificado o uso de hastes como uma alternativa para romper a compactação superficial do solo, que é considerado um fator de restrição para a expansão do sistema plantio direto. Por outro lado, neste tipo de solos, a realização de semeadura com uso de discos duplos apresenta riscos, pois devido à grande resistência do solo, podem não aprofundar o suficiente e as sementes são depositadas mais superficialmente e às vezes muito próximas do fertilizante. Os autores salientam que as hastes de semeadoras-adubadoras são projetadas para abrir sulcos de baixa profundidade, isto é, não foram desenvolvidas para romper camadas compactadas a profundidades maiores de 15 cm.

Righes et al. (1990) estudaram sulcadores de cinzel, disco duplo, disco duplo defasado, facas rotativas e facão (haste) e concluíram que: os do tipo cinzel apresentaram maior demanda de potência, maior volume de solo mobilizado e maior suscetibilidade a embuchamentos; o de facas rotativas movimentou demasiadamente o solo dificultando a cobertura das sementes; os de discos duplos mobilizaram menor volume de solo e tiveram menor consumo de energia. O facão apresentou maior volume de solo mobilizado em relação aos discos duplos, no entanto menor que os demais e sua atuação quando desprovida de disco de corte, facilitou a ocorrência de embuchamentos.

Reis e Cunha (2005) ressaltaram que na abertura e fechamento do sulco de semeadura são criadas condições diferenciadas de microclima na região próxima à semente podendo interferir na velocidade de emergência das plântulas. Os autores estudaram em diferentes teores de água de um solo argiloso o efeito dos sulcadores disco duplo defasado

e da haste (ambos combinados com disco de corte dos resíduos vegetais) no microambiente das sementes de milho após a semeadura. Concluíram que independentemente do teor de água no solo, devido ao espelhamento lateral causado pelos sulcadores de disco duplo, estes apresentaram maiores valores de densidade média na região da semente. Por outro lado, o aumento da densidade não interferiu no índice de velocidade de emergência, no entanto, em parcelas cuja semeadura foi realizada por esses sulcadores apresentaram menores emergência de plântulas. Em relação à haste, os autores observaram que os sulcadores de disco duplo defasado aumentaram a compactação lateral e no fundo do sulco, embora mobilizem menor volume de solo e exijam menor esforço de tração. Desta forma, os autores recomendam o uso de haste em solos argilosos e em solos com compactação superficial (10-12 cm) por proporcionarem melhor ambiente à germinação das sementes.

Silva et al. (2001) avaliando o efeito dos sulcadores disco duplo defasado e haste combinados com três velocidades de deslocamento na operação de semeadura de milho em solo argiloso, verificaram que o aumento da velocidade de 4,4 para 9,9 km.h⁻¹ reduziu significativamente a porcentagem de cobertura do solo e não influenciou na área de solo mobilizado, na profundidade do sulco e no número de sementes expostas. Por outro lado, os sulcadores não influenciaram a porcentagem de cobertura do solo, no entanto, parcelas semeadas com disco duplo apresentaram menor área de solo mobilizado, menor profundidade do sulco e maior quantidade de sementes expostas.

Segundo Márquez (2004) as hastes possuem menor custo efetivo, porém apresentam algumas limitações dentre as quais não podem ser utilizadas em solos com presença de pedras e raízes, exigem limpezas freqüentes para evitar acúmulo de resíduos, em solos muito secos podem levantar torrões que prejudicam a qualidade de semeadura e, em solos com elevados teores de água deixam espaço com ar abaixo das sementes.

4.4.5 Mecanismos de dosagem e distribuição, de cobertura e compactação de sementes das semeadoras-adubadoras

De acordo com Molin e Chang (1992), os mecanismos dosadores de sementes de precisão são basicamente de três tipos: disco horizontal perfurado, dedos

prensos e pneumático. O disco horizontal perfurado possui orifícios onde se alojam as sementes e, ao girar o disco essas sementes são liberadas; o mecanismo de dedos prensos 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-la ao tubo condutor; o mecanismo pneumático utiliza-se de uma corrente de ar formada a partir de um ventilador, que prende as sementes por meio da pressão nos pequenos orifícios de um disco vertical, causando mínimo dano à semente.

Endres e Teixeira (1997) relataram a importância da uniformidade de distribuição espacial das plantas nas linhas de semeadura, afirmando que espaços não preenchidos ou adensados pela queda de múltiplas sementes, ocasionam maiores perdas devido à competição entre as plantas. Ressaltaram que tal problema pode ser amenizado com a adequada regulação da semeadora-adubadora no que diz respeito à seleção de peneiras de acordo com as sementes e, principalmente, do mecanismo distribuidor de sementes utilizado.

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. Resultados semelhantes foram obtidos por Mahl (2002) que testando os mesmos dosadores verificou que para as três velocidades de deslocamento na operação de semeadura a que foram submetidos (4,4; 8,0 e 9,8 km.h⁻¹), houve em média um aumento de 22% no percentual de espaçamentos aceitáveis entre plantas para o dosador pneumático.

Segundo Ribeiro et al. (1999) as semeadoras-adubadoras possuem dispositivos (rodas compactadoras) de cobertura e compactação, que devem proporcionar o contato do solo 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.

Vieira e 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, do tipo de mecanismo de cobertura e de compactação e, do teor de água no solo por ocasião da semeadura.

4.5 Parâmetros para avaliação das semeadoras-adubadoras

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 agrônomo 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 agrônomo na operação de semeadura foi avaliado pelo corte da cobertura vegetal, profundidade de semeadura e de deposição 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, consumo de combustível, rotação instantânea do motor, patinagens dos rodados do trator, deslizamento 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 deslizamento das rodas 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. (1999) 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

Para garantir a qualidade de semeadura, a distribuição de sementes e de fertilizantes deve ser adequada em termos de dosagem e uniformidade de distribuição na linha e em profundidade.

Kurachi et al. (1986) relataram que as semeadoras-adubadoras fabricadas em diferentes tipos e modelos no mercado brasileiro devem ter sua eficiência avaliada por dois parâmetros principais com relação à distribuição longitudinal de sementes, sendo eles a porcentagem de espaçamentos aceitáveis e o coeficiente de variação geral da população 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. Os autores citaram normas da ABNT que estabelecem como espaçamentos aceitáveis os que se situam entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento médio desejado. Os espaçamentos que se situam abaixo do limite inferior são considerados como múltiplos, e, os que estão acima do limite superior como espaçamentos falhos.

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

Com objetivos de certificação de semeadoras-adubadoras, Coelho (1996) estabeleceu limites de porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre sementes e coeficiente de variação considerando toda a população de espaçamentos, em função de diferentes mecanismos dosadores de sementes das semeadoras. Para o mecanismo dosador de sementes de disco horizontal perfurado, adotou como requisito para certificação, apresentar no mínimo de 60% de espaçamentos aceitáveis e, coeficiente de variação de no máximo 50%.

Trabalhando com velocidades de deslocamento de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹, Araújo et al. (1999), 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 de deslocamento 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. Silva (2000), concluiu que a uniformidade de distribuição de sementes não foi influenciada pela velocidade de deslocamento na implantação de culturas de milho e soja.

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.

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

Tourino (1993) afirmou que a distribuição espacial de plantas de milho pode ocasionar perdas de 15% ou mais na produtividade de grãos. 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 desuniformes da distribuição de sementes.

Mantovani et al. (1992) avaliaram em campo, o desempenho operacional de nove semeadoras-adubadoras de milho submetidas às velocidades de deslocamento de 5,0; 6,5 e 7,5 km.h⁻¹. Os autores verificaram que o desempenho das mesmas diferiu em relação à porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre sementes, ao estande de plantas, à distribuição de fertilizante e à profundidade de semeadura.

Em estudos realizados por Casão Júnior et al. (2001), verificou-se que houve variação na distribuição de fertilizante de até 12% em semeadoras-adubadoras de

precisão para uma regulação 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.

Analisando o desempenho de uma semeadora-adubadora, na implantação da cultura do milho, Silva et al. (2000) classificaram a uniformidade de espaçamentos entre sementes como excelente, na velocidade de deslocamento de $3,0 \text{ km.h}^{-1}$; regular para $6,0$ e $9,0 \text{ km.h}^{-1}$; e, insatisfatória na velocidade de $11,2 \text{ km.h}^{-1}$. Estudando também a variação de profundidade de deposição de fertilizante (5 e 10 cm), os autores observaram que a adubação realizada na profundidade de 10 cm, associada à velocidade de deslocamento 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 de deslocamento e profundidade de adubação.

Pacheco et al. (1996) avaliaram em laboratório a distribuição das sementes de milho de uma semeadora, testando diferentes alturas de queda das sementes (400, 300 e 200 mm) e posição de saída das mesmas em diferentes velocidades de deslocamento 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 de deslocamento prejudicou o desempenho da semeadora, classificando-o como bom, regular e insatisfatório nas velocidades de deslocamento de $5,0$; $7,0$ e $9,3 \text{ km.h}^{-1}$, respectivamente.

Na operação de semeadura de milho com variação de velocidade de $4,5$ e $8,0 \text{ km.h}^{-1}$, 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 deslocamento de $4,5 \text{ km.h}^{-1}$. Entretanto, 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%).

Oliveira (1997) avaliou o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora, submetida à variação de velocidade de deslocamento 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 deslocamento de 5,0; 7,0 e 9,0 km.h⁻¹. Os autores concluíram que o aumento da velocidade de deslocamento na 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.

Analisando três profundidades de deposição de sementes de milho (4, 6 e 8 cm) Özmerzi et al. (2002) obtiveram melhor uniformidade na profundidade de semeadura de 6 cm, a qual foi avaliada pelo menor coeficiente de variação. Por outro lado, a variação na profundidade de deposição de sementes não interferiu na uniformidade de distribuição longitudinal das mesmas (espaçamentos normais, múltiplos e falhos) mas interferiu de forma significativa no índice de emergência (maior índice nas profundidades de 4 e 6 cm) e no número médio de dias para emergência (menor na profundidade de 4 cm).

4.5.2 Demandas energética e operacional

O desempenho operacional e energético das máquinas semeadoras-adubadoras normalmente é avaliado pela capacidade de campo efetiva, demanda de força de tração e potência, consumo de combustível e patinagem das rodas motrizes.

De acordo com Araújo et al. (2001a), a velocidade de deslocamento 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 de deslocamento. Os autores verificaram que os mecanismos de discos duplos demandaram menor energia do que os mecanismos tipo haste.

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

Oliveira (1997) avaliando em um Latossolo e um Argissolo (Podzólico), detectou incremento na demanda de potência com o aumento da velocidade de deslocamento 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 deslizamento 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); ocorreu aumento do consumo horário de combustível com o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora.

Na implantação de culturas de milho, soja e trigo em solos argilosos, Casão Júnior et al. (2000b) avaliaram duas semeadoras-adubadoras para plantio direto equipadas com hastes sulcadoras para fertilizantes e sulcadores de discos duplos desencontrados para sementes. Os autores concluíram que a variação da velocidade de deslocamento 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 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 (N e $\text{kW.linha}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ de profundidade) média e máxima, com o aumento da velocidade de deslocamento de 4,7 para 8,3 km.h^{-1} .

Collins e Fowler (1996) estudaram o efeito de nove sulcadores (a grande maioria com formato de haste) para semeadura direta em cinco profundidades, com três velocidades de deslocamento e em quatro diferentes solos (diferiram em textura e teor de água), sobre a demanda de força de tração. Os autores concluíram que a força média de tração dos sulcadores, em todos os solos, aumentou em 4% para cada km.h^{-1} de aumento na velocidade de deslocamento; embora a consistência dos solos não variasse muito, houve um aumento de 24% na demanda de força de tração em solos de textura argilosa comparados com o de textura arenosa; a demanda de força de tração média considerando todos os sulcadores aumentou em aproximadamente 20% para o aumento de cada cm de profundidade na operação de semeadura.

Avaliando as velocidades de deslocamentos de 5,2 e 8,4 km.h^{-1} na semeadura direta de milho, Mercante et al. (2005) utilizaram duas semeadoras-adubadoras equipadas com sulcadores de disco duplo defasado e guilhotina, obtendo maior demanda de potência para a semeadora que utilizou o sulcador guilhotina e verificando que a velocidade de deslocamento não influenciou a patinagem dos rodados do trator e a uniformidade de distribuição de sementes.

Na operação de semeadura de aveia preta em um solo argiloso, Silveira et al. (2005) trabalhando com duas velocidades de deslocamento (5,2 e 7,1 km.h^{-1}) e duas profundidades de semeadura (2,0 e 2,7 cm), verificaram que o incremento da velocidade aumentou em 6,9% a demanda de força de tração na barra e, por outro lado, o aumento da profundidade aumentou de forma significativa a demanda de força de tração e potência na barra.

Avaliando dez semeadoras-adubadoras de plantio direto, Casão Júnior et al. (2001) 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 $20 \text{ kgf.linha}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ de profundidade, atribuindo 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 com o solo, sendo influenciada pela carga vertical, pelas características da roda e pelas propriedades físicas do solo. Estes fatores determinam o índice de deslizamento do rodado, que, em áreas de plantio direto apresentam menores valores 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 àquele com preparo convencional (VIEIRA e REIS, 2001).

Mantovani et al. (1992) avaliaram, em campo, o desempenho operacional de nove semeadoras-adubadoras de milho submetidas à variação de velocidade de deslocamento 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 o deslizamento da roda de acionamento da semeadora-adubadora e aumentou a capacidade de campo efetiva.

Em estudos conduzidos por Reis (2000) em solo argiloso, avaliou-se a influência do teor de água no solo sobre a qualidade e rendimento de trabalho de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto. O autor não encontrou diferenças significativas para o consumo de combustível, patinagem dos rodados do trator e deslizamento das rodas das semeadoras-adubadoras em função das condições impostas. Por outro lado, 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.

Silva (2000) 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.

Em estudos realizados por Cepik et al. (2005), em solo com textura do horizonte superficial franco argilosa e argilosa com cascalho, utilizado com pecuária intensiva por 15 anos, avaliou-se, com o uso de uma haste instrumentada e de sensores de patinagem, a

demanda energética para a semeadura da soja considerando três estados de consistência do solo (seco, friável, úmido), duas profundidade de atuação da haste sulcadora (6 e 12 cm) e duas velocidades de deslocamento (4,5 e 6,5 km.h⁻¹). Os autores concluíram que a força de tração medida na haste aumentou entre 70 e 130% dependendo do teor de água no solo; os valores de força de tração específica (N.cm⁻²) requeridos pela haste não foram influenciados pela velocidade sendo maiores na maior profundidade, em solo seco e friável; em todos os estados de consistência, a profundidade de atuação da haste interferiu na patinagem dos rodados do trator.

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. Para os autores 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 de milho, Casão Júnior et al. (2000b) obtiveram maior profundidade do sulco e área mobilizada na maior velocidade de deslocamento testada (8,0 km.h⁻¹) em relação à menor (4,5 km.h⁻¹).

Coelho (1998) testou diferentes combinações de sulcadores para fertilizantes e sementes em solo Argissolo Vermelho Escuro eutrófico (Podzólico Vermelho Escuro eutrófico), conduzido sob sistema plantio direto, avaliando a área de secção transversal mobilizada 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 porcentagem de cobertura vegetal 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 e a área mobilizada 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 autores concluíram que o desempenho dos sulcadores foi diferenciado quanto à mobilização do solo e que a interação entre a velocidade de deslocamento 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 no solo. 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%) proporcionou a maior largura do sulco e área mobilizada; a menor profundidade de trabalho (7,5 cm) resultou em menor largura, empolamento e área mobilizada do sulco; a profundidade de trabalho, a largura do sulco e a área mobilizada não diferiram em relação ao tipo de haste. 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.

Avaliando a combinação de mecanismos sulcadores com diferentes velocidades de deslocamento na semeadura de milho, Silva et al. (2001), verificaram que: o aumento da velocidade acarretou redução significativa na 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 da velocidade de deslocamento.

Ao utilizar os mesmos sulcadores que Silva et al. (2001) na semeadura de soja, Grego (2002) concluiu que o uso da haste comparado ao disco duplo reduziu a cobertura vegetal na superfície do solo e provocou aumento de aproximadamente 38% na área de solo mobilizada.

4.5.4 Emergência de plântulas, desenvolvimento e produtividade do milho

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

Utilizando quatro diferentes semeadoras-adubadoras diretas comerciais, equipadas com sulcadores tipo haste, com diferentes características de projeto, Araújo et al. (2000) concluíram que o desempenho dos sulcadores foi diferenciado quanto à emergência de plântulas de soja e milho.

Mello e Takahashi (2000) estudaram o efeito de dois mecanismos sulcadores (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 não obtiveram diferenças estatísticas significativas para população inicial de plantas e produtividade de grãos de milho. Por outro lado, estudos conduzidos por Mello et al. (2001b), concluíram que o mecanismo sulcador tipo 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. Já Grego (2002) verificou que o uso dos sulcadores tipo haste e disco duplo não interferiram na produtividade da soja.

Avaliando a eficiência de oito semeadoras-adubadoras para semeadura direta de milho, Portella et al. (1997) verificaram que o índice de emergência de plântulas não sofreu efeito dos elementos sulcadores e compactadores, apresentando valores superiores a 85%. Por outro lado, os autores observaram que o aumento da velocidade de deslocamento 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.

Maroni et al. (2005) avaliando diferentes elementos compactadores de semeadoras bem como a ausência destes, verificaram que o uso de órgãos compactadores

proporcionou aumento significativo na quantidade de plântulas emergidas no início do processo de germinação, reduziu o tempo de emergência e melhorou a uniformidade de emergência.

Em experimento conduzido por Furlani et al. (1999), para semeadura de milho em diferentes tipos de preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto) e velocidades de deslocamento, concluiu-se que o estande final de plantas de milho foi superior na velocidade de deslocamento na operação de semeadura de 3 km.h⁻¹; a produtividade de grãos não variou com a velocidade deslocamento, no entanto foi maior no sistema de preparo de solo convencional, seguida pelo reduzido e plantio direto.

Ensaio realizados em campo por Casão Júnior et al. (2000b), levaram os autores a concluir que o deslizamento das rodas acionadoras foi um dos fatores que afetou o estande de plantas de trigo, o qual também foi afetado pela velocidade de deslocamento na 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 deslocamento e pelo tipo de cobertura vegetal.

Silva et al. (2000) detectaram que houve uma correlação significativa da velocidade de deslocamento na semeadura 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 se correlacionaram 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. Por outro lado, Mahl (2002) concluiu que a produtividade da cultura do milho não foi influenciada por irregularidades de estande, distribuição de fertilizante, distribuição espacial de plantas (em termos de distribuição longitudinal na linha de semeadura) e profundidade das sementes.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material¹

5.1.1 Área experimental

O presente trabalho foi conduzido em áreas experimentais pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas / Universidade Estadual Paulista, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. Foram realizados dois experimentos, um conduzido na Fazenda Experimental Lageado, situada no município de Botucatu - SP e, outro, na Fazenda Experimental São Manuel, situada no município de São Manuel - SP. A área experimental de Botucatu localiza-se geograficamente nas coordenadas 22°49' Latitude Sul e 48°25' Longitude Oeste, com altitude média de 786 metros, declividade entre 2,0 e 6,0% e exposição oeste. Por outro lado, a área experimental de São Manuel localiza-se geograficamente nas coordenadas 22°46' Latitude Sul e 48°34' Longitude Oeste, com altitude média de 740 metros, declividade entre 3,0 e 6,0% e exposição leste.

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

No município de São Manuel a área experimental passou a ser cultivada no sistema plantio direto no ano agrícola de 1999, sendo posteriormente cultivado sucessivamente milho sobre vegetação de braquiária (*Brachiaria decumbens*) até o momento da realização do presente trabalho (Figura 1b). O teor de matéria seca proveniente da massa vegetal da braquiária e dos resíduos de milho foi de 20 toneladas.ha⁻¹ (43 dias antes da semeadura).

A área experimental de Botucatu vinha sendo cultivada no sistema plantio direto desde o ano agrícola de 1997, sendo implantados a partir de 2001 sucessivamente: soja (*Glycine Max* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), soja, tritcale (*Triticum tritico-secale*), milho (*Zea mays* L.) e tremoço branco (*Lupinus albus* L.). O presente trabalho foi conduzido sob as restevas de milho e tremoço branco (Figura 1a), as quais proporcionaram cobertura vegetal de 7 toneladas.ha⁻¹ de matéria seca (35 dias antes da semeadura).



Figura 1. Vista da área experimental de São Manuel (a) e de Botucatu (b) no momento da semeadura do milho.

5.1.2 Caracterização dos solos

O solo da área experimental de São Manuel foi classificado segundo Embrapa (1999) como Latossolo Vermelho e o de Botucatu como Nitossolo Vermelho distroférico. O Quadro 1 apresenta os resultados da distribuição granulométrica dos solos na

camada de 0 a 25 cm de profundidade. Os valores de densidade do solo foram respectivamente 1,33 e 1,34 $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ para as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade na área experimental de São Manuel e 1,64 $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ para ambas as camadas de profundidade em Botucatu.

Quadro 1. Distribuição granulométrica do solo nas duas áreas experimentais.

Frações granulométricas	São Manuel	Botucatu
	----- g kg^{-1} -----	
Areia	856	89
Silte	43	316
Argila	101	595
Textura do solo	Arenosa	Argilosa

O Quadro 2 apresenta os resultados da análise química do solo, realizada na camada de 0 a 25 cm, antes da implantação dos experimentos.

Quadro 2. Análise química do solo antes da instalação dos experimentos.

Solo	pH	M.O.	P _{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl_2	$\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$						%
Botucatu	6,1	13	15	0	11	2,1	18	11	31	42
São Manuel	4,9	26	19	2	43	3,8	26	15	44	87

Para caracterizar os solos quanto a indicativos de compactação, determinou-se a resistência à penetração cujos valores são ilustrados na Figura 2.

Os teores de água no solo no momento da determinação da resistência à penetração foram respectivamente para as camadas de 0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 cm de profundidade de 9,94; 9,13; 9,38 e 9,42 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ na área experimental de São Manuel e, 26,68; 26,55; 26,58 e 26,97 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ na área experimental de Botucatu.

No dia da semeadura do milho, os teores de água do solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade foram respectivamente de 10,83; 10,86 e 10,40 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ na área experimental de São Manuel e, 24,66; 24,89 e 25,60 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ na área experimental de Botucatu.

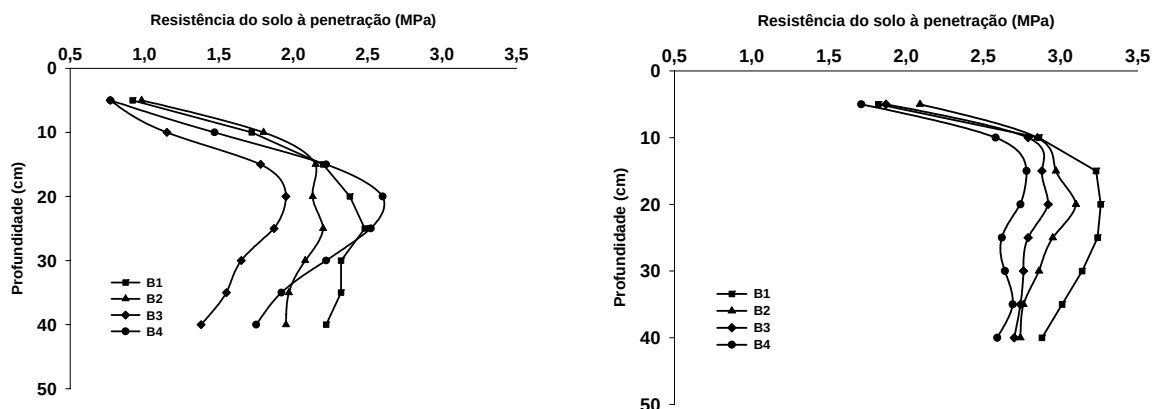


Figura 2. Resistência do solo à penetração (MPa) nos quatro blocos experimentais (B1, B2, B3 e B4) nas áreas de São Manuel (esquerda) e Botucatu (direita).

5.1.3 Dados climatológicos

Na Figura 3 são apresentados os valores de precipitação pluvial e de temperatura média do ar no período em que se desenvolveram as atividades de campo.

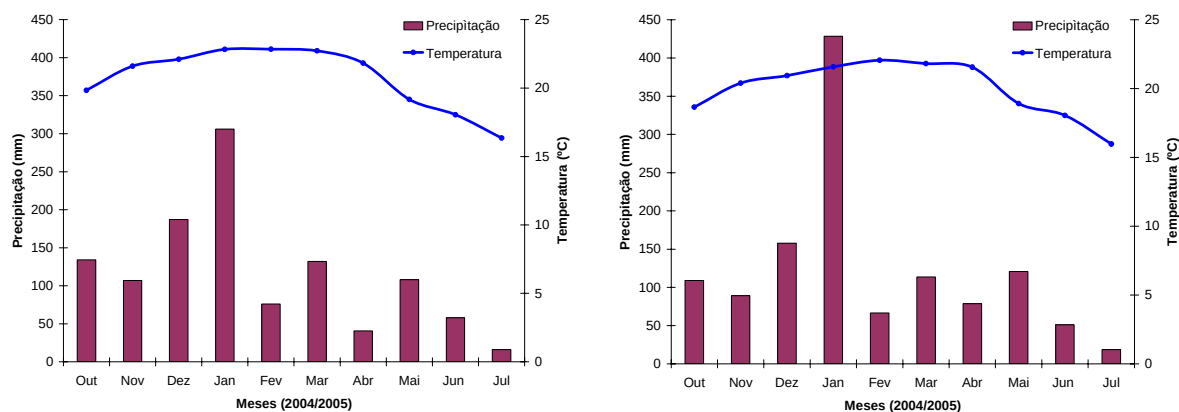


Figura 3. Dados totais mensais (out/2004 a jul/2005) de precipitação pluviométrica (mm) e médios de temperatura do ar (°C) nas áreas experimentais de São Manuel (esquerda) e Botucatu (direita). Fonte: Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP².

² Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista - Campus de Botucatu.

No período em que se executou o experimento, as condições climáticas foram consideradas normais para a região. Todavia, devido ao início do período de maiores precipitações no mês de dezembro, não foi possível obter condições de teor de água no solo neste período para realizar a semeadura, retardando em aproximadamente um mês, a instalação dos experimentos. Por outro lado, nos meses de março-abril houve deficiência hídrica que prejudicou o desenvolvimento da cultura do milho.

5.1.4 Equipamentos e insumos agrícolas

5.1.4.1 Tratores e máquinas agrícolas³

5.1.4.1.1 Tratores

Durante a condução dos experimentos utilizaram-se os seguintes tratores, para as respectivas atividades:

- Trator marca Massey Ferguson, modelo 265 (4x2), potência no motor de 45,5 kW (62 cv): na operação de dessecação e manejo da braquiária com triturador de resíduos vegetais, pulverização com inseticida e aplicação de uréia na área experimental de São Manuel;
- Trator marca Ford New Holland, modelo 3030 (4x2), potência no motor de 38,5 kW (52 cv): na operação de dessecação da vegetação existente na área experimental de Botucatu antes da semeadura do experimento e para pulverização com herbicida e inseticida;
- Trator marca Massey Ferguson, modelo 235 (4x2), potência no motor de 33,1 kW (40 cv): para aplicação de uréia na área experimental de Botucatu;

³ Dados de acordo com catálogos de fabricantes.

- Trator marca John Deere, modelo 6600, com potência no motor de 88,3 kW (120 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA): na operação de semeadura do milho em ambas as áreas experimentais.

5.1.4.1.2 Máquinas agrícolas

As máquinas agrícolas utilizadas no experimento foram:

- Pulverizador marca Jacto, modelo Condor M12-75, 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 nas áreas experimentais antes da semeadura da cultura do milho; para aplicações de herbicida e inseticida, trocou-se apenas os bicos para o tipo cone e a pressão do manômetro para 50 libras;
- Triturador de resíduos vegetais marca Jan, modelo Tritton 2300, com largura de corte de 2,3 m, equipado com 32 pares de facas curvas oscilantes e reversíveis;
- 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 para semeadura direta da marca Marchesan, modelo PST-Plus, de arrasto, com mecanismo dosador de sementes do tipo discos horizontais perfurados, com 28 orifícios, massa de 2.212 kg, reservatório com capacidade para 700 e 160 kg de fertilizante e semente, respectivamente, altura do mecanismo dosador de sementes de 0,48 m, equipada com quatro linhas de semeadura espaçadas de 0,80 m, mecanismo distribuidor de fertilizante do tipo condutor helicoidal, mecanismos sulcadores para distribuição de sementes do tipo discos duplos desencontrados, rodas compactadoras em “V”, rodados de acionamento com diâmetro de 0,76 m;
- Trilhadora estacionária de cereais marca NUX Maquinagrícola, modelo BC-30 Júnior.

A semeadora-adubadora foi regulada para distribuir fertilizantes de acordo com a análise de solo, e sementes, conforme a pureza e o poder germinativo. A semeadura foi realizada a 60 mm de profundidade, estando os reservatórios de sementes e fertilizantes completamente abastecidos (600 kg de fertilizante e 120 kg de sementes de milho, cujos depósitos foram reabastecidos a cada quatro parcelas semeadas). Os elementos discos de corte da vegetação e sulcadores para fertilizante, fizeram parte dos tratamentos estudados neste trabalho e serão descritos no item 5.2.2.

O conjunto trator-semeadora-adubadora utilizado na operação de semeadura da cultura do milho é mostrado na Figura 4.



Figura 4. Conjunto trator-semeadora-adubadora utilizado na semeadura da cultura do milho.

5.1.4.2 Insumos agrícolas

5.1.4.2.1 Sementes

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

- Sementes de milho (*Zea mays* L.) cultivar Cargil 333-B (sem uso de pó lubrificante), com poder germinativo de 96,7% (obtido em teste de campo). Objetivando-se obter uma população final de 60.000 plantas de milho por hectare, a semeadora-adubadora

foi regulada de acordo com as recomendações agronômicas e possibilidades de combinações de engrenagens, para distribuir 5,65 sementes por metro.

5.1.4.2.2 Fertilizantes

Utilizaram-se os seguintes fertilizantes durante a condução dos experimentos:

- 300 kg.ha⁻¹ de fertilizante granulado na formulação 8-28-16 de (N-P-K) na semeadura da cultura do milho em ambas as áreas experimentais;
- 250 e 300 kg.ha⁻¹ de adubação de cobertura com uréia (45% de nitrogênio) em superfície, respectivamente nas áreas experimentais de Botucatu e São Manuel.

5.1.4.2.3 Defensivos agrícolas

Utilizaram-se os seguintes defensivos agrícolas durante a condução dos experimentos:

- Herbicida de princípio ativo Glifosate (Roundup WG, 720 g.kg⁻¹) na dosagem de 2,0 kg.ha⁻¹, volume de calda de 250 L.ha⁻¹ na dessecação inicial da braquiária na área experimental de São Manuel e, nesta mesma área, utilizou-se o mesmo herbicida na dosagem de 1,9 kg.ha⁻¹, volume de calda de 230 L.ha⁻¹ na dessecação da rebrota da braquiária (quatro dias antes da semeadura do milho);
- Herbicida de princípio ativo Glifosate (Roundup WG, 720 g.kg⁻¹) na dosagem de 1,8 kg.ha⁻¹ e 2,4 - diclorofenoxiacético (DMA 806, 670 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 1,0 L.ha⁻¹, volume de calda de 230 L.ha⁻¹ na dessecação da vegetação existente na área experimental de Botucatu. Nesta área, devido ao excesso hídrico (Figura 3) e ao tempo decorrido entre a dessecação inicial e a semeadura, houve reinfestação de plantas daninhas e emergência de plantas de tremoço, sendo necessária nova dessecação (um dia antes da semeadura do milho), realizada com herbicida de

princípio ativo Glifosate (Roundup WG, 720 g.kg⁻¹) na dosagem de 2,2 kg.ha⁻¹, volume de calda de 220 L.ha⁻¹;

- Herbicida atrazine (Siptran 500 SC, 500 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 3,0 L.ha⁻¹ e nicosulfuron (Sanson 40 SC, 40 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 0,4 L.ha⁻¹, com volume de calda de 230 L.ha⁻¹, para o controle de plantas daninhas em pós-emergência na área experimental de Botucatu. Devido a presença de *Spodoptera frugiperda* (lagarta do cartucho) realizou-se aplicação conjugada com inseticida deltamethrin (Decis 25 CE, 25 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 0,38 L.ha⁻¹;
- Inseticida deltamethrin (Decis 25 CE, 25 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 0,33 L.ha⁻¹ volume de calda de 210 L.ha⁻¹, 24 dias após a semeadura na área experimental de São Manuel para controle de *Spodoptera frugiperda*. Houve reinfestação de insetos e três semanas depois, aplicou-se novamente o produto na dosagem de 0,3 L.ha⁻¹, com volume de calda de 200 L.ha⁻¹.
- Inseticida Clorperifós (Vexter, 480 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 0,6 L.ha⁻¹ e Spinosad (Tracer, 480 g.L⁻¹ i.a.) na dosagem de 0,08 L.ha⁻¹, volume de calda de 210 L.ha⁻¹, para o controle da infestação severa de *Spodoptera frugiperda* um mês após a primeira aplicação de inseticida na área experimental de Botucatu.

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 e densidade do solo

Para coleta de amostras e determinação do teor de água e densidade do solo utilizou-se enxadão, cápsulas de alumínio, fita adesiva, sacos plásticos, parafina, vidrarias, barbante, etiquetas de identificação, balança digital de precisão de 0,01g e estufa elétrica com temperatura de 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 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.

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

5.1.6.1 Sistema eletrônico 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 patinagem/deslizamento 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, 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, utilizou-se um perfilômetro em madeira (Figura 5) composto por 37 hastes de 50 cm, espaçadas de 1,5 cm; folhas de papel tamanho 40 x 60 cm; canetas porosas; mesa digitalizadora e régua graduada em milímetros.



Figura 5. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado e a profundidade do sulco na linha de semeadura.

5.1.6.4 Determinação da porcentagem de cobertura do solo

Para determinar a porcentagem de cobertura do solo por resíduos vegetais, utilizou-se uma trena de 15 m de comprimento com marcações a cada 0,15 m,

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 mL, 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 deslizamento dos rodados da semeadora-adubadora

Para determinação da patinagem/deslizamento 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-adubadora.

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 50 kN, sensibilidade de 2,001 mV/V e um suporte de sustentação

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 produtividade de grãos

Utilizou-se sacas de ráfia, etiquetas de identificação, trilhadora descrita em 5.1.4.1.2, balança digital de precisão de 0,01g e estufa regulada para 105°C.

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento experimental

O trabalho foi composto de dois experimentos instalados nas Fazendas Experimentais Lageado e São Manuel, ambas da UNESP, e em cada experimento empregou-se o delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial com três fatores 2x3x3: dois mecanismos sulcadores para abertura de sulco para deposição de fertilizante (haste e disco duplo desencontrado), três velocidades de deslocamento (5,5; 7,9 e 10,1 km.h⁻¹) e três discos de corte da vegetação (liso, ondulado e recortado) com quatro repetições. Desta forma cada experimento possuía 18 tratamentos e 72 unidades experimentais, distribuídas em quatro blocos (B1, B2, B3 e B4).

5.2.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos compostos da combinação dos fatores descritos em 5.2.1 são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Descrição dos fatores e dos tratamentos estudados.

FATORES	TRATAMENTOS	
D_D = Mecanismo sulcador tipo disco duplo	$T1 = D_D V_1 D_L$	$T10 = H_A V_1 D_L$
H_A = Mecanismo sulcador tipo haste	$T2 = D_D V_1 D_O$	$T11 = H_A V_1 D_O$
V_1 = Velocidade de 5,5 km h ⁻¹	$T3 = D_D V_1 D_R$	$T12 = H_A V_1 D_R$
V_2 = Velocidade de 7,9 km h ⁻¹	$T4 = D_D V_2 D_L$	$T13 = H_A V_2 D_L$
V_3 = Velocidade de 10,1 km h ⁻¹	$T5 = D_D V_2 D_O$	$T14 = H_A V_2 D_O$
D_L = Disco de corte liso	$T6 = D_D V_2 D_R$	$T15 = H_A V_2 D_R$
D_O = Disco de corte ondulado	$T7 = D_D V_3 D_L$	$T16 = H_A V_3 D_L$
D_R = Disco de corte recortado	$T8 = D_D V_3 D_O$	$T17 = H_A V_3 D_O$
	$T9 = D_D V_3 D_R$	$T18 = H_A V_3 D_R$

Os elementos da semeadora-adubadora que definiram os tratamentos são ilustrados nas Figuras 6 e 7. Os sulcadores de discos duplos são do tipo desencontrados com diâmetros de 15 polegadas, e, o sulcadores de hastes possuem espessura de 9 mm, largura da ponteira de 30 mm e ângulo (horizontal) de ataque ao solo de 20°. Os discos de corte da vegetação possuem diâmetros de 18 polegadas.



Figura 6. Mecanismos sulcadores para abertura de sulco para fertilizantes utilizados na semeadura dos experimentos. À esquerda sulcador do tipo disco duplo desencontrado e a direita do tipo haste.

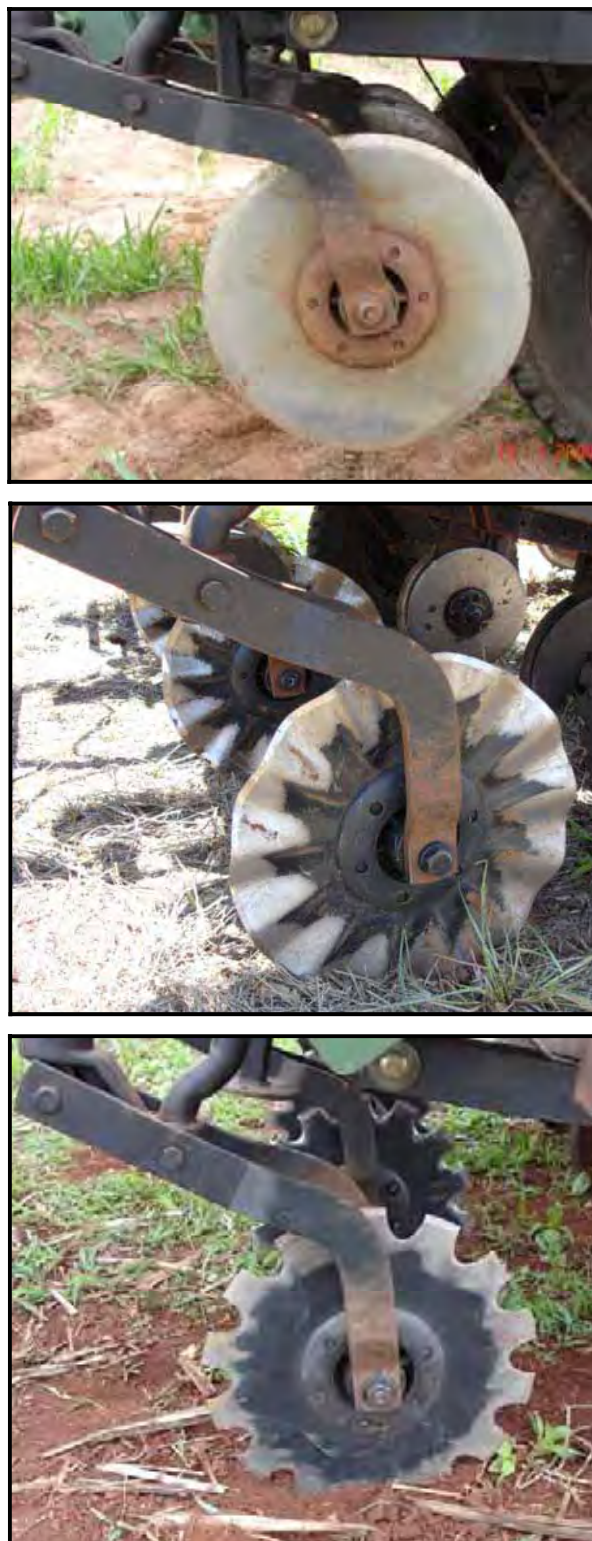


Figura 7. Discos de corte da vegetação utilizados na semeadura dos experimentos. Da figura superior à inferior, disco liso, disco ondulado e disco recortado.

5.2.3 Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental possuía 20 m de comprimento e largura de 3,5 m, espaçadas de 15 m para manobras e estabilização do conjunto trator-semeadora-adubadora. A Figura 8 mostra o esquema da implantação dos experimentos em campo. A operação de semeadura foi realizada na em nível.

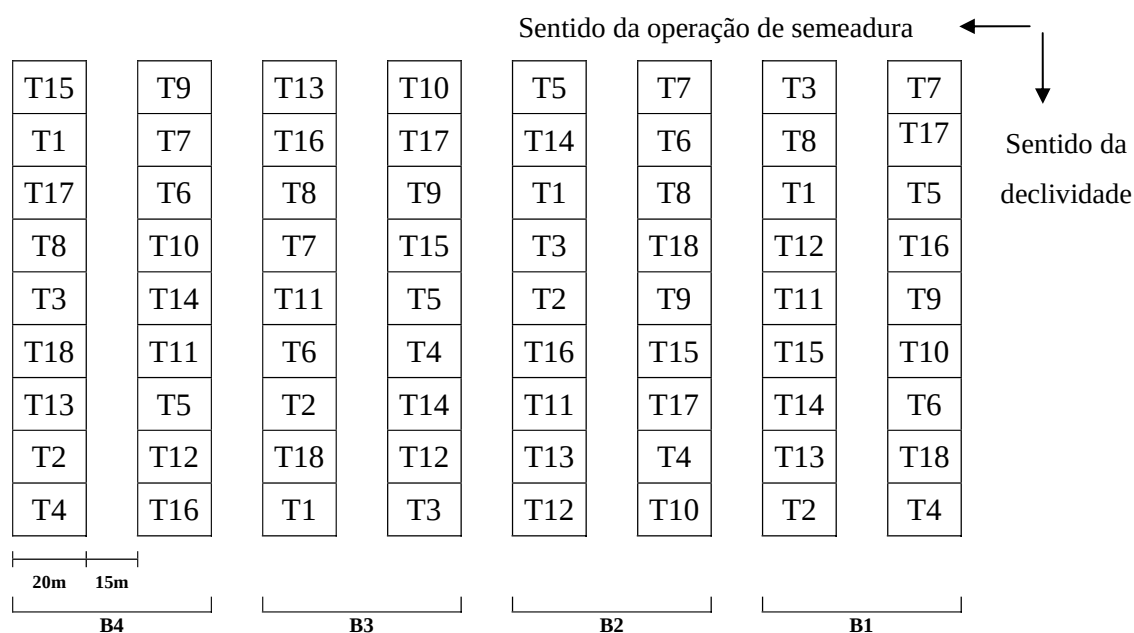


Figura 8. Esquema da disposição dos tratamentos e blocos no campo.

Foram definidas áreas de amostragens dentro de cada parcela experimental, sendo que na região central foram demarcados 5 metros nas duas linhas centrais em cuja área foram feitas avaliações de emergência, estande inicial e final, espaçamento entre plantas, diâmetro do colmo, altura das plantas e produtividade. Devido à necessidade de mobilização de solo e da retirada de plantas em outras avaliações, em uma das extremidades da parcela foram realizadas avaliações de área de solo mobilizada e profundidade do sulco, e, na outra extremidade, avaliações de profundidade de deposição das sementes.

5.2.4 Cronograma de condução dos experimentos

A instalação e condução dos experimentos foi realizada de acordo com a seqüência cronológica, apresentada nos Quadros 4 e 5.

Quadro 4. Cronograma de atividades desenvolvidas para a execução do experimento na área experimental de São Manuel.

Data	Atividade
10/11/04	Dessecação da área experimental (vegetação de braquiária).
12/11/04	Coleta de solo para análise de fertilidade.
16/11/04	Manejo da vegetação de braquiária com triturador de resíduos.
19/11/04	Montagem do teste de germinação em campo da cultivar de milho a ser utilizado no experimento.
21/11/04	Demarcação das parcelas experimentais.
02/12/04	Coleta de solo para determinação de parâmetros físicos e da textura. Coleta de amostras de material vegetal para determinação da matéria seca. Coleta de dados de teor de água no solo e resistência do solo à penetração.
08/12/04	Regulagem da semeadora-adubadora.
09/12/04	Instrumentação do trator e da semeadora-adubadora.
10/01/05	Dessecação da rebrota da braquiária.
14/01/05	Semeadura do milho. Coleta de dados de teor de água no solo. Coleta de dados de força de tração, consumo de combustível, patinagem/deslizamento dos rodados e velocidade de deslocamento. Coleta de dados de área de solo mobilizado e profundidade do sulco. Coleta de dados de sementes expostas. Coleta de dados de porcentagem de cobertura do solo pós-semeadura.
16/01/05	Demarcação em cada parcela experimental da área de coleta de dados para emergência, estande, parâmetros de desenvolvimento da cultura e produtividade.
19/01/05	Início da contagem de emergência de plântulas.
21/01/05	Coleta de dados de profundidade de deposição de sementes.
31/01/05	Coleta de dados de espaçamento entre plantas.

07/02/05	Pulverização com inseticida.
27/02/05	Aplicação de adubação nitrogenada em cobertura.
01/03/05	Segunda pulverização com inseticida.
06/05/05	Coleta de dados de diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas de milho.
04/07/05	Coleta de dados de estande final de plantas. Colheita do milho.
06/07/05	Trilha, pesagem e determinação do teor de água nos grãos de milho.

Quadro 5. Cronograma de atividades desenvolvidas para a execução do experimento na área experimental de Botucatu.

Data	Atividade
18/11/04	Coleta de solo para análise de fertilidade.
19/11/04	Montagem do teste de germinação em campo da cultivar de milho a ser utilizado no experimento.
22/11/04	Dessecação da vegetação existente (plantas daninhas).
23/11/04	Demarcação das parcelas experimentais.
30/11/04	Coleta de solo para determinação de parâmetros físicos e da textura. Coleta de dados de teor de água no solo e resistência do solo à penetração.
08/12/04	Regulagem da semeadora-adubadora.
09/12/04	Instrumentação do trator e da semeadora-adubadora.
14/12/04	Coleta de dados de porcentagem de cobertura do solo antes da operação de semeadura. Coleta de amostras de material vegetal para determinação da matéria seca.
17/01/05	Dessecação da vegetação (plantas daninhas e de tremço) na área experimental no período da semeadura do milho.
18/01/05	Semeadura do milho. Coleta de dados de teor de água no solo. Coleta de dados de força de tração, consumo de combustível, patinagem/deslizamento dos rodados e velocidade de deslocamento. Coleta de dados de área de solo mobilizado e profundidade do sulco.

	Coleta de dados de sementes expostas.
	Coleta de dados de porcentagem de cobertura do solo pós-semeadura.
20/01/05	Demarcação em cada parcela experimental da área de coleta de dados para emergência, estande, parâmetros de desenvolvimento da cultura e produtividade.
23/01/05	Início da contagem de emergência de plântulas.
25/01/05	Coleta de dados de profundidade de deposição de sementes.
01/02/05	Coleta de dados de espaçamento entre plantas.
10/02/05	Pulverização com herbicida seletivo e inseticida.
28/02/05	Aplicação de adubação nitrogenada em cobertura.
10/03/05	Pulverização com inseticida.
07/05/05	Coleta de dados de diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas de milho.
05/07/05	Coleta de dados de estande final de plantas. Colheita do milho.
06/07/05	Trilha, pesagem e determinação do teor de água nos grãos de milho colhidos.

5.2.5 Métodos de determinação dos parâmetros de caracterização do solo

5.2.5.1 Teor de água e densidade do solo

O teor de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme Embrapa (1979). As amostras de solo na semeadura do milho foram coletadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade e, para determinação da resistência do solo à penetração nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, realizando-se quatro repetições por bloco experimental. O solo foi coletado com uso de enxadão, acondicionado em cápsulas de alumínio vedadas com fita adesiva para transporte ao 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.

Para a determinação da densidade do solo foram coletadas quatro

amostras de solo por bloco nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade do solo, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, levados até o laboratório, onde a densidade do solo foi obtida pelo método do torrão parafinado, de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo – Embrapa (1979).

5.2.5.2 Matéria seca da cobertura vegetal

Para avaliação da cobertura vegetal, coletaram-se aleatoriamente, quatro amostras por bloco experimental de matéria vegetal (restos culturais e plantas daninhas) presente na superfície do solo, no período de cinco a seis semanas antes da semeadura do milho. As amostras foram coletadas, cortando-se com faca serrilhada o material existente na área do quadrado de madeira descrito em 5.1.5.2, 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 65°C, e deixado 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 do solo à penetração

Determinou-se a resistência mecânica do solo à penetração no período da semeadura, 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 5 cm) até 40 cm de profundidade, sendo registrados em MPa. Fez-se aleatoriamente oito amostragens por bloco experimental.

5.2.5.4 Outras determinações

Para as análises granulométrica e química dos solos foram coletadas quatro amostras simples do solo na camada de 0 a 25 cm de profundidade por bloco experimental, formando uma amostra composta. A análise granulométrica consistiu em determinar as frações de areia, silte e argila. A análise química consistiu em determinar níveis de pH, H+Al, Al, Ca+Mg, Ca, K, P e C do solo. Ambas seguiram a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo - Embrapa (1979) e foram realizadas no Laboratório de Análise Química do Departamento de Recursos Naturais - Setor de Ciência do Solo da FCA/UNESP.

As determinações de teor de água no solo, matéria seca da cobertura vegetal e densidade do solo foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP.

5.2.6 Métodos de determinação dos parâmetros de avaliação

5.2.6.1 Sistema eletrônico 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 a uma frequência de 10 Hz em um módulo de armazenamento externo de dados e posteriormente transferidos ao computador.

Os dados coletados referem-se a patinagem dos rodados traseiros do trator e deslizamento das rodas acionadoras dos mecanismos dosadores de sementes e fertilizante da semeadora-adubadora, força de tração e consumo de combustível. Os pontos de início e fim de cada parcela experimental utilizados como referência para acionar e desligar o sistema de aquisição de dados foram marcados com auxílio de balizas.

5.2.6.2 Velocidade de deslocamento

O monitoramento da velocidade de deslocamento foi realizado indiretamente pela frequência de aquisição de dados de (10 Hz) do “micrologger 21X”. 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 (0,1 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 de deslocamento que compõem os tratamentos em estudo foram definidas em função do escalonamento de marchas do trator utilizado (John Deere 6600), operando com rotação no motor variando entre 1900 e 2200 rpm para proporcionar níveis de variação de velocidade equidistantes. Desta forma, utilizou-se marcha 2B a 1900 rpm, 3B a 2100 rpm e 2C a 2200 rpm, respectivamente para a obtenção de níveis de velocidade de deslocamento de 5,5; 7,9 e 10,1 km.h^{-1} .

5.2.6.3 Profundidade de deposição de sementes

A regularidade da profundidade de semeadura ou deposição de sementes, foi determinada sete dias após a semeadura, cortando-se a parte aérea das plantas rente ao solo, com o uso de uma faca, coletando-se com 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, correspondendo à profundidade de deposição de sementes.

Coletaram-se aleatoriamente cinco plantas por linha, nas duas 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 um 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 de papel tamanho 40 x 60 cm, 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 por meio de digitalização em escala real por uma mesa digitalizadora, sendo codificada e calculada em cm² pelo “software” SPLAN - Sistema de Planimetria, desenvolvido pelo CINAG - Centro de Informática na Agricultura da FCA/UNESP.

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

5.2.6.5 Profundidade do sulco de semeadura

A profundidade do sulco de semeadura 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 Porcentagem de manutenção de cobertura do solo

Para a determinação da porcentagem 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 porcentagem de manutenção de cobertura, pois corresponde ao percentual de matéria vegetal que permaneceu na superfície do solo após a operação de semeadura. Essa porcentagem foi obtida pela equação:

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

em que:

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

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

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

5.2.6.7 Porcentagem de sementes expostas

Esse parâmetro foi obtido mediante a contagem das sementes que ficaram expostas na superfície do solo, ao longo das duas linhas centrais de cada parcela experimental, no momento da semeadura. A porcentagem de sementes expostas 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 dos rodados do trator e deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora

Para avaliar a patinagem dos rodados traseiros do trator e o deslizamento das rodas acionadoras dos mecanismos dosadores da semeadoras-adubadora, 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, nas laterais dos eixos acionadores da distribuição de fertilizante e sementes da semeadora-adubadora.

Para o cálculo do deslizamento dos rodados da semeadora-adubadora, considerou-se a relação de transmissão do eixo que aciona o mecanismo distribuidor de semente e fertilizante ao eixo dos rodados da semeadora-adubadora (uma volta do eixo correspondeu a 0,513 voltas do rodado de acionamento que equivale a 1,22 m de

deslocamento).

O deslizamento dos rodados da semeadora-adubadora e a patinagem dos rodados do trator foram determinados 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 (2000) 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/deslizamento das rodas (%);

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

Per = perímetro do rodado do trator ou da semeadora-adubadora (m);

L = comprimento da parcela experimental (m).

5.2.6.10 Consumo horário de combustível

Para avaliar o consumo horário de combustível utilizou-se o fluxômetro descrito em 5.1.6.5, 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:

$$CHC = \frac{\sum p \cdot 3,6}{\Delta_t} \quad (5)$$

em que:

CHC = consumo horário de combustível (L.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 Consumo operacional de combustível

O consumo operacional de combustível ou consumo de combustível por unidade de área semeada foi obtido da relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva, pela equação:

$$COC = \frac{CHC}{CCE} \quad (6)$$

em que:

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

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

CCE = capacidade de campo efetiva ($ha \cdot h^{-1}$).

5.2.6.12 Força média de tração na barra

Para a determinação do requerimento de força de tração da semeadora-adubadora, utilizou-se a célula de carga (descrita em 5.1.6.7) 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. O suporte permitiu desacoplar a célula de carga durante o transporte, evitando-se impactos e vibrações que a danificassem. Determinou-se a média dos valores armazenados (em unidade de kN) pelo sistema de aquisição de dados ao longo de todas as parcelas experimentais.

5.2.6.13 Força máxima de tração na barra

A força máxima de tração (kN) 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.

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 de profundidade de abertura do sulco. Foi calculada pela equação:

$$F_{esp} = \frac{F_m / N}{P_s} \cdot 1000 \quad (7)$$

em que:

F_{esp} = força de tração específica por profundidade do sulco (kN.cm⁻¹);

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

N = número de linhas da semeadora-adubadora (4);

P_s = profundidade do sulco (cm);

1000 = fator de conversão.

5.2.6.15 Potência média requerida na barra de tração do trator

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

$$P_m = \frac{F_m \cdot V_m}{3,6} \quad (8)$$

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.

5.2.6.16 Potência máxima requerida na barra de tração do trator

Esse parâmetro correspondeu à potência calculada na força de tração máxima registrada em cada parcela experimental. Foi calculado pela equação:

$$P_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot V_m}{3,6} \quad (9)$$

em que:

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

$F_{\max}$ = força de tração máxima 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 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:

$$P_{esp} = \frac{P_m / N}{P_s} \cdot 1000 \quad (10)$$

em que:

P_{esp} = potência específica requerida por profundidade do sulco (kW.cm⁻¹);

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

N = número de linhas da semeadora-adubadora (4);

P_s = profundidade do sulco (cm);

1000 = fator de conversão.

5.2.6.18 Distribuição longitudinal de plântulas

A regularidade de distribuição longitudinal de plântulas na linha de semeadura foi determinada logo após a estabilização da emergência das plântulas de milho, mensurando-se a distância entre todas as plântulas de milho existentes em três metros de linha semeada, nas duas linhas centrais de cada parcela experimental.

Os espaçamentos entre plântulas (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 às classes aceitáveis ou normais ($0,5 \cdot X_{ref} < X_i < 1,5 \cdot X_{ref}$), 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 regulação da semeadora-adubadora. Considerando que a semeadora foi regulada para distribuir 5,65 sementes.m⁻¹, o espaçamento de referência corresponde a 17,70 cm e, desta forma, foram considerados como aceitáveis ou normais os espaçamentos entre plantas que estiverem entre 8,85 e 26,55 cm, múltiplos os que foram menor que 8,85 cm e falhos os que foram maior que 26,55 cm.

Para expressar a regularidade dos espaçamentos entre plântulas, determinou-se o coeficiente de variação de todos os espaçamentos da amostragem (normais, múltiplos e falhos), pela equação:

$$CV = \frac{S_2}{X} \cdot 100 \quad (11)$$

em que:

CV = coeficiente de variação (%);

S_2 = desvio padrão de todos os espaçamentos entre plântulas (cm);

X = média de todos os espaçamentos entre plântulas (cm).

O índice de precisão da distribuição de plântulas correspondeu à relação entre o desvio padrão dos espaçamentos normais e o espaçamento de referência da semeadora-adubadora utilizada, calculado pela equação:

$$IP = \frac{S_2}{X_{ref}} \cdot 100 \quad (12)$$

em que:

IP = índice de precisão;

S_2 = desvio padrão dos espaçamentos normais entre plântulas (cm);

X_{ref} = espaçamento de referência (17,70 cm).

5.2.6.19 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 cinco metros de linha semeada, nas duas 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 e Drapala (1958):

$$M = \{(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)\} / (G_1 + G_2 + \dots + G_n) \quad (13)$$

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;

N_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.

5.2.6.20 Estande inicial e final de plantas

O estande médio inicial de plantas de milho foi obtido mediante a contagem das plantas existentes em cinco metros de linha semeada, no momento em que se estabilizou a contagem do número de plântulas emergidas (item 5.2.6.19), nas duas linhas centrais de cada parcela experimental. O estande médio final foi obtido pela contagem das plantas existentes na mesma área do estande inicial (cinco metros de linha semeada, nas duas 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.

5.2.6.21 Índice de sobrevivência

O índice (ou porcentagem) 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:

$$IS = \frac{P_f}{P_i} \cdot 100 \quad (14)$$

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).

5.2.6.22 Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas e índice de espigas

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 seis plantas em cada parcela experimental (três plantas por linha, nas duas linhas centrais de cada parcela) logo após o período de florescimento.

Para a determinação do diâmetro do colmo das plantas, utilizou-se um paquímetro de precisão de 0,1 milímetro 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.

O índice de espigas corresponde à proporção de espigas por unidade de planta, ou seja, quanto maior o índice maior a ocorrência de plantas com mais de uma espiga por planta. O índice foi obtido da relação entre a contagem do número de espigas colhidas em cada parcela experimental e o número de plantas que produziram espigas, as quais determinaram o estande final.

5.2.6.23 Produtividade de grãos

Para quantificar a produtividade média de grãos da cultura do milho foram colhidas manualmente as espigas das duas linhas centrais, em cinco metros de linha

semeada (na mesma área onde foi obtido resultados de emergência, espaçamento entre plantas, estande inicial e final de plantas), 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 nos 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 nos grãos para 13% e obtida pela equação:

$$PROD = \frac{P \cdot 10000}{A} \quad (15)$$

em que:

PROD = produtividade média de grãos de milho (kg.ha⁻¹);

P = produção média de grãos da parcela;

A = área da parcela colhida (m²);

10000 = fator de conversão.

5.2.7 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos do desempenho da semeadora-adubadora nas diferentes configurações 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 e Kronka (1995). Determinou-se além dos valores médios, os valores de coeficiente de variação dos parâmetros estudados.

Utilizou-se o programa estatístico SAS para comparar através da análise conjunta o efeito dos experimentos sobre as variáveis estudadas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de todos os parâmetros monitorados e avaliados, são apresentados na forma de quadros e figuras. Os resultados dos testes de médias dos parâmetros e fatores estudados, foram agrupados em quadros e nas causas de interações significativas, estas serão desmembradas em quadros isolados. Nos quadros de comparação de médias, as letras minúsculas comparam por meio de análise fatorial as médias dos fatores em cada coluna e as letras maiúsculas comparam por meio de análise conjunta as médias (nas linhas) dos experimentos (São Manuel - SM e Botucatu - BTU) para cada variável estudada. Nestes quadros, médias seguidas de letras minúsculas ou maiúsculas iguais, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

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, foram utilizados as seguintes terminologias: “SM” - experimento de São Manuel caracterizado por solo arenoso com cobertura vegetal de braquiária; “BTU” - experimento de Botucatu caracterizado por solo argiloso coberto por resíduos vegetais de milho, tremoço e plantas daninhas; “C.V.” - coeficiente de variação; “sulcador” - mecanismo de abertura de sulco para deposição do fertilizante; “Disco” - mecanismo de abertura de sulco do tipo disco duplo desencontrado; “Haste” - mecanismo de abertura de sulco do tipo haste sulcadora;

“Velocidade” - velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora na operação de semeadura; “Disco de corte” - mecanismo de corte da vegetação de cobertura do solo do tipo de discos; “DMS” - diferença mínima significativa; “Exp.” - experimento; “Sulc.” - sulcador; “vel.” - velocidade; “d. corte” - disco de corte.

A sequência de apresentação dos resultados e as discussões são feitas agrupando-se os parâmetros por afinidade e, sempre que possível, dentro da sequência cronológica de execução das atividades.

Nos apêndices constam todos os resultados originais dos parâmetros avaliados.

6.1 Velocidade de deslocamento e capacidade de campo efetiva

Os resultados da variação da velocidade de deslocamento e da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho nos dois experimentos são apresentados no Quadro 6.

Sendo a capacidade de campo efetiva função direta da velocidade de deslocamento, verificou-se que ambas as variáveis tiveram o mesmo comportamento. No experimento de São Manuel os sulcadores e os discos de corte não influenciaram a velocidade de deslocamento e a capacidade de campo efetiva. No entanto, no experimento de Botucatu os discos de corte não influenciaram as variáveis, mas, houve variação significativa de velocidade e, por consequência, da capacidade de campo efetiva entre os sulcadores, sendo que a haste sulcadora proporcionou aumento de 1,9% na capacidade de campo efetiva.

Os níveis de velocidade de deslocamento, cujos efeitos estão sendo avaliados neste trabalho, diferiram estatisticamente entre si e consequentemente a capacidade de campo efetiva teve o mesmo comportamento. Observou-se que, em média, os níveis de velocidade foram praticamente equidistantes entre si, sendo que do menor ao maior nível (5,5 para 7,9 e 10,1 km.h⁻¹) houve incrementos de 2,4 e 2,2 km.h⁻¹, os quais correspondem respectivamente a aumentos de 44 e 84% na capacidade de campo efetiva. O efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento da capacidade de campo efetiva foi analisado por inúmeros autores, dentre os quais Justino (1998) e Mahl et al. (2005).

Quadro 6. Velocidade de deslocamento - VEL e capacidade de campo efetiva - CCE, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	VEL (km.h ⁻¹)		CCE (ha.h ⁻¹)	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	7,9 a	7,8 b	2,12 a	2,10 b
Haste	7,8 a	7,9 a	2,09 a	2,14 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	5,5 c	5,5 c	1,48 c	1,49 c
7,9 km.h ⁻¹	7,9 b	7,9 b	2,12 b	2,14 b
10,1 km.h ⁻¹	10,1 a	10,1 a	2,72 a	2,72 a
Disco de corte				
Liso	7,8 a	7,8 a	2,11 a	2,12 a
Ondulado	7,8 a	7,8 a	2,12 a	2,12 a
Recortado	7,8 a	7,8 a	2,10 a	2,12 a
C.V. (%)	3,72	2,68	3,70	2,67
Média	7,8 A	7,8 A	2,11 A	2,12 A

* DMS VEL: Exp. SM = sulc.: 0,14, vel. e d. corte: 0,20; Exp. BTU = sulc.: 0,10, vel. e d. corte: 0,15; DMS exp.: 0,08.

* DMS CCE: Exp. SM = sulc.: 0,04, vel. e d. corte: 0,05; Exp. BTU = sulc.: 0,03, vel. e d. corte: 0,04; DMS exp.: 0,02.

Verificou-se que o coeficiente de variação foi ligeiramente superior entre as observações no experimento de São Manuel, provavelmente devido à irregularidades de cobertura da superfície do solo caracterizada por palhada de braquiária com eventuais soqueiras decorrentes da rebrota da cultura.

A análise conjunta de experimentos revelou que as condições de solo e de cobertura vegetal que caracterizam cada experimento não interferiram na velocidade de deslocamento e na capacidade de campo efetiva, sendo obtidas médias idênticas.

6.2 Patinagem dos rodados do trator e deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora

No Quadro 7 são apresentados os resultados de patinagem dos rodados traseiros do trator durante a operação de semeadura do milho nas duas áreas experimentais.

Quadro 7. Patinagens das rodas traseiras direita - RTD e esquerda - RTE do trator, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	RTD (%)		RTE (%)	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	9,3 a	7,8 a	8,6 a	8,9 a
Haste	8,8 a	7,4 a	9,3 a	8,7 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	9,0 a	7,0 b	8,6 a	8,3 a
7,9 km.h ⁻¹	9,1 a	7,7 ab	9,2 a	9,1 a
10,1 km.h ⁻¹	9,1 a	8,2 a	9,1 a	9,0 a
Disco de corte				
Liso	8,7 a	7,9 a	9,1 a	9,2 a
Ondulado	9,2 a	7,4 a	8,9 a	8,8 a
Recortado	9,2 a	7,5 a	8,9 a	8,5 a
C.V. (%)	22,20	18,95	19,75	20,76
Média	9,0 A	7,6 B	9,0 A	8,8 A

* DMS RTD: Exp. SM = sulc.: 0,95, vel. e d. corte: 1,40; Exp. BTU = sulc.: 0,68, vel. e d. corte: 1,01; DMS exp.: 0,58.

* DMS RTE: Exp. SM = sulc.: 0,84, vel. e d. corte: 1,23; Exp. BTU = sulc.: 0,87, vel. e d. corte: 1,27; DMS exp.: 0,60.

Verificou-se que a patinagem dos rodados do trator não diferiu estatisticamente em função do uso de diferentes sulcadores e discos de corte da vegetação. Por outro lado, apenas a roda direita do trator foi influenciada pela velocidade de deslocamento no experimento em solo argiloso (BTU). Com o aumento da velocidade de 5,5 para 10,1 km.h⁻¹ houve aumento no índice de patinagem de 16,6%. A patinagem obtida no nível intermediário de velocidade de deslocamento não diferiu estatisticamente das demais. O aumento dos índices de patinagem com o aumento da velocidade de deslocamento na semeadura também foi encontrado por Mahl et al. (2005).

A patinagem da roda traseira direita do trator foi influenciada pelas condições de solo e cobertura, visto que as médias experimentais diferiram estatisticamente. Em solo arenoso com cobertura de braquiária (SM) esta roda patinou aproximadamente 19% mais que em solo argiloso com restegas de milho e tremoço (BTU). A maior patinagem se deve provavelmente à maior dificuldade de aderência do rodado devido ao grande volume de resíduos vegetais de braquiária. Oliveira (1997) trabalhando em dois tipos de solo com distintas coberturas vegetais não encontrou variação significativa nos valores de patinagem

dos rodados do trator entre as coberturas, no entanto, a patinagem foi relativamente superior no Podzólico Vermelho-Amarelo comparado ao Latossolo Vermelho-Amarelo.

Os valores médios de patinagem dos rodados do trator em ambos os solos estão próximos ao obtidos por Mahl (2002) e estão próximos da faixa ótima de patinagem estabelecida por Mialhe (1996). Os coeficientes de variação também se assemelham aos obtidos por Mahl (2002) e Mahl et al. (2005).

No Quadro 8 são apresentados os resultados do deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora nos dois experimentos. Salienta-se que o deslizamento corresponde ao arrastamento dos rodados das semeadoras-adubadoras na superfície do solo e, portanto, os valores gerados são negativos.

Quadro 8. Deslizamentos das rodas da semeadora-adubadora direita - RSD e esquerda - RSE em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	RSD (%)		RSE (%)	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	-1,5 a	-1,7 a	-2,4 a	-1,6 a
Haste	-0,8 b	-1,3 a	-1,2 b	-1,7 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	-0,9 a	-1,7 a	-1,5 a	-1,5 a
7,9 km.h ⁻¹	-1,2 a	-1,5 a	-2,0 a	-1,3 a
10,1 km.h ⁻¹	-1,2 a	-1,3 a	-2,0 a	-1,4 a
Disco de corte				
Liso	-1,4 a	-1,9 a	-1,7 a	-1,5 a
Ondulado	-0,9 a	-1,1 b	-1,8 a	-1,3 a
Recortado	-1,0 a	-1,5 ab	-2,0 a	-1,4 a
C.V. (%)	112,10	73,84	81,79	79,31
Média	-1,1 A	-1,5 A	-1,8 A	-1,4 A

* DMS RSD: Exp. SM = sulc.: 0,59, vel. e d. corte: 0,87; Exp. BTU = sulc.: 0,52, vel. e d. corte: 0,77; DMS exp.: 0,39.

* DMS RSE: Exp. SM = sulc.: 0,71, vel. e d. corte: 1,01; Exp. BTU = sulc.: 0,53, vel. e d. corte: 0,77; DMS exp.: 0,44.

Verificou-se que as rodas (direita e esquerda) de acionamento dos mecanismos de dosagem/distribuição da semeadora-adubadora tiveram o mesmo comportamento estatístico entre os sulcadores e velocidades de deslocamento. O aumento da velocidade não interferiu no deslizamento das rodas em ambos os experimentos, no entanto, o

mecanismo sulcador influenciou o deslizamento de ambas as rodas no experimento em solo arenoso, sendo que o sulcador do tipo disco duplo desencontrado apresentou maior deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora comparado à haste sulcadora.

A ausência de efeito da velocidade de deslocamento sobre o deslizamento das rodas de acionamento divergem, por um lado, de Justino (1998) que encontrou menores valores de deslizamento nas maiores velocidades de deslocamento na semeadura direta de milho e, por outro, de Mahl (2002) que obteve maior deslizamento na maior velocidade de deslocamento. Entretanto, estes resultados estão parcialmente de acordo com Oliveira (1997) que não encontrou efeito da velocidade de deslocamento sobre o deslizamento em solo Podzólico, mas, em solo Latossolo, a maior velocidade proporcionou menor deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora. Casão Júnior (2000a) encontrou índices de deslizamento de 1,7 e 3,7% para velocidades de deslocamento na operação de semeadura de milho de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹.

Com relação ao efeito dos discos de corte sobre o deslizamento das rodas acionadoras da semeadora-adubadora, verificou-se que apenas a roda direita foi influenciada pelo tipo de disco de corte, sendo que o do tipo liso apresentou maior deslizamento comparado ao ondulado. O disco recortado não diferiu estatisticamente dos demais.

Foram obtidos altos coeficientes de variação entre as observações de ambos os experimentos. Isto se deve provavelmente às irregularidades do terreno e da cobertura vegetal, a qual em solo arenoso (SM) era composta por elevado volume de restegas de braquiária com eventuais soqueiras decorrentes da rebrota e, em argiloso (BTU), por restegas de tremoço e colmos de milho, os quais, muitas vezes, não estavam uniformemente distribuídos na superfície do solo prejudicando a aderência dos rodados, bem como a atuação dos componentes de ataque ao solo das semeadoras-adubadoras.

Para ambas as rodas de acionamento da semeadora-adubadora não houve efeito significativo do tipo e condições de cobertura do solo sobre seu deslizamento. Os valores médios dos dois experimentos são inferiores aos obtidos por Mantovani et al. (1992), Casão Júnior (2000c) e Mahl (2002) e que obtiveram valores entre 3 e 10%.

Ressalta-se que sendo rodas de acionamento dos mecanismos de

dosagem/distribuição, seria desejável que os índices de deslizamentos fossem próximos a zero para não comprometer a qualidade de semeadura.

6.3 Profundidades do sulco e de deposição das sementes e área de solo mobilizado

O Quadro 9 apresenta os resultados de profundidade de abertura do sulco para deposição do fertilizante, profundidade de deposição das sementes e área de solo mobilizado na operação de semeadura do milho.

Quadro 9. Profundidades do sulco - P_{SULCO} e de deposição de sementes - P_{SEM} e área de solo mobilizado - AR_{MOB} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	P_{SULCO} (cm)		P_{SEM} (cm)		AR_{MOB} (cm ²)	
	SM	BTU	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador						
Disco	8,5 a	8,0 b	5,8 a	4,8 b	79,37 a	137,42 a
Haste	8,3 a	10,0 a	5,3 b	5,4 a	82,95 a	139,81 a
Velocidade						
5,5 km.h ⁻¹	8,3 a	8,9 a	5,6 a	5,7 a	77,92 a	131,69 b
7,9 km.h ⁻¹	8,8 a	9,0 a	5,5 a	5,0 b	83,35 a	134,67 b
10,1 km.h ⁻¹	8,2 a	9,3 a	5,5 a	4,6 b	82,21 a	149,50 a
Disco de corte						
Liso	8,4 a	9,3 a	5,9 a	5,3 a	81,20 a	139,07 a
Ondulado	8,8 a	9,0 a	5,5 a	5,1 a	84,23 a	141,20 a
Recortado	8,0 a	8,9 a	5,2 a	4,9 a	77,55 a	135,58 a
C.V. (%)	16,59	9,40	16,41	12,81	22,47	14,65
Média	8,4 B	9,1 A	5,5 A	5,1 B	81,16 B	138,61 A

* DMS P_{SULCO} : Exp. SM = sulc.: 0,66, vel. e d. corte: 0,97; Exp. BTU = sulc.: 0,40, vel. e d. corte: 0,59; DMS exp.: 0,38.

* DMS P_{SEM} : Exp. SM = sulc.: 0,43, vel. e d. corte: 0,63; Exp. BTU = sulc.: 0,31, vel. e d. corte: 0,45; DMS exp.: 0,26.

* DMS AR_{MOB} : Exp. SM = sulc.: 8,63, vel. e d. corte: 12,71; Exp. BTU = sulc.: 9,62, vel. e d. corte: 14,15; DMS exp.: 6,31.

Verificou-se que a profundidade do sulco não foi influenciada por nenhum fator no experimento em solo arenoso, ao passo que, no argiloso, apenas os sulcadores interferiram na profundidade. O uso de haste aprofundou em média 2,13 cm a mais que o uso do tipo disco duplo correspondendo a uma diferença percentual de 26,6%. Tal

comportamento é esperado, pois as hastes foram projetadas para atuarem a maiores profundidades. Possivelmente, no experimento em solo arenoso (SM), o sistema radicular expressivo da cultura da braquiária ofereceu maior resistência à penetração dos sulcadores e impediu que a haste atingisse maiores profundidades, contribuindo desta forma, para que a análise conjunta de experimentos detectasse diferença significativa para a profundidade do sulco nos dois experimentos, sendo que em média, a profundidade do sulco em solo arenoso com vegetação de braquiária foi de aproximadamente 11% menor que em solo argiloso com resíduos vegetais diversos.

A ausência de efeito da velocidade de deslocamento sobre a profundidade do sulco discorda de Casão Júnior et al. (2000c) que observaram tendências de redução da profundidade do sulco com o aumento da velocidade e difere também de resultados obtidos por Mahl (2002) que verificou que na menor velocidade de deslocamento houve menor profundidade do sulco.

No Quadro 10 são apresentados os resultados da interação significativa para a profundidade do sulco em solo argiloso. Verificou-se o efeito da velocidade de deslocamento para o sulcador do tipo haste em que na maior velocidade ($10,1 \text{ km.h}^{-1}$) ocorreu maior profundidade do sulco que na velocidade intermediária ($7,9 \text{ km.h}^{-1}$). A profundidade do sulco obtida na menor velocidade não diferiu das demais.

Quadro 10. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável profundidade do sulco (cm) no experimento de Botucatu.

Sulcador	Velocidade		
	$5,5 \text{ km.h}^{-1}$	$7,9 \text{ km.h}^{-1}$	$10,1 \text{ km.h}^{-1}$
Disco	7,99 ABb	7,56 Bb	8,43 Ab
Haste	9,88 Aa	10,40 Aa	10,07 Aa

* DMS vel.: 0,84 e sulc.: 0,70.

Com relação à profundidade de semeadura ou profundidade de deposição de sementes (Quadro 9), encontrou-se efeito dos sulcadores para esta variável em ambos os experimentos. Entretanto, enquanto que no experimento em solo arenoso o sulcador de disco duplo depositou as sementes 0,44 cm mais profundo que a haste, no experimento em

solo argiloso, esta variável teve o mesmo comportamento estatístico da profundidade do sulco, ou seja, o mecanismo sulcador de hastes aprofundou mais o sulco e depositou as sementes à uma maior profundidade em relação aos discos duplos desencontrados. Resultados semelhantes aos obtidos em solo argiloso foram encontrados por Silva et al. (2001). Por outro lado, a ausência de relação entre a profundidade do sulco e a profundidade de deposição das sementes, como ocorreu em solo arenoso, também foi relatada por Silva et al. (2000).

O efeito da velocidade de deslocamento sobre a profundidade de semeadura foi observado somente no experimento em solo argiloso em que a menor velocidade ($5,5 \text{ km.h}^{-1}$) proporcionou maior profundidade de deposição das sementes em relação aos demais níveis de velocidade. Resultados semelhantes aos obtidos em solo arenoso em que a velocidade de deslocamento não interferiu estatisticamente sobre a profundidade de semeadura foram obtidos por Justino (1998) e Silva et al. (2000).

Observou-se que os solos interferiram na profundidade de semeadura, sendo que apresentaram comportamento estatístico contrário ao da profundidade do sulco. A profundidade do sulco em solo arenoso foi 11% menor enquanto que a profundidade de semeadura foi 9% maior que no experimento em solo argiloso. Verificou-se que a profundidade do sulco em ambos os experimentos não ultrapassou 10 cm, ou seja, não atingiu as camadas mais adensadas ou compactadas do solo, as quais de acordo com a Figura 2 (item 5.1.2) estiveram em torno de 15 e 20 cm respectivamente nos experimentos em solo argiloso (BTU) e arenoso (SM).

De acordo com o Quadro 9, os resultados de área de solo mobilizado diferiram estatisticamente apenas para velocidade de deslocamento em solo argiloso (BTU), sendo que a maior velocidade ($10,1 \text{ km.h}^{-1}$) mobilizou maior área de solo no sulco de semeadura em relação aos demais níveis menores de velocidade. Tais resultados discordam de Silva et al. (2001) que não encontraram efeito da velocidade de deslocamento e, no entanto, verificaram que houve diferença significativa entre os valores de área de solo mobilizada pelos sulcadores.

Comparando-se os dois experimentos observou-se um aumento significativo de 70% na área de solo mobilizado no experimento realizado em solo argiloso (BTU) em relação ao solo arenoso com vegetação de braquiária (SM), tendo o mesmo comportamento estatístico da profundidade de abertura do sulco. Este aumento significativo se

deve à maior profundidade de abertura do sulco em solo argiloso e às características e propriedades dos solos, visto que solos argilosos por possuírem estruturas compostas de partículas menores agregadas, ao serem manejados, tendem a se romper em seus planos de ruptura natural e mobilizam maior volume de solo. Solos arenosos possuem partículas maiores e menos agregadas e, neste caso específico, associado à estrutura radicular da braquiária e seu volume de resíduos na superfície do solo, dificultam sua mobilização. Tais resultados estão de acordo com Araújo et al. (2001b) que relataram que quanto maior o teor de argila e água no solo, maior a aderência de solo nos sulcadores, independentemente de seu tipo, e por consequência, maior a mobilização.

Valores semelhantes de mobilização em solo argiloso foram obtidos por Silva et al. (2001) que testaram os mesmos sulcadores em três níveis semelhantes de velocidade. Por outro lado Mahl (2002) utilizando somente discos duplos desconstruídos em solo argiloso encontrou valores de área de solo mobilizado próximos aos encontrados no experimento de São Manuel cujo solo é arenoso.

Com relação ao coeficiente de variação, observou-se que para todas as variáveis avaliadas no Quadro 9, houve maior variabilidade nas observações do experimento de São Manuel. Aqui também são válidas as justificativas referentes à presença de soqueiras e restegas da vegetação de braquiária nesta área experimental.

6.4 Porcentagem de sementes expostas, porcentagem de manutenção de cobertura do solo e número médio de dias para emergência de plântulas

No Quadro 11 são apresentados os resultados de sementes expostas, porcentagem de cobertura do solo e número médio de dias para emergência de plântulas.

Observou-se que para a variável porcentagem de sementes expostas, apenas o fator velocidade de deslocamento na operação de semeadura em solo argiloso, apresentou efeito estatístico significativo. Na menor velocidade de deslocamento obteve-se a menor porcentagem de sementes expostas (0,06%) e na maior velocidade obteve-se maior ocorrência de sementes (0,30%) que não foram cobertas pelos mecanismos de cobertura da semeadora-adubadora. O nível intermediário de velocidade não diferiu dos demais para esta

variável. Silva et al. (2001), assim como no experimento em solo arenoso, não obtiveram efeito da velocidade de deslocamento sobre a porcentagem de sementes expostas, no entanto, os valores obtidos por estes autores foram significativamente superiores atingindo uma média de 4,5% de sementes expostas. Por outro lado, os autores obtiveram efeito do mecanismo sulcador sobre esta variável, sendo que o sulcador de hastes reduziu significativamente a quantidade de sementes expostas.

Quadro 11. Porcentagem de sementes expostas - PSE, porcentagem de manutenção de cobertura do solo - PMC e número médio de dias para a emergência de plântulas - NMDE, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	PSE (%)		PMC (%)		NMDE (dias)	
	SM	BTU	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador						
Disco	0,03 a	0,21 a	96,44 a	65,84 a	5,54 a	6,06 a
Haste	0,08 a	0,15 a	95,88 a	62,64 b	5,40 b	5,99 a
Velocidade						
5,5 km.h ⁻¹	0,05 a	0,06 b	96,31 a	69,10 a	5,51 a	6,13 a
7,9 km.h ⁻¹	0,04 a	0,19 ab	96,41 a	65,91 a	5,48 a	6,04 a
10,1 km.h ⁻¹	0,07 a	0,30 a	95,77 a	57,71 b	5,42 a	5,91 b
Disco de corte						
Liso	0,09 a	0,14 a	96,43 a	63,50 a	5,48 ab	6,05 a
Ondulado	0,04 a	0,11 a	96,31 a	65,07 a	5,37 b	6,01 a
Recortado	0,03 a	0,30 a	95,75 a	64,15 a	5,59 a	6,01 a
C.V. (%)	322,69	157,44	2,05	8,23	4,28	2,82
Média	0,05 B	0,18 A	96,16 A	64,24 B	5,47 B	6,02 A

* DMS $S_{EXPOSTAS}$: Exp. SM = sulc.: 0,08, vel. e d. corte: 0,12; Exp. BTU = sulc.: 0,14, vel. e d. corte: 0,20; DMS exp.: 0,08.

* DMS P_{COB} : Exp. SM = sulc.: 0,93, vel. e d. corte: 1,37; Exp. BTU = sulc.: 2,50, vel. e d. corte: 3,69; DMS exp.: 1,32.

* DMS NMDE: Exp. SM = sulc.: 0,11, vel. e d. corte: 0,16; Exp. BTU = sulc.: 0,08, vel. e d. corte: 0,12; DMS exp.: 0,07.

A ausência de efeito dos fatores avaliados sobre a porcentagem de sementes expostas e os baixos valores obtidos no experimento em solo de textura arenosa revelam que ambos os discos de corte e sulcadores associados às diferentes velocidades de deslocamento na semeadura proporcionaram condições adequadas de corte da vegetação de braquiária, de abertura de sulco, deposição das sementes e de cobertura das mesmas.

Observou-se que houve um alto valor de coeficiente de variação em

ambos os experimentos (323 e 157% respectivamente em SM e BTU) revelando a grande variabilidade do número de sementes expostas nas parcelas dos experimentos e, a existência de parcelas experimentais com ausência de sementes expostas. O expressivo valor do coeficiente de variação obtido no experimento em solo arenoso ocorreu devido à ocorrência de grande quantidade de sementes expostas em duas das parcelas experimentais, as quais apresentaram maior irregularidade da vegetação de cobertura, destacando-se maior presença de soqueiras decorrentes do rebrote da braquiária, as quais dificultaram o corte e abertura do sulco e, por consequência, as sementes ficam depositadas mais superficialmente e suscetíveis à exposição devido à menor disponibilidade de solo para sua cobertura.

De acordo com a análise conjunta dos experimentos foi possível verificar que houve maior porcentagem de sementes expostas em solo argiloso comparado ao solo arenoso coberto por vegetação de braquiária. Embora com maior quantidade de sementes expostas no experimento conduzido em solo argiloso (BTU), os valores observados são próximos aos obtidos por Mahl (2002) e inferiores aos índices de 1,4 e 3,4% de sementes expostas encontrados por Casão Júnior et al. (2000a) para velocidades de 4,5 e 8,0 km.h⁻¹ na semeadura direta de milho em solo classificado como muito argiloso (62% de argila).

Os resultados de porcentagem de manutenção de cobertura do solo apresentados no Quadro 11 mostram que não houve diferença estatística entre os tratamentos no experimento caracterizado por possuir solo arenoso totalmente coberto por vegetação de braquiária (SM). No entanto, houve efeito da interação entre os mecanismos sulcadores e de corte da vegetação para esta variável, os quais são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12. Interação entre os fatores sulcador e disco de corte para a variável porcentagem de manutenção de cobertura do solo (%) no experimento de São Manuel.

Sulcador	Disco de Corte		
	Liso	Ondulado	Recortado
Disco	96,67 Aa	95,67 Aa	97,00 Aa
Haste	96,19 ABa	96,96 Aa	94,50 Bb

* DMS d. corte: 1,94 e sulc.: 1,61.

O desdobramento da interação revelou que para o sulcador do tipo

haste, o disco de corte ondulado em relação ao recortado proporcionou maior porcentagem de manutenção da cobertura do solo (2,6%) ao passo que o do tipo liso não diferiu de ambos. Por outro lado, o uso do disco de corte recortado associado ao sulcador de disco duplo desencontrado permitiu a obtenção de 2,6% mais de manutenção da cobertura do solo em relação a seu uso associado à haste.

A ausência de efeito da velocidade de deslocamento sobre a porcentagem de manutenção de cobertura do solo também foi encontrada por Justino (1998) e Amado et al. (2005). Por outro lado, Coelho (1998), assim como no experimento em solo arenoso, não obteve diferença significativa na cobertura do solo quando testou cinco configurações de mecanismos sulcadores.

No experimento conduzido em solo argiloso, apenas os discos de corte não interferiram nos resultados de porcentagem de manutenção de cobertura do solo (Quadro 11). Com relação aos mecanismos sulcadores, o uso de hastes reduziu a cobertura do solo em 4,9% em relação aos discos duplos desencontrados. Tais resultados concordam com Grego (2002) que obteve maior cobertura do solo com o uso de disco duplo desencontrado e, divergem de Silva et al. (2001) que não obteve diferença significativa para a porcentagem de cobertura do solo entre estes sulcadores na semeadura direta de milho em solo argiloso.

O aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura provocou redução na porcentagem de manutenção da cobertura da superfície do solo sendo que nas velocidades de 5,5 e 7,9 km.h⁻¹ obteve-se maiores valores de porcentagem de cobertura os quais diferiram estatisticamente da maior velocidade de deslocamento testada que foi de 10,1 km.h⁻¹. Em experimento conduzido por Silva et al. (2001) a velocidade de deslocamento de 9,9 km.h⁻¹ também reduziu significativamente a porcentagem de manutenção de cobertura do solo quando comparada à velocidade de 4,4 km.h⁻¹.

Os resultados referentes à comparação entre os experimentos revelaram que a porcentagem de manutenção de cobertura do solo após a operação de semeadura do milho foi significativamente superior (aproximadamente 50%) no experimento em solo arenoso em relação ao argiloso. Isto se deve ao volume expressivo de resíduos vegetais de braquiária na superfície do solo (20 t.ha⁻¹ de matéria seca) de textura arenosa e ao aumento significativo (70%) de área de solo mobilizado no experimento cujo solo é argiloso como discutido em 6.3. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2001).

Os resultados apresentados no Quadro 11 mostram ainda que o número médio de dias para emergência de plântulas apresentou comportamento estatístico diferenciado frente aos fatores estudados nos dois experimentos. O mecanismo sulcador interferiu de forma significativa sobre o número médio de dias para a emergência de plântulas apenas no experimento em solo arenoso, em que o uso de discos duplos retardou o tempo de emergência das plântulas de milho em relação ao uso de hastes. Este atraso se deve à maior profundidade de deposição das sementes obtida com o uso do sulcador de disco duplo desconstruído conforme observado no Quadro 9. Desta forma, assim como relatado por Özmerzi (2002), a menor profundidade de deposição das sementes, nestas condições de solo e vegetação, demandou menor número médio de dias para a emergência das plântulas de milho.

Com relação ao efeito da velocidade de deslocamento na semeadura, ocorreu variação significativa no número médio de dias para emergência de plântulas somente em solo argiloso, sendo que na maior velocidade ($10,1 \text{ km.h}^{-1}$) houve emergência mais rápida das plântulas, ou seja, menor número médio de dias para emergência em relação às velocidades menores. Observando-se no Quadro 9 verifica-se que aqui também ocorreu a influência da profundidade de semeadura, pois na maior velocidade de deslocamento também houve menor profundidade de deposição das sementes embora esta não tenha diferido para o nível intermediário de velocidade. Mahl (2002) e Mello et al. (2005) variando a velocidade de deslocamento não obtiveram variação significativa para esta variável.

O número médio de dias para emergência foi influenciado pelos discos de corte da vegetação apenas no experimento em solo de textura arenosa (SM). O disco recortado proporcionou emergência de plântulas mais lenta em relação disco ondulado, sendo que o disco liso não diferiu estatisticamente dos demais.

De acordo com a comparação entre experimentos (Quadro 11), a emergência de plântulas de milho foi significativamente mais rápida (9%) em solo arenoso, estando neste caso, contraditórios aos resultados de profundidade de deposição das sementes. Entretanto, tal situação se justifica em função de que em ambos os experimentos, após a operação de semeadura ocorreram precipitações em um período inferior à 24 horas que provocaram um adensamento do solo sobre o leito de semeadura e, neste caso, o solo argiloso por sua estrutura e propriedades, é mais pesado e oferece maior resistência à emergência das plântulas tornando-a mais lenta.

6.5 Demanda de força de tração e potência na barra

Nos Quadros de 13 a 18 são apresentados os resultados referentes ao efeito dos fatores sobre a demanda de força de tração e potência média, máxima e específica.

Observou-se que as demandas de força de tração e potência foram influenciadas pelo mecanismo sulcador e pela velocidade de deslocamento. Com relação ao efeito dos mecanismos sulcadores, as variáveis de força de tração tiveram o mesmo comportamento estatístico que as variáveis de demanda de potência.

No experimento em solo arenoso, o sulcador de disco duplo desencontrado demandou maior esforço médio de tração e maior potência média em relação à haste sulcadora. Entretanto, em solo argiloso, houve efeito inverso, ou seja, a demanda média de força de tração e de potência foi maior para a haste. Tais resultados associaram-se à profundidade de abertura do sulco, em que o aumento da profundidade resultou em aumento da demanda média de força de tração e potência. Resultados semelhantes aos obtidos em solo argiloso com relação ao efeito dos sulcadores sobre a exigência média de força de tração foram obtidos por Silva (2000) e Silva (2003) que compararam os mesmos sulcadores em solos argilosos e obtiveram para o sulcador de hastes aumentos na demanda de força de tração de aproximadamente 70 a 100%, dependendo da profundidade de atuação.

As demandas de força de tração e potência máximas e específicas não foram influenciadas pelo mecanismo sulcador no experimento realizado em solo arenoso com cobertura vegetal de braquiária (SM), ao passo que, em solo argiloso este efeito foi verificado.

Os valores máximos de força de tração e potência no experimento em solo argiloso tiveram o mesmo comportamento estatístico das demandas médias de força de tração e potência, ou seja, o sulcador de hastes apresentou maiores valores de demanda máxima de força de tração e potência (6,3 e 8,7% respectivamente) em relação aos discos duplos desencontrados. Por outro lado, nas condições da área experimental do solo argiloso, o sulcador de hastes proporcionou menor força de tração específica (17,6%) e, por consequência, menor demanda de potência (15,1%) por cm de profundidade de abertura do sulco.

Quadro 13. Força de tração média - F_{MED} , força de tração máxima - F_{MAX} e força de tração específica - F_{ESP} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	F_{MED} (kN)		F_{MAX} (kN)		F_{ESP} (kN.cm ⁻¹)	
	SM	BTU	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador						
Disco	9,68 a	8,41 b	14,08 a	11,36 b	0,30 a	0,27 a
Haste	9,21 b	8,93 a	14,13 a	12,08 a	0,29 a	0,22 b
Velocidade						
5,5 km.h ⁻¹	9,10 b	8,28 b	12,67 b	10,93 b	0,29 a	0,24 a
7,9 km.h ⁻¹	9,49 ab	8,79 a	14,53 a	12,00 a	0,28 a	0,25 a
10,1 km.h ⁻¹	9,74 a	8,94 a	15,11 a	12,23 a	0,31 a	0,25 a
Disco de corte						
Liso	9,38 a	8,54 a	13,88 a	11,45 a	0,29 a	0,24 a
Ondulado	9,44 a	8,73 a	13,88 a	11,83 a	0,28 a	0,25 a
Recortado	9,51 a	8,74 a	14,55 a	11,89 a	0,31 a	0,25 a
C.V. (%)	6,55	5,77	16,10	5,65	16,72	10,87
Média	9,49 A	8,67 B	14,10 A	11,72 B	0,29 A	0,25 B

* DMS F_{MED} : Exp. SM = sulc.: 0,29, vel. e d. corte: 0,43; Exp. BTU = sulc.: 0,24, vel. e d. corte: 0,35; DMS exp.: 0,17.

* DMS F_{MAX} : Exp. SM = sulc.: 1,08, vel. e d. corte: 1,58; Exp. BTU = sulc.: 0,31, vel. e d. corte: 0,46; DMS exp.: 0,55.

* DMS F_{ESP} : Exp. SM = sulc.: 0,09, vel. e d. corte: 0,14; Exp. BTU = sulc.: 0,05, vel. e d. corte: 0,07; DMS exp.: 0,05.

Quadro 14. Demanda de potência média - P_{MED} , potência máxima - P_{MAX} e potência específica - P_{ESP} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	P_{MED} (kW)		P_{MAX} (kW)		P_{ESP} (kW.cm ⁻¹)	
	SM	BTU	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador						
Disco	21,21 a	18,39 b	31,16 a	24,73 b	0,66 a	0,58 a
Haste	19,99 b	19,81 a	30,95 a	26,89 a	0,62 a	0,49 b
Velocidade						
5,5 km.h ⁻¹	13,80 c	12,89 c	19,20 c	16,75 c	0,43 c	0,37 c
7,9 km.h ⁻¹	20,73 b	19,37 b	31,71 b	26,47 b	0,62 b	0,56 b
10,1 km.h ⁻¹	27,26 a	25,05 a	42,23 a	34,27 a	0,86 a	0,69 a
Disco de corte						
Liso	20,47 a	18,97 a	30,67 a	25,14 a	0,64 a	0,52 a
Ondulado	20,61 a	19,13 a	30,46 a	26,01 a	0,61 a	0,54 a
Recortado	20,71 a	19,20 a	32,03 a	26,34 a	0,67 a	0,55 a
C.V. (%)	8,05	4,67	17,19	6,86	17,88	12,22
Média	20,60 A	19,10 B	31,05 A	25,83 B	0,64 A	0,54 B

* DMS P_{MED} : Exp. SM = sulc.: 0,78, vel. e d. corte: 1,16; Exp. BTU = sulc.: 0,42, vel. e d. corte: 0,62; DMS exp.: 0,44.

* DMS P_{MAX} : Exp. SM = sulc.: 2,53, vel. e d. corte: 3,72; Exp. BTU = sulc.: 0,84, vel. e d. corte: 1,23; DMS exp.: 1,33.

* DMS P_{ESP} : Exp. SM = sulc.: 0,22, vel. e d. corte: 0,32; Exp. BTU = sulc.: 0,12, vel. e d. corte: 0,18; DMS exp.: 0,12.

A menor demanda de força de tração e potência específica obtida pelo sulcador do tipo haste em solo argiloso é um resultado interessante do ponto de vista de que em muitas publicações (Portella (2001), Siqueira e Casão Júnior (2004), Reis e Cunha (2005)) se observam que o uso de hastes, por proporcionar maiores profundidades de atuação em relação aos discos duplos, demandam maior esforço médio de tração. Desta forma, a demanda específica revela que se ambos os mecanismos sulcadores trabalhassem na mesma profundidade em solos argilosos, a haste sulcadora, possivelmente, demandaria menor esforço médio de tração. Tal observação estaria de acordo com os conceitos que definem hastes como ferramentas de preparo vertical do solo, projetadas para rompê-lo em seu plano natural de ruptura e demandar menor esforço para sua mobilização.

Com relação ao aumento da velocidade de deslocamento, verificam-se nos Quadros 13 e 14 que esta interferiu de forma significativa às variáveis de demanda de força de tração e potência. As demandas média e máxima de força de tração foram influenciadas pelo aumento da velocidade de deslocamento, de forma que em ambos os experimentos a velocidade de $5,5 \text{ km.h}^{-1}$ demandou menor esforço médio e máximo de tração em relação às velocidades de $7,9$ e $10,1 \text{ km.h}^{-1}$, exceto para a demanda média de força de tração na velocidade de $7,9 \text{ km.h}^{-1}$ em solo arenoso, que não diferiu das demais. A força de tração por profundidade de abertura do sulco em cada linha de semeadura não foi influenciada pela velocidade de deslocamento. Mahl (2002) realizando a semeadura de milho com sulcadores de disco duplo desencontrado, também detectou a influência da velocidade sobre a força de tração máxima e ausência de efeito sobre a demanda de esforço por cm de profundidade do sulco, sendo que para esta variável obteve valores médios de $0,31 \text{ kN.cm}^{-1}$ de profundidade do sulco. Por outro lado, a ocorrência de efeito da velocidade sobre a demanda de força média de tração discorda de Silva (2000) e Mahl (2002) e, no entanto, concordam com Casão Júnior (2000b), Siqueira et al. (2001) que obtiveram aumento da força de tração média e específica e, com Collins e Fowler (1996) os quais testaram nove configurações de elementos sulcadores e concluíram que houve um aumento médio na demanda de força de tração de 4% para cada km.h^{-1} de aumento na velocidade. Neste estudo, ocorreu em média um aumento de 1,6% ao incrementar em 1 km.h^{-1} a velocidade de deslocamento.

No Quadro 15 é apresentado o resultado da interação entre sulcador e velocidade de deslocamento para a força de tração específica no experimento em solo argiloso.

Observou-se que o uso do sulcador de discos duplos desencontrados associado às velocidades de 5,5 e 10,1 km.h⁻¹ reduziram significativamente a demanda de força de tração por cm de profundidade de abertura do sulco em relação a velocidade de 7,9 km.h⁻¹. Não há explicação lógica para tal observação visto que o esperado seria que alguma das velocidades extremas diferisse estatisticamente das demais.

Quadro 15. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável força de tração específica (kN.cm⁻¹) no experimento de Botucatu.

Sulcador	Velocidade		
	5,5 km.h ⁻¹	7,9 km.h ⁻¹	10,1 km.h ⁻¹
Disco	0,26 Ba	0,29 Aa	0,26 Ba
Haste	0,22 Ab	0,22 Ab	0,23 Ab

* DMS vel.: 0, 11 e sulc.: 0,09.

Houve efeito da interação entre os sulcadores e a velocidade de deslocamento para a demanda média de potência em solo argiloso, cujo desdobramento é apresentado no Quadro 16.

Quadro 16. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável demanda de potência média (kW) no experimento de Botucatu.

Sulcador	Velocidade		
	5,5 km.h ⁻¹	7,9 km.h ⁻¹	10,1 km.h ⁻¹
Disco	12,62 Ca	18,66 Bb	23,90 Ab
Haste	13,15 Ca	20,08 Ba	26,19 Aa

* DMS vel.: 0,88 e sulc.: 0,73.

Verificou-se que o efeito da interação ocorreu na velocidade de deslocamento de 5,5 km.h⁻¹ em que os valores de demanda de potência média não diferiram estatisticamente entre os sulcadores de haste e disco duplo desencontrado.

Considerando que a demanda de potência é uma relação direta da força de tração e da velocidade de deslocamento, verificou-se neste trabalho, para o fator velocidade, que as variáveis relacionadas à demanda de potência foram estatisticamente

influenciadas pela velocidade de deslocamento e, por outro lado, as variáveis de demanda de potência para o fator sulcador foram estatisticamente influenciadas pela demanda de força de tração. À medida que se aumentou o nível da velocidade de deslocamento, ocorreu aumento gradativo na demanda de potência média, máxima e específica. Comparando-se os níveis extremos de velocidade (5,5 e 10,1 km.h⁻¹), obteve-se aumento na exigência de potência por profundidade do sulco de 86 e 100% respectivamente para os solos argiloso e arenoso. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Oliveira (1997), Siqueira et al. (2001) e Mahl (2002).

O efeito dos discos de corte sobre as demandas de força de tração e potência foram verificados apenas na interação entre a velocidade e disco de corte para a demanda de força e potência máxima em solo argiloso. O desdobramento da interação para a força de tração máxima apresentado no Quadro 17 revelou que na velocidade de deslocamento de 10,1 km.h⁻¹ o disco de corte recortado apresentou maior demanda de força de tração máxima (10,5%) em relação ao disco liso, sendo que o ondulado não diferiu de ambos. O uso do disco de corte ondulado na maior velocidade apresentou maior força de tração máxima em relação à seu uso na menor velocidade de deslocamento, não diferindo da velocidade intermediária. Por outro lado, para o disco de corte recortado a força de tração máxima teve comportamento estatístico semelhante ao da velocidade de deslocamento, ou seja, o aumento significativo da velocidade provocou aumento significativo na força de tração máxima.

Quadro 17. Interação entre os fatores velocidade e disco de corte para a variável força de tração máxima (kN) no experimento de Botucatu.

Velocidade	Disco de Corte		
	Liso	Ondulado	Recortado
5,5 km.h ⁻¹	10,67 Ab	11,26 Ab	10,86 Ac
7,9 km.h ⁻¹	12,05 Aa	12,01 Aab	11,95 Ab
10,1 km.h ⁻¹	11,63 Ba	12,23 ABa	12,85 Aa

* DMS vel. e d. corte: 0,80.

No Quadro 18 observa-se que no desdobramento da interação entre velocidade e disco de corte em solo argiloso, a potência máxima na velocidade de 10,1 km.h⁻¹ foi reduzida com o uso dos discos de corte liso e ondulado em relação ao recortado.

Quadro 18. Interação entre os fatores velocidade e disco de corte para a variável demanda de potência máxima (kW) no experimento de Botucatu.

Velocidade	Disco de Corte		
	Liso	Ondulado	Recortado
5,5 km.h ⁻¹	16,26 Ac	17,31 Ac	16,69 Ac
7,9 km.h ⁻¹	26,62 Ab	26,77 Ab	26,01 Ab
10,1 km.h ⁻¹	32,55 Ba	33,94 Ba	36,33 Aa

* DMS vel. e d. corte: 2,14.

De acordo com os resultados do Quadro 13, em média, as demandas máximas de força de tração nos solos arenoso e argiloso foram respectivamente 49 e 35% maiores que a demanda média de força de tração. Tais resultados são superiores aos obtidos por Silva (2000) e Mahl (2002) que obtiveram variações entre 20 e 29% e, por outro lado são inferiores a 87% obtido por Levien (1999) para a semeadura direta de milho.

De acordo com a análise conjunta (Quadros 13 e 14), verificou-se que o solo e outras particularidades de cada área experimental influenciaram de forma significativa todas as variáveis de demanda de força de tração e potência, sendo que ambas tiveram o mesmo comportamento estatístico. Foram encontrados maiores valores para todas as variáveis de demanda de força de tração e potência em solo arenoso com vegetação de braquiária.

As condições da área experimental de São Manuel caracterizada por solo arenoso coberto por 20 t.ha⁻¹ de matéria seca de resíduos vegetais e eventuais soqueiras de braquiária, bem como o elevado volume de raízes da braquiária, embora tenham oferecido menor resistência à penetração de uma haste (item 5.1.2, Figura 2), possivelmente, ofereceram maior resistência ao corte e à abertura de sulco para deposição do fertilizante e de sementes e, ao mesmo tempo, dificultaram a aderência dos rodados do trator ao solo aumentando a patinação dos mesmos (Quadro 7) causando por consequência o aumento significativo da demanda de força de tração e potência. Em relação ao solo argiloso coberto por 7 t.ha⁻¹ de resíduos de milho, tremoço e plantas daninhas, o solo arenoso aumentou, em média, 8, 20 e 19% respectivamente, os valores de demanda de potência média, potência máxima e potência por cm de profundidade do sulco na linha de semeadura.

Collins e Fowler (1996) ensaiaram configurações de sulcadores, profundidades de trabalho e velocidades de deslocamento em quatro tipos de solos e

verificaram que ocorreu um aumento de 24% na demanda de força de tração em solos de textura argilosa quando comparados aos de textura arenosa. Desta forma, acredita-se que, neste trabalho, a maior demanda de força de tração no experimento de São Manuel, cujo solo é arenoso, se deve às características da vegetação de braquiária existente, tanto em termos de cobertura como de seu sistema radicular.

6.6 Consumo horário e operacional de combustível

No Quadro 19 são apresentados os resultados obtidos para o consumo horário de combustível e consumo de combustível por área semeada.

Quadro 19. Consumo horário de combustível - CHC e consumo operacional de combustível - COC, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	CHC (L.h ⁻¹)		COC (L.ha ⁻¹)	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	13,21 b	12,25 b	6,34 b	5,93 a
Haste	14,54 a	12,53 a	7,10 a	5,94 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	10,90 c	9,47 c	7,40 a	6,36 a
7,9 km.h ⁻¹	14,39 b	12,79 b	6,78 a	5,97 b
10,1 km.h ⁻¹	16,34 a	14,91 a	5,99 b	5,48 c
Disco de corte				
Liso	14,20 a	12,20 a	6,89 a	5,86 a
Ondulado	13,84 a	12,46 a	6,67 a	5,97 a
Recortado	13,59 a	12,51 a	6,61 a	5,99 a
C.V. (%)	12,00	4,41	13,59	3,27
Média	13,88 A	12,39 B	6,72 A	5,94 B

* DMS CHC: Exp. SM = sulc.: 0,79, vel. e d. corte: 1,16; Exp. BTU = sulc.: 0,26, vel. e d. corte: 0,38; DMS exp.: 0,41.

* DMS CEC: Exp. SM = sulc.: 0,43, vel. e d. corte: 0,64; Exp. BTU = sulc.: 0,09, vel. e d. corte: 0,14; DMS exp.: 0,22.

Verificou-se que o mecanismo sulcador influenciou o consumo horário de combustível nos dois experimentos, sendo que em ambos houve maior consumo horário quando se utilizou o sulcador do tipo haste. Com relação ao consumo operacional de

combustível, ou seja, consumo por unidade de área semeada, houve efeito dos sulcadores apenas em solo de textura arenosa, cujo comportamento estatístico foi igual ao do consumo horário de combustível. Resultados semelhantes com relação ao maior consumo de combustível proporcionado pelas hastes também foram relatados por Silva (2003) e Siqueira e Casão Júnior (2004).

Especificamente em solo arenoso, embora não tenha ocorrido variação estatística significativa na profundidade do sulco e na mobilização de solo, o sulcador de disco duplo desencontrado demandou 5% a mais de força de tração média em relação à haste e, entretanto, consumiu 11% menos de combustível por hectare semeado. Por outro lado, em solo argiloso, o uso de hastes aprofundou mais o sulco, exigiu 6% a mais de força média de tração, aumentou em aproximadamente 2% o consumo horário de combustível e, no entanto, não diferiu quanto ao consumo de combustível por hectare em relação aos discos duplos desencontrados. Tais resultados estão de acordo com Siqueira e Casão Júnior (2004) que relataram que o uso de hastes demanda maior consumo de combustível como consequência de sua maior profundidade de atuação e mobilização de solo.

O consumo horário de combustível em ambas as áreas experimentais diferiu estatisticamente entre as velocidades, tendo comportamento semelhante ao da demanda de potência, ou seja, à medida que se aumentou a velocidade de deslocamento, houve aumento significativo na demanda de potência e, por consequência, no consumo horário de combustível. Da menor para maior velocidade (5,5 a 10,1 km.h⁻¹) houve aumento de 50 e 57% respectivamente para os solos arenoso e argiloso. Em média ocorreu um aumento de 12% no consumo horário de combustível a cada km.h⁻¹ de aumento na velocidade de deslocamento na operação de semeadura. O efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento do consumo horário de combustível também foi obtido por Oliveira (1997), Mahl (2002) e Mahl et al. (2005).

Com relação ao consumo operacional de combustível, este foi influenciado pela velocidade de deslocamento. Em solo arenoso (SM) a maior velocidade de deslocamento (10,1 km.h⁻¹) em relação às demais proporcionou menor consumo de combustível por hectare semeado e, no argiloso, o consumo operacional de combustível foi inversamente proporcional ao aumento da velocidade de deslocamento. Comparando-se com a capacidade de campo efetiva (Quadro 6), pode-se observar que o aumento da velocidade de

5,5 para 10,1 km.h⁻¹, aumentou em 84% a capacidade de campo efetiva e reduziu em 15 e 19% o consumo de combustível por hectare respectivamente para os solos argiloso e arenoso. Mahl et al. (2005) também encontraram redução significativa do consumo operacional de combustível quando variaram níveis de velocidade entre 4,4 e 12,6 km.h⁻¹ para a semeadura do tremoço em solo argiloso.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 19, não houve variação estatística significativa do consumo horário e operacional de combustível em função do tipo de disco de corte utilizado nos dois experimentos.

Comparando-se o efeito das condições experimentais (SM e BTU) verificou-se que da mesma forma que a demanda de força e potência foram influenciadas, o consumo horário e operacional de combustível foi significativamente superior para as condições de solo e cobertura de São Manuel. Em média, o solo de textura argilosa coberto por resíduos vegetais de milho, tremoço e plantas daninhas, consumiu 5,94 L.ha⁻¹, enquanto que o solo arenoso coberto por vegetação de braquiária, consumiu 6,72 L.ha⁻¹ para a semeadura direta de milho, correspondendo à um aumento percentual de 13%.

O maior consumo de combustível obtido em solo arenoso está diretamente relacionado à demanda de potência e, portanto, são validas todas as justificativas apresentadas no item 6.5.

Tanto para o consumo horário quanto para o consumo operacional de combustível, assim como para as variáveis de demanda de força e potência (Quadros 13 e 14), houve maior variabilidade nas observações expressa pelo coeficiente de variação na área experimental de São Manuel. Tal fato pode estar associado à presença de soqueiras de braquiária em algumas parcelas experimentais, as quais oferecem maior resistência ao corte e à abertura de sulco causando picos nestas variáveis, gerando assim maior variabilidade.

6.7 Distribuição longitudinal de plântulas

Os resultados da distribuição longitudinal de plântulas expressos pelos percentuais de espaçamentos normais, múltiplos e falhos, coeficiente de variação e índice de precisão são apresentados nos Quadros de 20 a 23.

Quadro 20. Porcentagem de espaçamentos entre plântulas normais - PE_{NORMAIS} , múltiplos - $PE_{\text{MÚLTIPLOS}}$ e falhos - PE_{FALHOS} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	PE_{NORMAIS} (%)		$PE_{\text{MÚLTIPLOS}}$ (%)		PE_{FALHOS} (%)	
	SM	BTU	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador						
Disco	71,34 a	66,99 b	12,82 a	14,72 a	15,84 a	18,26 a
Haste	72,85 a	73,13 a	10,78 a	10,78 b	16,36 a	16,03 a
Velocidade						
5,5 km.h ⁻¹	82,65 a	79,10 a	8,29 b	9,38 b	9,06 c	11,45 c
7,9 km.h ⁻¹	71,32 b	70,96 b	12,03 a	12,73 ab	16,65 b	16,30 b
10,1 km.h ⁻¹	62,32 c	60,13 c	15,07 a	16,14 a	22,60 a	23,69 a
Disco de corte						
Liso	72,51 a	69,45 a	11,81 a	13,07 a	15,68 a	17,36 a
Ondulado	72,12 a	72,52 a	12,36 a	12,29 a	15,51 a	16,17 a
Recortado	71,65 a	69,21 a	11,23 a	12,89 a	17,12 a	17,91 a
C.V. (%)	10,06	11,49	42,27	41,09	34,95	32,23
Média	72,09 A	70,06 A	11,80 A	12,75 A	16,10 A	17,15 A

* DMS PE_{NORMAIS} : Exp. SM = sulc.: 3,43, vel. e d. corte: 5,05; Exp. BTU = sulc.: 3,81, vel. e d. corte: 5,61; DMS exp.: 2,54.

* DMS $PE_{\text{MÚLTIPLOS}}$: Exp. SM = sulc.: 2,36, vel. e d. corte: 3,48; Exp. BTU = sulc.: 2,48, vel. e d. corte: 3,65; DMS exp.: 1,69.

* DMS PE_{FALHOS} : Exp. SM = sulc.: 2,66, vel. e d. corte: 3,92; Exp. BTU = sulc.: 2,62, vel. e d. corte: 3,85; DMS exp.: 1,84.

Quadro 21. Coeficiente geral de variação - CGV e índice de precisão - IP, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	CGV (%)		IP	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	50,60 a	54,03 a	25,71 a	25,79 a
Haste	49,64 a	50,74 a	25,28 a	24,65 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	41,67 c	44,17 c	22,91 b	23,11 b
7,9 km.h ⁻¹	50,18 b	52,97 b	25,73 a	26,04 a
10,1 km.h ⁻¹	58,51 a	60,01 a	27,85 a	26,52 a
Disco de corte				
Liso	50,90 a	52,15 a	24,76 a	25,00 a
Ondulado	48,45 a	52,44 a	25,56 a	25,90 a
Recortado	51,01 a	52,56 a	26,18 a	24,27 a
C.V. (%)	12,30	18,58	13,49	14,50
Média	50,11 A	52,38 A	25,50 A	25,22 A

* DMS CGV: Exp. SM = sulc.: 2,92, vel. e d. corte: 4,29; Exp. BTU = sulc.: 4,61, vel. e d. corte: 6,78; DMS exp.: 3,18.

* DMS IP: Exp. SM = sulc.: 1,63, vel. e d. corte: 2,40; Exp. BTU = sulc.: 1,73, vel. e d. corte: 2,55; DMS exp.: 1,17.

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.

De acordo com os resultados da análise conjunta (Quadros 20 e 21) observou-se que para todas as variáveis de regularidade de distribuição longitudinal de plântulas de milho, não houve efeito significativo das condições de cada área experimental, ou seja, os valores obtidos para estes parâmetros foram semelhantes em ambos os experimentos, revelando que a significância dos efeitos dos fatores independe do tipo de solo e das condições de vegetação de cobertura e, portanto, é função dos componentes e das configurações das semeadoras-adubadoras e da velocidade de deslocamento. Desta forma, não havendo variação estatística significativa, utilizou-se, na discussão os valores médios dos dois experimentos.

Foi possível verificar que os mecanismos sulcadores, com exceção do efeito das interações, influenciaram apenas a porcentagem de espaçamentos normais e múltiplos no experimento em solo argiloso. A haste sulcadora proporcionou maior percentual de espaçamentos aceitáveis e menor percentual de espaçamentos múltiplos em relação ao disco duplo desencontrado. A ausência de efeito dos sulcadores sobre os parâmetros de distribuição longitudinal de plântulas de milho, assim como ocorreu no solo arenoso também foi encontrada por Mahl et al. (2001) e Takahashi et al. (2001).

Nos Quadros 20 e 21 observa-se que a velocidade de deslocamento mostrou efeito estatístico significativo sobre todas as variáveis relacionadas à regularidade de distribuição de sementes, avaliada pelos espaçamentos entre plântulas. O aumento da velocidade em ambos os experimentos provocou redução significativa no percentual de espaçamentos normais e aumento gradativo significativo no percentual de espaçamentos falhos e no coeficiente geral de variação. A influência do aumento da velocidade de deslocamento sobre a redução na regularidade de distribuição de sementes também foi constatada por Dambrós (1998), Fey et al. (2000), Mahl et al. (2004, 2005) e Mello et al. (2005).

O percentual de espaçamentos múltiplos também aumentou com a velocidade de deslocamento, no entanto, em solo arenoso as duas velocidades maiores (7,9 e 10,1 km.h⁻¹) apresentaram maiores valores diferindo da velocidade de 5,5 km.h⁻¹, ao passo que no solo argiloso, a maior velocidade em relação à menor, causou maior percentual de

espaçamentos múltiplos e a velocidade intermediária não diferiu das demais. Em média houve 35% mais de ocorrência de espaçamentos falhos em relação aos espaçamentos múltiplos. Dependendo da intensidade de ocorrência de espaçamentos falhos haverá redução significativa do estande.

A maior variabilidade na distribuição de sementes, expressada pelo coeficiente de variação entre os espaçamentos de plântulas de aproximadamente 60%, foi obtida na maior velocidade de deslocamento testada (10,1 km.h⁻¹). Dambrós (1998) também encontrou menor coeficiente de variação para a menor velocidade de deslocamento, ao passo que Amado et al. (2005) obteve maior coeficiente de variação na maior velocidade. Bonnin Acosta (2000) encontrou valores de coeficiente de variação acima de 45% quando variou a velocidade de deslocamento na operação de semeadura.

A avaliação do índice de precisão revelou que a velocidade de deslocamento de 5,5 km.h⁻¹, diferiu estatisticamente das demais nos dois experimentos, apresentando a melhor eficiência na distribuição de sementes, isto é, nesta velocidade, ocorreu a maior frequência de espaçamentos entre plântulas de milho cujos valores foram próximos do espaçamento desejado (17,70 cm). Resultados semelhantes foram publicados por Mahl et al. (2004) que avaliou velocidades de deslocamento de 4,4; 6,1 e 8,1 km.h⁻¹ na semeadura direta de milho com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Ressalta-se que o índice de precisão é obtido da relação entre o desvio padrão dos espaçamentos normais entre plântulas e o espaçamento de referência, portanto, quanto menor o índice, melhor a precisão na distribuição das sementes.

Como as condições experimentais não interferiram nos valores dos parâmetros de avaliação de regularidade de espaçamentos entre plântulas, elaborou-se um gráfico (Figura 9) com os valores médios dos dois experimentos onde se pode observar o comportamento das cinco variáveis com o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de milho.

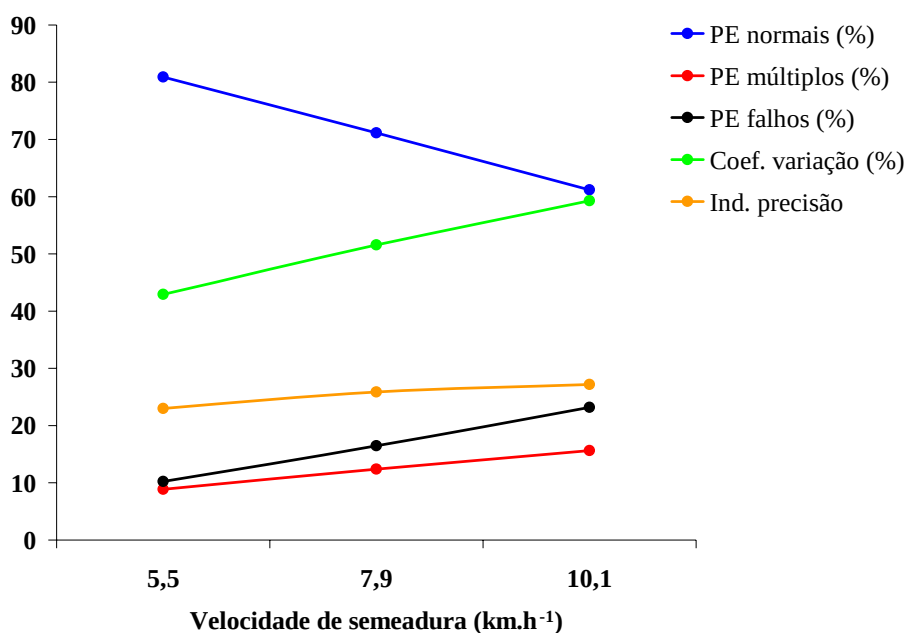


Figura 9. Comportamento das variáveis de regularidade de distribuição longitudinal de plântulas de milho com o aumento da velocidade de deslocamento.

Em média, o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de 5,5 para 10,1 km.h⁻¹ reduziu de 80,9 para 61,2% (24%) a porcentagem de espaçamentos normais e aumentou em 77 e 128% respectivamente o percentual de espaçamentos múltiplos e falhos. Além disto, considerando a média dos dois experimentos, este aumento de velocidade elevou de 43 para aproximadamente 60% o coeficiente geral de variação e elevou o índice de precisão de 23 para 27%. Isto significa que à medida que se aumentou a velocidade, aumentou a variabilidade dos valores de espaçamentos entre plântulas e, por consequência, aumentaram as irregularidades na distribuição longitudinal das sementes de milho expressas pelos piores índices de precisão.

Houve efeito da interação entre o mecanismo sulcador e a velocidade de deslocamento para porcentagem de espaçamentos múltiplos no experimento em solo arenoso (SM), cujo desdobramento é apresentado no Quadro 22. A interação ocorreu na velocidade de 10,1 km.h⁻¹ em que o sulcador de haste, assim como no experimento de Botucatu, proporcionou menor percentual de espaçamentos múltiplos entre plântulas. Por outro lado, no sulcador de disco duplo desencontrado, a velocidade de 7,9 km.h⁻¹ apresentou

porcentagem de espaçamentos múltiplos estatisticamente semelhante à velocidade de 5,5 km.h⁻¹ e, no sulcador de haste o percentual de espaçamentos múltiplos não diferiu estatisticamente entre as velocidades.

Quadro 22. Interação entre os fatores sulcador e velocidade para a variável porcentagem de espaçamentos múltiplos entre plântulas (%) no experimento de São Manuel.

Sulcador	Velocidade		
	5,5 km.h ⁻¹	7,9 km.h ⁻¹	10,1 km.h ⁻¹
Disco	7,80 Ba	12,33 Ba	18,32 Aa
Haste	8,78 Aa	11,74 Aa	11,83 Ab

* DMS vel.: 4,92 e sulc.: 4,09.

De acordo com os Quadros 20 e 21 verifica-se a ausência de efeito dos tipos de disco de corte da vegetação sobre os parâmetros de avaliação da regularidade de espaçamentos entre plântulas de milho. O único efeito foi observado na interação entre o mecanismo sulcador e os discos de corte para a porcentagem de espaçamentos falhos entre plântulas no experimento de São Manuel apresentado no Quadro 23. A interação ocorreu para o mecanismo sulcador de disco duplo desencontrado em que o disco de corte do tipo recortado apresentou aumento significativo (42%) no percentual de espaçamentos falhos em relação ao disco de corte liso, ao passo que o disco ondulado não diferiu dos demais.

Quadro 23. Interação entre os fatores sulcador e disco de corte para a porcentagem de espaçamentos falhos entre plântulas (%) no experimento de São Manuel.

Sulcador	Disco de Corte		
	Liso	Ondulado	Recortado
Disco	13,49 Ba	14,84 ABa	19,20 Aa
Haste	17,86 Aa	16,18 Aa	15,04 Aa

* DMS d. corte: 5,55 e sulc.: 4,61.

De acordo com os limites estabelecidos por Coelho (1996) para a certificação das semeadoras-adubadoras, os valores médios de espaçamentos normais obtidos nos dois experimentos (Quadro 20), estão na faixa desejada, ou seja, acima de 60%. No

entanto, observando-se os resultados obtidos com a variação da velocidade, verificou-se que na velocidade de $10,1 \text{ km.h}^{-1}$, em ambos os experimentos, o desempenho da semeadora quanto à distribuição de sementes apresentou uma tendência de ficar comprometido, pois os valores de porcentagem de espaçamentos normais (62,32 e 60,13%) ficaram, praticamente, no limite estabelecido. Por outro lado, segundo critérios estabelecidos por Tourino e Klingensteiner (1983) o desempenho da semeadora quanto a eficiência na regularidade de distribuição de sementes pode ser considerado bom na velocidade de $5,5 \text{ km.h}^{-1}$ e regular nas velocidades de $7,9$ e $10,1 \text{ km.h}^{-1}$. Resultados semelhantes foram publicados por Oliveira (1997) que avaliou a eficiência de distribuição de sementes de milho em duas classes distintas de solo e diferentes tipos de cobertura vegetal, classificando como bom o desempenho obtido na velocidade de deslocamento de 5 km.h^{-1} e regular na de 7 km.h^{-1} .

Com relação à variabilidade entre os espaçamentos, os valores médios de coeficiente de variação de 50,11 e 52,38% (Quadro 21) obtidos respectivamente nos experimentos em solos arenoso e argiloso foram ligeiramente superiores aos máximos admitidos por Coelho (1996). Ressalta-se, entretanto, que o autor não estabeleceu limites de velocidade para este parâmetro e, desta forma, como discutido anteriormente, o aumento da velocidade de deslocamento aumentou a variabilidade entre os espaçamentos, fazendo com que para ambos os sulcadores e discos de corte houvesse valores de coeficiente de variação em torno de 50%. Para este parâmetro, apenas na menor velocidade ($5,5 \text{ km.h}^{-1}$) os valores de coeficiente de variação permaneceram na faixa desejável.

6.8 Estande inicial, estande final e índice de sobrevivência de plantas

O Quadro 24 contém os resultados das avaliações de estande inicial, final e do índice de sobrevivência das plantas de milho.

Verificou-se que, nos dois experimentos, os valores de índice de sobrevivência de plantas não diferiram estatisticamente entre si para nenhum dos fatores avaliados, ou seja, a relação entre as plantas que emergiram e as que atingiram sua maturação e colheita, não foram influenciados pela velocidade de deslocamento e pelos mecanismos de corte e abertura de sulco.

Quadro 24. Estande inicial de plantas - E_{INICIAL} , estande final de plantas - E_{PLANTAS} e índice de sobrevivência de plantas - ISP, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	E_{INICIAL} (plantas.ha ⁻¹)		E_{FINAL} (plantas.ha ⁻¹)		ISP (%)	
	SM	BTU	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador						
Disco	68403 a	66458 a	57188 a	58750 a	83,75 a	88,60 a
Haste	66007 b	65625 a	55451 a	57535 a	84,40 a	88,26 a
Velocidade						
5,5 km.h ⁻¹	69948 a	68802 a	59167 a	60000 a	84,74 a	87,46 a
7,9 km.h ⁻¹	68073 a	66406 a	57083 a	59635 a	84,28 a	90,43 a
10,1 km.h ⁻¹	63594 b	62917 b	52708 b	54792 b	83,20 a	87,41 a
Disco de corte						
Liso	67552 a	65573 a	57031 ab	57656 a	84,67 a	88,32 a
Ondulado	67760 a	66354 a	58333 a	58854 a	86,33 a	88,81 a
Recortado	66302 a	66198 a	53594 b	57917 a	81,22 a	88,17 a
C.V. (%)	6,75	5,72	10,57	7,72	8,94	6,54
Média	67205 A	66042 A	56319 B	58142 A	84,08 B	88,43 A

* DMS E_{INICIAL} : Exp. SM = sulc.: 2149, vel. e d. corte: 3164; Exp. BTU = sulc.: 1789, vel. e d. corte: 2634; DMS exp.: 1381.

* DMS E_{FINAL} : Exp. SM = sulc.: 2819, vel. e d. corte: 4150; Exp. BTU = sulc.: 2124, vel. e d. corte: 3126; DMS exp.: 1743.

* DMS ISP: Exp. SM = sulc.: 3,56, vel. e d. corte: 5,24; Exp. BTU = sulc.: 2,74, vel. e d. corte: 4,03; DMS exp.: 2,22.

O efeito dos sulcadores, além do efeito da interação com os discos de corte, foi observado apenas para o estande inicial no experimento em solo arenoso (SM) em que o uso do sulcador de hastes reduziu em 3,5% a quantidade de plantas de milho no início do ciclo da cultura. Ao observar-se os resultados de deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora (Quadro 8), verifica-se que para ambas as rodas neste experimento, houve um maior deslizamento para o sulcador de disco duplo, fato este que geraria uma redução na dosagem de sementes e por consequência reduziria o estande inicial de plantas para este sulcador. No entanto, constatou-se que houve efeito contrário. Por outro lado, comparando com resultados obtidos por Soza et al. (2005), que obtiveram menor quantidade de plantas emergidas em maiores profundidades de deposição de sementes, também verificou-se que ocorreu efeito contrário, pois no experimento em solo arenoso houve maior profundidade de semeadura para o sulcador de discos duplos.

Uma possível justificativa para este efeito está nas condições geradas

de cobertura e de contato das sementes com o solo, pois foi possível visualizar que nestas condições de solo arenoso, com presença de grande quantidade de raízes de braquiária, bem como o elevado volume de resíduos em sua superfície, houve maior dificuldade de retorno do solo no sulco aberto, causando o efeito “faca na manteiga” em alguns casos, facilitando a ocorrência de bolsões de ar no sulco de semeadura. Desta forma, a haste por sua maior largura e forma de atuação em relação ao disco duplo, deve ter proporcionado, para esta área experimental, condições inadequadas de contato do solo com as sementes, gerando deficiência na germinação e, por consequência, na emergência das plântulas, reduzindo seu estande.

Comparando os mesmos sulcadores em solo de textura argilosa, Mello e Takahashi (2000), assim como no experimento de Botucatu, não encontraram variação significativa no estande inicial de plantas de milho. Por outro lado, Reis e Cunha (2005) relataram a ocorrência de menores quantidades de plantas emergidas em solo argiloso quando utilizou o sulcador de discos duplos, o qual, em relação à haste sulcadora, apresentou maiores valores de densidade do solo na região das sementes devido ao espelhamento lateral no sulco de semeadura.

Com relação ao efeito da velocidade de deslocamento, verificou-se que em ambos os experimentos os estandes inicial e final de plantas de milho foram significativamente inferiores na velocidade de $10,1 \text{ km.h}^{-1}$ em relação aos menores níveis de velocidade. Embora não houvesse variação significativa entre as velocidades de deslocamento de $5,5$ e $7,9 \text{ km.h}^{-1}$, houve uma redução progressiva nos estandes inicial e final com o aumento da velocidade de deslocamento na semeadura. Da menor à maior velocidade houve, na média dos dois experimentos, uma redução de 9% no estande inicial e, como não houve variação significativa no índice de sobrevivência de plantas, esta proporção praticamente se manteve no estande final em que atingiu 10% de redução.

Não houve variação significativa no deslizamento das rodas de acionamento da semeadora para a maior velocidade de deslocamento ($10,1 \text{ km.h}^{-1}$) que justificasse essa redução no estande, no entanto, os resultados do Quadro 20 revelaram que nesta velocidade ocorreu a maior porcentagem de espaçamentos falhos podendo contribuir para a redução no estande. Por outro lado, a maior velocidade de deslocamento pode também ter dificultado a atuação dos elementos de cobertura e compactação do solo sobre as sementes, prejudicando a germinação das mesmas, reduzindo, por consequência, o estande.

Silva et al. (2000) e Fey e Santos (2000) também verificaram que o estande de plantas de milho foi reduzido com o aumento da velocidade na operação de semeadura. Por outro lado, Mantovani et al. (1992), variando velocidades de deslocamento de 5,0 a 7,5 km.h⁻¹, não obtiveram variação estatística significativa no estande de plantas de milho; Oliveira et al. (2000a) não obtiveram efeito do aumento da velocidade sobre os estandes inicial e final de plantas de milho e; Mahl et al. (2005) verificaram que o aumento da velocidade de deslocamento não interferiu no estande inicial de plantas de tremoço.

Os efeitos dos discos de corte foram observados apenas para o estande final de plantas e na interação com os sulcadores, ambos no experimento em solo de textura arenosa (SM). No Quadro 24, verifica-se que o disco de corte do tipo ondulado proporcionou maior estande final de plantas em relação ao do tipo recortado, sendo que o do tipo liso não diferiu de ambos para esta variável.

Embora os valores de estande inicial e, principalmente, do índice de sobrevivência de plantas não tenham diferido estatisticamente, observa-se que foram superiores quando se utilizou o disco ondulado, fato este que pode ter ocasionado a redução significativa no estande final com o uso do disco recortado. Por outro lado, enquanto o disco de corte recortado, por suas configurações, possui menor área de contato, o ondulado possui maior área de contato e, conseqüentemente, menor compactação do sulco, fato este que pode ter favorecido ao disco ondulado à obtenção de melhores condições de emergência e desenvolvimento das plantas proporcionando maior estande final.

No Quadro 25 é apresentado o desdobramento da interação entre sulcador e disco de corte para o estande final de plantas no solo arenoso (SM).

Quadro 25. Interação entre os fatores sulcador e disco de corte para a variável estande final de plantas (plantas.ha⁻¹) no experimento de São Manuel.

Sulcador	Disco de Corte		
	Liso	Ondulado	Recortado
Disco	60000 Aa	59792 Aa	51771 Ba
Haste	54062 Ab	56875 Aa	55417 Aa

* DMS d. corte: 5869 e sulc.: 4883.

Verificou-se que o uso do sulcador de disco duplo associado aos discos de corte liso e ondulado proporcionou estandes finais semelhantes entre si e estatisticamente superiores quando associado ao disco de corte recortado. Por outro lado, os valores de estande final obtidos para os discos de corte não diferiram entre si quando associados ao uso de hastes sulcadoras. A interação revelou ainda que o disco de corte liso combinado com o sulcador de disco duplo proporcionou aumento de 11% no estande final em relação à sua combinação com a haste sulcadora.

Possivelmente a ausência de efeito dos discos de corte quando associadas ao uso de hastes sulcadoras sobre o estande final de plantas se deve ao fato de que a haste, por sua configuração, atuou a maiores profundidades, podendo ter inibido os efeitos dos discos de corte, entre eles a compactação do fundo do sulco e outras condições que favoreceriam o desenvolvimento das plantas.

As particularidades de cada área experimental não interferiram (Quadro 24) nos valores de estande inicial de plantas, no entanto, tiveram efeito significativo sobre o índice de sobrevivência e, conseqüentemente, no estande final de plantas de milho. Mesmo não diferindo estatisticamente, o estande inicial no experimento em solo argiloso foi 1,7% menor que no arenoso e, no entanto, devido ao maior número de plantas (5,2%) que atingiram a maturação e colheita no experimento em solo argiloso, o estande final foi 3,2% maior nesta área. A redução do índice de sobrevivência de plantas e por consequência do estande final obtidos em solo arenoso seguramente está associada às condições de solo, cobertura e contato do solo/sementes discutidas anteriormente e, à possível influência do elevado volume de resíduos vegetais da braquiária sobre o aproveitamento dos nutrientes do solo pelas plantas, fazendo com que as mesmas não chegassem ao ciclo final da cultura.

A exemplo dos resultados obtidos para o estande inicial, Oliveira et al. (2000a) avaliaram o desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto em dois tipos de solo e três tipos de cobertura vegetal e não obtiveram efeito dessas condições sobre os estandes inicial e final de plantas de milho.

Avaliando-se o desempenho da semeadora quanto à precisão na dosagem de sementes e à população final de plantas obtida em relação à desejada, verifica-se de acordo com a regulagem efetuada ($5,65 \text{ sementes.m}^{-1}$) esperava-se distribuir 70.625 sementes de milho por hectare. No entanto, como as avaliações foram feitas por meio do

estande (contagem das plântulas), é preciso considerar a redução no número das mesmas em função das perdas de poder germinativo das sementes, o qual de acordo com 5.1.4.2.1 foi de 96,7%. Desta forma, o estande inicial esperado foi de aproximadamente 68.300 plantas.ha⁻¹. De acordo com os resultados obtidos verificou-se que somente a menor velocidade de deslocamento em ambos os experimentos e o uso de sulcador de discos duplos em solo arenoso, proporcionaram valores de estande inicial que atingiram o desejado. No entanto, como discutido anteriormente, o aumento da velocidade reduziu significativamente a quantidade de plântulas e por consequência de sementes, fazendo com que em ambos os sulcadores e discos de corte (avaliados nas três faixas de velocidade) se obtivessem valores médios inferiores ao desejado. Em média, em relação ao estande inicial desejado, houve uma redução de 1,6 e 3,3%, respectivamente, nos experimentos em solo arenoso e argiloso.

De acordo com Coelho (1996) para a certificação das semeadoras-adubadoras quanto à regularidade na dosagem de sementes, é permitido uma variação máxima de 7% em torno da média. Segundo este critério, para todos os tratamentos avaliados neste trabalho houve um bom desempenho quanto a dosagem das sementes, pois nas duas áreas experimentais, a maior variação em relação à média foi de 5,4%. Casão Júnior et al. (2001) também obtiveram variações médias inferiores a 7%.

Por outro lado, esperava-se obter uma população final de 60.000 plantas.ha⁻¹, a qual foi atingida apenas na velocidade de 5,5 km.h⁻¹ no experimento em solo argiloso. Como já discutido, os valores de estande final foram dependentes do estande inicial e diferiram entre os experimentos em função do menor índice de sobrevivência de plantas no experimento em solo arenoso. Em média, em relação ao estande final desejado, houve uma redução de 3,1 e 6,1% respectivamente nos experimentos em solos argiloso e arenoso.

6.9 Diâmetro do colmo, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e índice de espigas

Nos Quadros 26 e 27 são apresentados os resultados referentes aos parâmetros de desenvolvimento das plantas de milho.

Quadro 26. Diâmetro do colmo - DC e altura das plantas - $AL_{PLANTAS}$, em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	DC (cm)		$AL_{PLANTAS}$ (m)	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	2,02 a	1,91 a	1,51 a	1,60 a
Haste	1,94 b	1,86 a	1,47 a	1,55 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	1,97 a	1,89 a	1,50 a	1,58 a
7,9 km.h ⁻¹	1,99 a	1,87 a	1,51 a	1,59 a
10,1 km.h ⁻¹	1,99 a	1,89 a	1,45 a	1,55 a
Disco de corte				
Liso	2,03 a	1,88 a	1,54 a	1,55 a
Ondulado	1,96 a	1,90 a	1,48 ab	1,60 a
Recortado	1,95 a	1,87 a	1,44 b	1,58 a
C.V. (%)	7,69	7,09	7,65	6,72
Média	1,98 A	1,88 B	1,49 B	1,58 A

* DMS DIAM: Exp. SM = sulc.: 0,07, vel. e d. corte: 0,11; Exp. BTU = sulc.: 0,06, vel. e d. corte: 0,09; DMS exp.: 0,05.

* DMS $AL_{PLANTAS}$: Exp. SM = sulc.: 0,05, vel. e d. corte: 0,08; Exp. BTU = sulc.: 0,05, vel. e d. corte: 0,07; DMS exp.: 0,04.

Quadro 27. Altura de inserção da primeira espiga - $AL_{ESPIGAS}$ e índice de espigas - I_{ESPIGA} , em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	$AL_{ESPIGAS}$ (m)		I_{ESPIGA}	
	SM	BTU	SM	BTU
Sulcador				
Disco	0,74 a	0,88 a	1,07 a	1,04 a
Haste	0,71 a	0,86 a	1,07 a	1,04 a
Velocidade				
5,5 km.h ⁻¹	0,74 a	0,89 a	1,06 a	1,04 a
7,9 km.h ⁻¹	0,73 a	0,89 a	1,08 a	1,05 a
10,1 km.h ⁻¹	0,70 a	0,87 a	1,07 a	1,04 a
Disco de corte				
Liso	0,75 a	0,85 a	1,07 a	1,05 a
Ondulado	0,73 ab	0,89 a	1,06 a	1,04 a
Recortado	0,69 b	0,86 a	1,07 a	1,04 a
C.V. (%)	10,30	9,12	4,34	3,00
Média	0,72 B	0,87 A	1,07 A	1,04 B

* DMS $AL_{ESPIGAS}$: Exp. SM = sulc.: 0,04, vel. e d. corte: 0,05; Exp. BTU = sulc.: 0,04, vel. e d. corte: 0,06; DMS exp.: 0,03.

* DMS I_{ESPIGA} : Exp. SM = sulc.: 0,02, vel. e d. corte: 0,03; Exp. BTU = sulc.: 0,01, vel. e d. corte: 0,02; DMS exp.: 0,01.

Os resultados revelaram que o diâmetro do colmo das plantas de milho foi influenciado estatisticamente apenas pelo mecanismo sulcador no experimento em solo arenoso. O sulcador de discos duplos desencontrados proporcionou, em média, aumento de 4% no diâmetro do colmo em relação às hastes. O menor diâmetro obtido para o sulcador de hastes possivelmente está associado à menor profundidade de deposição de sementes e às condições de contato solo/semente discutidas anteriormente.

Os parâmetros altura das plantas e altura de inserção da primeira espiga correlacionaram-se estatisticamente, sendo que apenas os discos de corte influenciaram estes parâmetros no experimento em solo arenoso. Observou-se que o disco de corte do tipo liso diferiu estatisticamente do recortado e estes não diferiram do ondulado. Em relação ao uso de discos recortados, as plantas de milho apresentaram em média 10 cm a mais na altura das plantas e 6 cm a mais na altura de inserção da primeira espiga quando se utilizaram discos de corte lisos.

A ausência do efeito da velocidade de deslocamento sobre o diâmetro do colmo, a altura das plantas e altura de inserção da espiga está de acordo com resultados obtidos por Mahl (2002) e por outro lado diverge de Silva et al. (2000) que encontraram nas maiores velocidades de deslocamento na operação de semeadura, menores alturas de inserção das espigas as quais se correlacionaram com a altura das plantas.

O índice de espigas que corresponde à relação entre a quantidade de espigas e a quantidade de plantas de milho no momento da colheita não foi influenciada por nenhum dos fatores avaliados em ambos os experimentos.

Analizando a influência das condições experimentais sobre os parâmetros de desenvolvimento da cultura do milho, verificou-se que para todos os parâmetros houve variação estatística significativa entre os experimentos. As plantas de milho em solo arenoso apresentaram maiores diâmetros (0,10 cm) e índice de espigas e, menores alturas de plantas (9 cm) e alturas de inserção da primeira espiga (15 cm), em relação às plantas do experimento em solo argiloso. Ressalta-se que essas proporções, na prática, são pequenas e pouco representativas. Possivelmente foram detectadas estatisticamente devido aos baixos coeficientes de variação das observações os quais foram menores de 10%.

A ocorrência de colmos mais grossos, associados à menores alturas de plantas e de inserção da primeira espiga em solo arenoso se devem às características e

limitações do solo quanto à sua textura, estrutura, fertilidade e características da cultura da braquiária que antecedeu o cultivo do milho nesta área. O maior índice de espigas significa que nesta área houve maior quantidade de plantas com mais de uma espiga.

6.10 Produtividade da cultura

Os resultados de produtividade da cultura do milho obtido nas duas áreas experimentais são apresentados no Quadro 28.

Quadro 28. Produtividade de grãos da cultura do milho - PROD em função dos fatores avaliados nos dois experimentos.

Fatores	PROD (kg.ha ⁻¹)	
	SM	BTU
Sulcador		
Disco	4050,30 a	5043,16 a
Haste	3706,91 a	4782,81 a
Velocidade		
5,5 km.h ⁻¹	4004,28 a	4970,21 a
7,9 km.h ⁻¹	4059,90 a	4848,24 a
10,1 km.h ⁻¹	3571,63 a	4920,50 a
Disco de corte		
Liso	4235,48 a	4709,39 a
Ondulado	4093,67 a	5069,36 a
Recortado	3306,67 b	4960,21 a
C.V. (%)	26,16	15,89
Média	3878,60 B	4913,00 A

* DMS PROD: Exp. SM = sulc.: 480,33, vel. e d. corte: 707,05; Exp. BTU = sulc.: 369,49, vel. e d. corte: 543,90; DMS exp.: 299,21.

Observou-se que os valores de produtividade diferiram estatisticamente apenas entre os discos de corte no experimento de São Manuel e em função das particularidades de solo e vegetação de cada área experimental.

Analisando-se o efeito significativo dos discos de corte sobre a produtividade das plantas de milho em solo arenoso (SM) observa-se que o uso dos discos de

corte lisos e ondulados proporcionaram respectivamente 28 e 24% a mais de produtividade de grãos de milho em relação ao uso de discos recortados.

A menor produtividade obtida com o uso do disco de corte recortado está diretamente associada ao menor estande de plantas no momento da colheita e às menores alturas das plantas e altura de inserção das espigas, as quais podem estar relacionadas à profundidade do sulco e de deposição de sementes e à área de solo mobilizado que embora não tenha diferido estatisticamente dos demais discos de corte foram ligeiramente inferiores para o disco recortado.

O disco de corte recortado em relação aos demais, apesar de não diferir estatisticamente, foi o que apresentou menor porcentagem de espaçamentos normais e maior porcentagem de espaçamentos falhos, fato que segundo Tourino (1993) pode ter contribuído para a menor produtividade. O autor relatou que a ocorrência de irregularidades na distribuição espacial das sementes pode ocasionar perdas na produtividade em torno de 15% ou mais. A ocorrência de maior valor de porcentagem de espaçamentos falhos seguramente contribuiu para o menor estande final cujos reflexos foram obtidos na produtividade. Neste sentido, Silva et al. (2000) também concluíram que a produtividade da cultura do milho correlacionou-se com o estande de plantas e a porcentagem de espaçamentos normais entre plantas.

Embora não tenha ocorrido diferença estatística significativa para alguns fatores, verificou-se que houve relação entre a produtividade e os estandes inicial e final. Menores estandes iniciais resultaram em menores estandes finais e menores produtividades. Tal efeito foi visualizado especialmente no em solo arenoso, em que para o sulcador de hastes obteve-se um estande inicial 3,5% inferior ao disco duplo, o estande final 3,0% inferior e a produtividade 8,5% inferior. Já para a variação entre as velocidades neste solo, apesar de os valores de produtividade não diferirem estatisticamente, em relação à menor velocidade, na velocidade de 10,1 km.h⁻¹ houve uma redução de 11% na produtividade como consequência da redução de 9 e 11% respectivamente nos estandes inicial e final de plantas de milho. Em solo argiloso (BTU) também houve relação entre estes parâmetros, no entanto, as proporções foram inferiores.

Avaliando os sulcadores de discos duplos e hastes, Mello e Takahashi (2000) não obtiveram variação no estande e produtividade da cultura do milho. Do mesmo

modo, Grego (2002) não obteve efeito destes sulcadores sobre a produtividade da cultura da soja. No entanto, Mello et al. (2001b) verificaram que a produtividade do milho foi 11,3% superior com o uso da haste sulcadora.

Furlani et al. (1999) e Mahl (2002) obtiveram resultados semelhantes aos dos dois experimentos e concluíram que a produtividade do milho não foi influenciada pela variação da velocidade de deslocamento. Todavia, Fey e Santos (2000) obtiveram redução de produtividade da cultura do milho com o aumento da velocidade na operação de semeadura, as quais relacionaram-se ao menor estande final e menor quantidade de espaçamentos normais entre plantas.

Com relação à diferença de produtividade obtida entre as áreas experimentais, observou-se que em solo argiloso (BTU) obteve-se uma produtividade 27% superior ao arenoso (SM). Neste caso, discordando de Silva et al. (2000), o maior índice de espigas obtido em solo arenoso não apresentou relação direta com a produtividade. Houve maior número de plantas com mais de uma espiga, fato este, associado ao menor estande final de plantas resultou em semelhante número de espigas colhidas por hectare. Desta forma, possivelmente, as características de solo, fertilidade e vegetação do experimento de São Manuel (apontadas no item 6.9) proporcionaram piores condições aos parâmetros de desenvolvimento das plantas de milho e, por consequência, menores espigas e menor produtividade da cultura.

7 CONCLUSÕES

Nas condições em que se executaram os dois experimentos e as avaliações deste trabalho, a análise dos dados permitiu chegar às conclusões que seguem.

A velocidade de deslocamento e a capacidade de campo efetiva não foram influenciadas pelo tipo de solo e cobertura vegetal.

O uso de diferentes discos de corte da vegetação não interferiram sobre os parâmetros de demanda energética e operacional, profundidade do sulco e de deposição das sementes, mobilização e cobertura do solo, número de sementes expostas, regularidade de distribuição longitudinal de plântulas, estande inicial, índice de sobrevivência de plantas, diâmetro do colmo e índice de espigas.

A velocidade de deslocamento não interferiu no deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora, profundidade do sulco, demanda específica de força de tração, índice de sobrevivência de plantas, diâmetro do colmo, altura de plantas, inserção e índice de espigas e produtividade.

No solo argiloso na menor velocidade de deslocamento houve maior profundidade de deposição de sementes e na maior ocorreu maior mobilização de solo e redução da cobertura vegetal.

Sulcadores de discos duplos desencontrados e hastes não influenciaram os parâmetros de patinagem, área de solo mobilizado, sementes expostas, espaçamentos falhos entre plântulas, sobrevivência e estande final de plantas, altura de plantas e de inserção de

espigas e produtividade.

Em solo de textura argilosa o mecanismo sulcador não interferiu no deslizamento das rodas de acionamento da semeadora-adubadora e o uso do sulcador de hastes reduziu a cobertura do solo e demandou 15% a menos de potência por cm de abertura do sulco em relação ao sulcador de discos duplos desencontrados.

Em solo arenoso hastes e discos duplos tiveram desempenho semelhante quanto à profundidade do sulco e área de solo mobilizado e, o sulcador de hastes, depositou as sementes mais superficialmente.

Em solo de textura arenosa a haste demandou menor força de tração e potência média e semelhante demanda de força de tração e potência específica. Em solo de textura argilosa a haste, em relação ao disco duplo desencontrado, aprofundou mais o sulco, demandou maior força de tração e potência média e menor esforço e potência específica.

Em solo arenoso a semeadura com haste em relação ao disco duplo demandou menor força de tração e potência e, no entanto, consumiu mais combustível.

O desempenho da semeadora-adubadora quanto à regularidade de distribuição de sementes não foi influenciado pelas condições de solo e cobertura vegetal, mas pela velocidade de deslocamento. Segundo Tourino e Klingensteiner (1983) foi caracterizado como bom na velocidade de 5,5 km.h⁻¹ e regular nas velocidades de 7,7 e 10,1 km.h⁻¹.

O aumento da velocidade de 5,5 para 10,1 km.h⁻¹ comprometeu a regularidade de distribuição de sementes, reduzindo significativamente o percentual de espaçamentos normais e aumentando os percentuais de espaçamentos múltiplos e falhos entre plântulas, bem como aumentou a variabilidade entre os espaçamentos de plântulas e piorou o índice de precisão na distribuição das sementes. A maior velocidade de deslocamento, reduziu em aproximadamente 10% o estande inicial e final de plantas de milho.

As particularidades de solo e vegetação do experimento em solo arenoso reduziram o índice de sobrevivência das plantas em relação ao experimento no solo argiloso, causando redução no estande final e na produtividade (27%) da cultura do milho.

Em solo arenoso o disco de corte recortado retardou a emergência das plântulas, proporcionou menores alturas de inserção de espigas e de plantas, menor estande final e reduziu a produtividade da cultura do milho.

No experimento conduzido em solo de textura argilosa, a

produtividade não foi afetada pelos sulcadores, velocidade de deslocamento e discos de corte e conseguiu compensar as irregularidades de distribuição das plantas e da redução do estande.

O tipo de solo e cobertura vegetal interferiram no desempenho global da semeadora-adubadora e de seus componentes de corte e abertura de sulco. O experimento em solo arenoso comparado ao argiloso, proporcionou maiores valores de: profundidade de semeadura, patinação do rodado do trator, porcentagem de manutenção de cobertura do solo, demanda de força e potência (média, máxima e por cm de profundidade do sulco), consumo horário e operacional de combustível, diâmetro do colmo e índice de espigas, e; menores de: profundidade do sulco, área de solo mobilizado, sementes expostas, número médio de dias para emergência de plântulas, estande final, índice de sobrevivência de plantas, altura de plantas e de inserção de espigas e produtividade.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

AGRIANUAL, Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo. FNP Consultoria & AgroInformativos, 2006.

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

AMADO, M.; TOURN, M. C.; ROSATTO, H. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. In: BARBOSA, O. A. (ed.). *Avances en ingeniería agrícola 2003-2005*. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 77-81.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE standards: standards engineering practices data*. 43. ed. Niles Road, 1996. 414 p.

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

ARAÚJO, A. G. et al. Desempenho da semeadora-adubadora direta PST² - Marchesan em solos argilosos. *Circular do Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina, n. 107, p. 1-44, 1999.

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônomicas. *Normas para a elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 2002. 24p.

ARAÚJO, A. G. et al. 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. 1 CD-ROM.

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

_____. Mecanização do plantio direto: Problemas e soluções. *Informe da Pesquisa*, Londrina: IAPAR, n. 137, 18p., 2001b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de norma 04.015.06-004*: semeadora de precisão - ensaio de laboratório - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994. 7 p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1995. 247 p.

BONNIN ACOSTA, J. J. *Avaliação de diferentes protótipos de semeadoras em covas para semeadura direta de milho*. 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Máquinas Agrícolas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

BOWMAN, D. I. Feasibility studies on planting corn trials to a stand. *Crop Science*, Madinson, v. 27, n.6, p. 1231-4, 1987.

BROCH, D. L.; BORGES, E. P.; PITOL, C. Integração agricultura-pecuária: uma tecnologia que traz bons resultados. In: *GUIA para plantio direto*. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 79-85.

CARDOSO, F. P. *Braquiária mais que pasto II*: palhada, alelopatia e fungos. Brasília: APDC, 2001a. p.4. (Direto no Cerrado, 20).

_____. Semeadura de precisão em plantio direto. *Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 64, p. 16-7, 2001b.

CASÃO JÚNIOR, R. et al. Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 PD no basalto paranaense. *Circular Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina, n. 105, p. 1-47, 1998.

_____. Desempenho da semeadora-adubadora SA 13500 : vence tudo em solos argilosos. *Circular Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina, n. 110, p. 1-46, 2000a.

_____. Desempenho das semeadoras-adubadoras MPS 1600 E MPS 1000 Imasa em solos argilosos. *Circular Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina, n. 111, p. 1-44, 2000b.

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

_____. 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. 1 CD-ROM.

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*, Passo Fundo, n. 65, p. 21-7, 2001.

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

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

COELHO, J. L. D. *Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo do solo*. 1998. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L. G. *Máquinas agrícolas: ensaio & certificação*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. Cap. 11, p. 551-70.

- COLLINS, B. A.; FOWLER, D. B. Effect of soil characteristics, seeding depth, operating speed, and opener design on draft force during direct seeding. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.39, n. 3, p. 199-211, 1996.
- CORRÊA, S. et al. *Anuário brasileiro do milho 2004*. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004. 136 p.
- CRUZ, I. O milho em destaque. In: CORRÊA, S. et al. *Anuário brasileiro do milho 2004*. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004. p. 6-8.
- DALLMEYER, A. U. Opções na semeadura. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 2, p. 6-9, 2001.
- DAMBRÓS, R.M. *Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores*. 1998. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Máquinas Agrícolas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- DELAFOSSÉ, R. M. *Máquinas sembradoras de grano grueso*. Santiago: Oficina Regional de La FAO para America Latina y el Caribe, 1986. 48 p.
- DERPSCH, R. et al. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschorn: GTZ, 1991. 272 p.
- DICKEY, E.C. No-till planting equipment. In: *Conservation Tillage Systems and Management*. Iowa State University. 1992. Cap.17, p.93-95.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of American Society Horticultural Science*, Alexandria, v.71, p.428-34, 1958.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.
- _____. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. In: _____. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. s.p.
- ENDRERUD, H. C. Dynamic performance of drill coulters in a soil bin. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 74, n. 4, p. 391-401, 1999.

ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: MILHO: informações técnicas. *Circular Técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste/EMBRAPA*, Dourados, n.5, p.108-10, 1997.

FANCELLI, A. L. Cultura do milho é fundamental na estabilidade do sistema plantio direto. *Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 67, p. 10-2, 2002.

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

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. *Brasil: expansão da área cultivada em plantio direto de 1992/93 a 2003/04: safra verão/safrinha/inverno*. Ponta Grossa, 2005. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.htm>>. Acesso em: 8 fev. 2005.

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. 1 CD-ROM.

FEY, E., SANTOS, S.R., FEY, A. Influência 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. 1 CD-ROM.

FURLANI, C. E. A. et al. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 17, p. 177-86, 1999.

FURLANI, C. E. A. et al. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 147-53, 2001.

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

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: MILHO: informações técnicas. *Circular Técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária 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*. 1998. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- KURACHI, S. A. H. et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. *Bragantia*, Campinas, v. 48, p. 249-62, 1989.
- KURACHI, S. A. H. et al. Código de avaliação de semeadoras e/ou adubadoras. *Documentos Instituto Agrônomico*. Campinas, n. 3, p. 1-138, 1986.
- LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation*, Fairmont, v. 36, n. 6, p. 341-3, 1981.
- LEVIEN, R. *Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (Zea mays L.)*. 1999. 305f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- MAHL, D. *Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (Zea mays L.) em sistema de plantio direto*. 2002, 160f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157. 2004.
- MAHL, D. et al. 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. 1 CD-ROM.
- MAHL, D. et al. Influência do aumento da velocidade na operação de semeadura da cultura do tremoço em sistema de plantio direto. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 8., 2005, Villa de Merlo. *Anais...* San Luiz. 2005. 1 CD-ROM.
- MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 12, p. 1579-86, 1992.

MARONI, J. et al. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contactado semilla-suelo durante la siembra. In: BARBOSA, O.A. (ed.). *Avances en ingeniería agrícola 2003-2005*. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 9-14.

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

MELLO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: MILHO: informações técnicas. *Circular Técnico Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste/EMBRAPA*, n.5, p.13-38, 1997.

MELLO, A. J. R. et al. Desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora e de híbridos de milho (*Zea mays* L.) em função da velocidade de semeadura. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 8., 2005, Villa de Merlo. *Anais...* San Luiz. 2005. 1 CD-ROM.

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. 1 CD-ROM.

MELLO, L.M.M., TAKAHASHI, C.M. Avaliação de mecanismos rompedores e rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras para cultivo 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. 1 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.

MERCANTE, E. et al. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

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. 301 p.

MOLIN, J. P.; CHANG, C. S. Desenvolvimento e testes de dosador vertical para semeadora de precisão. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 18-30, 1992.

MUNKHOLM, L. J. et al. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. *Soil & Tillage Research*, n. 71, p. 163-173, 2003.

OLIVEIRA, M. L. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, p. 1455-63, 2000a.

OLIVEIRA, M. F. B. et al. Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000b. 1 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*. 1997. 50f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

ÖZMERZI, A.; KARAYEL, D.; TOPAKCI, M. Effect of sowing depth on precision seeder uniformity. *Biosystems Engineering*, v. 82, n. 2. p. 227-230, 2002.

PACHECO, E. P. et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, p. 209-14, 1996.

PORTELA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo, 1993. p. 29-36.

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

PORTELLA, J. A.; SATLER, A.; FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e de milho em semeadura direta no sul do Brasil. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 71-8, 1997.

REIS, A. V. Erros na semeadura. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 2, p. 12-3, 2001.

REIS, E. F. *Inter-relação solo-semente com duas semeadoras-adubadoras de plantio direto, em diferentes umidades de um solo argiloso*. 2000. 51f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

REIS, E. F.; CUNHA, J. P. A. R. Disco ou facão? *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 46, p. 6-8, 2005.

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

RIGHES, A. A. et al. *Semeadura direta: comparação entre diferentes mecanismos sulcadores*. São Paulo. 1990. 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, p. 1231-6, 1994.

SANTOS, S. R. et al. 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. 1 CD-ROM.

SCALÉA, M. Plantio direto de milho: diversificar para agregar. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. *Resumos...* Foz do Iguaçu: F.B.P.D.P., 2000. p. 136-137.

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. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, 57, n. 1, p. 7-12, 2000.

SILVA, P. R. A. *Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (Zea mays L.) no sistema de plantio direto*. 2003, 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

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, 2000. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

_____. *Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas*. Botucatu, 1997. 148f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

SILVA, A. R. B. et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função de diferentes mecanismos sulcadores e velocidades de deslocamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, J. C. M. et al. Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e profundidades de deposição de sementes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 1125-128, 2005.

SIQUEIRA, R. et al. Demanda energética do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

SIQUEIRA, R. et al. 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. 1 CD-ROM.

SIQUEIRA, R., CASÃO JÚNIOR, R. *Trabalho no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema plantio direto*. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88 p.

SOZA, E. et al. Eficiencia de la implantación en siembra directa de soja (*Glycine Max* (L.) Merr), sobre una pastura plurianual con diferente distribución de rastrojo y profundidad de siembra. In: BARBOSA, O. A. (ed.). *Avances en ingeniería agrícola 2003-2005*. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 112-117.

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. 1 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. 2001. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

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

TOURINO, M. C. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadora-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 8., 1983, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1983. v. 2, p. 103-16.

VIEIRA, L. B.; REIS, E. F. Máquinas para o plantio direto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 43-48, 2001.

APÊNDICE

Apêndice 1. Temperatura média do ar e precipitação no período de condução do experimento.

Mês/ano	São Manuel		Botucatu	
	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)
Out/04	19,84	134,0	18,65	109,0
Nov/04	21,61	107,0	20,40	89,1
Dez/04	22,11	187,0	20,94	157,9
Jan/05	22,83	306,0	21,58	428,4
Fev/05	22,84	76,0	22,06	66,6
Mar/05	22,72	132,0	21,82	113,8
Abr/05	21,82	40,5	21,56	78,7
Mai/05	19,17	108,0	18,92	120,8
Jun/05	18,05	58,0	18,05	51,2
Jul/05	16,35	16,0	15,97	18,7

Fonte: Departamento de Ciências Ambientais / Fazenda Experimental Lageado.

Apêndice 2. Densidade (g.cm^{-3}) dos solos onde foram desenvolvidos os experimentos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

Blocos	São Manuel		Botucatu	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
B1	1,63	1,62	1,35	1,35
B2	1,70	1,67	1,29	1,34
B3	1,60	1,65	1,37	1,30
B4	1,64	1,61	1,32	1,37
Média	1,64	1,64	1,33	1,34

Apêndice 3. Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades na área experimental de São Manuel.

Blocos	Profundidade (cm)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
B1	0,92	1,72	2,20	2,38	2,48	2,32	2,32	2,22
B2	0,98	1,80	2,15	2,13	2,20	2,08	1,97	1,95
B3	0,77	1,15	1,78	1,95	1,87	1,65	1,55	1,38
B4	0,77	1,47	2,22	2,60	2,52	2,22	1,92	1,75
Média	0,86	1,95	2,09	2,27	2,27	2,07	1,94	1,83

Apêndice 4. Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades na área experimental de Botucatu.

Blocos	Profundidade (cm)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
B1	1,82	2,86	3,23	3,26	3,24	3,14	3,01	2,88
B2	2,09	2,85	2,97	3,10	2,95	2,86	2,76	2,74
B3	1,87	2,79	2,88	2,92	2,79	2,76	2,74	2,70
B4	1,71	2,58	2,78	2,74	2,62	2,64	2,69	2,59
Média	1,87	2,77	2,97	3,00	2,90	2,85	2,80	2,73

Apêndice 5. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da determinação da resistência do solo à penetração na área experimental de São Manuel.

Camada (cm)	Blocos				Média
	B1	B2	B3	B4	
0-10	9,20	10,87	11,80	7,87	9,94
10-20	8,35	11,00	10,22	6,95	9,13
20-30	8,23	10,70	11,67	6,93	9,38
30-40	8,88	10,28	11,04	7,49	9,42
Média	8,67	10,71	11,18	7,31	9,47

Apêndice 6. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da determinação da resistência do solo à penetração na área experimental de Botucatu.

Camada (cm)	Blocos				Média
	B1	B2	B3	B4	
0-10	24,84	28,15	26,45	27,30	26,68
10-20	25,62	28,58	26,29	25,72	26,55
20-30	25,09	28,17	25,99	27,08	26,58
30-40	25,75	28,89	26,27	26,95	26,97
Média	25,33	28,45	26,25	26,76	26,70

Apêndice 7. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho na área experimental de São Manuel.

Camada (cm)	Blocos				Média
	B1	B2	B3	B4	
0-10	10,82	11,41	12,75	8,34	10,83
10-20	10,12	11,91	12,71	8,70	10,86
20-30	9,46	11,04	12,37	8,72	10,40
Média	10,13	11,45	12,61	8,59	10,69

Apêndice 8. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho na área experimental de Botucatu.

Camada (cm)	Blocos				Média
	B1	B2	B3	B4	
0-10	23,90	24,01	26,18	24,56	24,66
10-20	24,76	24,08	26,87	23,86	24,89
20-30	25,69	24,42	26,95	25,34	25,60
Média	24,78	24,17	26,67	24,59	25,05

Apêndice 9. Velocidade de deslocamento na operação de semeadura do milho (km.h⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	5,5	5,7	5,7	5,5	5,1	5,5	5,4	5,5
T2	5,3	5,3	5,6	5,5	5,7	5,5	5,3	5,5
T3	5,4	5,0	5,3	5,6	5,6	5,4	5,6	5,5
T4	8,0	8,1	7,5	8,2	7,8	8,1	7,5	7,8
T5	7,9	7,4	7,7	7,7	8,1	8,0	8,0	8,1
T6	7,9	7,8	8,1	8,0	7,6	7,9	7,6	8,0
T7	10,0	10,1	10,6	10,6	10,1	9,5	10,0	9,9
T8	10,3	10,1	10,8	10,6	10,0	10,0	9,6	9,9
T9	10,1	10,1	9,6	9,9	10,6	10,0	10,3	9,7
T10	5,5	5,1	5,6	5,3	5,5	5,6	5,6	5,6
T11	5,5	5,4	5,5	5,4	5,6	5,5	5,5	5,6
T12	5,4	5,4	5,3	6,1	5,5	5,7	5,5	5,5
T13	8,0	8,5	7,8	7,7	8,0	7,9	8,2	8,3
T14	7,8	8,3	7,4	8,0	7,9	8,1	7,8	8,2
T15	7,9	7,6	7,6	7,8	8,0	7,9	7,7	7,9
T16	9,6	9,0	10,3	9,5	10,3	10,4	9,9	10,6
T17	10,4	10,1	9,9	10,0	10,4	10,4	9,7	9,7
T18	10,1	9,9	9,5	10,8	10,4	10,4	10,1	9,9

Apêndice 10. Capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	1,50	1,53	1,53	1,50	1,39	1,50	1,45	1,48
T2	1,44	1,44	1,51	1,50	1,54	1,48	1,44	1,48
T3	1,46	1,36	1,44	1,51	1,51	1,46	1,52	1,50
T4	2,16	2,18	2,03	2,21	2,11	2,18	2,03	2,11
T5	2,14	2,00	2,09	2,07	2,18	2,16	2,16	2,18
T6	2,14	2,11	2,18	2,16	2,05	2,14	2,05	2,16
T7	2,70	2,74	2,86	2,86	2,74	2,56	2,70	2,66
T8	2,78	2,74	2,90	2,86	2,70	2,70	2,59	2,66
T9	2,74	2,74	2,59	2,66	2,86	2,70	2,78	2,63
T10	1,48	1,39	1,52	1,44	1,48	1,52	1,51	1,52
T11	1,50	1,45	1,47	1,45	1,51	1,50	1,48	1,52
T12	1,46	1,46	1,43	1,63	1,48	1,53	1,47	1,48
T13	2,16	2,29	2,11	2,09	2,16	2,14	2,21	2,23
T14	2,11	2,23	2,00	2,16	2,14	2,18	2,11	2,21
T15	2,14	2,05	2,05	2,11	2,16	2,13	2,09	2,14
T16	2,59	2,43	2,78	2,56	2,78	2,82	2,66	2,86
T17	2,82	2,74	2,66	2,70	2,82	2,82	2,63	2,63
T18	2,74	2,66	2,56	2,90	2,82	2,82	2,74	2,66

Apêndice 11. Patinagem do rodado traseiro direito do trator (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	8,9	10,0	8,2	10,4	7,8	5,8	7,0	8,2
T2	11,5	10,0	8,2	10,0	5,8	7,8	7,0	7,8
T3	11,8	11,5	5,0	8,9	6,2	7,5	7,2	8,2
T4	9,7	7,0	14,2	10,0	7,3	6,6	9,3	5,8
T5	7,4	12,9	11,1	9,7	8,9	5,8	7,8	6,6
T6	7,0	10,0	5,0	10,0	9,3	9,3	9,2	9,5
T7	9,7	11,1	6,6	5,8	6,6	12,9	9,7	6,6
T8	6,6	8,6	5,8	8,2	7,4	8,9	8,2	8,2
T9	11,5	10,0	11,8	10,8	5,0	8,9	6,5	10,0
T10	7,0	6,6	7,0	7,4	7,0	8,9	6,9	8,8
T11	8,9	11,1	8,6	11,1	5,0	7,8	5,0	5,4
T12	7,0	9,3	9,7	7,4	6,2	6,2	5,8	8,2
T13	7,8	8,9	5,1	9,3	9,3	9,1	8,1	7,4
T14	7,8	6,6	11,1	7,4	8,9	5,8	7,0	6,6
T15	8,2	10,4	11,5	8,9	7,0	6,7	8,2	5,0
T16	8,9	12,2	5,2	11,8	6,2	7,1	9,2	8,6
T17	9,7	9,7	10,4	8,2	8,2	8,6	7,4	11,8
T18	11,5	11,1	6,6	5,8	7,4	5,8	7,0	9,3

Apêndice 12. Patinagem do rodado traseiro esquerdo do trator (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	8,2	8,6	7,8	7,8	8,6	7,0	7,4	8,9
T2	10,0	8,2	8,9	7,8	8,2	9,7	8,2	8,9
T3	11,1	10,0	5,8	7,0	7,0	8,4	8,2	9,3
T4	10,4	7,0	12,9	8,9	9,5	8,2	13,2	7,0
T5	8,6	12,2	11,8	8,6	10,4	7,4	8,9	8,6
T6	7,0	7,8	5,8	7,8	10,4	9,3	9,2	9,5
T7	9,7	10,8	7,4	6,2	7,4	14,5	10,4	7,4
T8	7,4	8,6	6,2	7,4	9,3	10,4	8,9	9,3
T9	9,7	8,2	10,8	8,9	5,8	9,2	6,8	11,1
T10	8,2	8,2	7,8	8,6	7,0	12,2	7,0	11,8
T11	9,7	10,8	8,9	8,6	7,0	9,3	6,6	6,6
T12	8,2	9,3	9,7	7,0	7,4	7,8	7,0	10,0
T13	9,7	9,7	6,6	10,0	11,1	10,8	9,0	8,6
T14	8,9	7,8	11,1	6,6	11,5	7,4	8,6	7,4
T15	8,6	12,5	12,5	8,6	8,6	8,3	10,4	5,8
T16	9,7	14,9	6,2	12,9	6,2	7,5	10,0	9,1
T17	8,6	8,9	11,5	7,0	7,8	9,7	8,9	12,9
T18	9,7	11,5	10,4	6,2	7,8	7,0	8,6	10,4

Apêndice 13. Deslizamento da roda de acionamento direita da semeadora-adubadora (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	-1,4	0,0	-2,7	-0,1	-2,1	-2,0	-2,7	-0,2
T2	0,0	-1,3	-2,3	-2,0	-1,8	-1,1	-1,5	-1,2
T3	0,0	-0,2	-2,6	-2,8	-3,8	-0,9	-2,2	-0,7
T4	-0,4	-2,5	-0,2	-0,2	-2,2	-3,7	-0,7	-3,7
T5	-2,0	0,0	-0,1	0,0	-1,6	-3,9	-2,0	-2,3
T6	-2,6	-3,8	-5,0	-0,4	-0,4	-1,2	-0,3	-1,2
T7	-0,1	-0,1	-4,9	-2,6	-3,7	-0,2	0,0	-3,5
T8	-4,3	-0,3	-4,3	-1,3	-2,3	-0,3	-0,4	-1,1
T9	-0,4	-1,1	-0,4	-0,2	-3,2	-0,3	-2,6	-0,2
T10	-2,7	-3,0	-0,2	0,0	-1,7	-2,6	-1,3	-4,1
T11	0,0	0,0	-0,6	0,0	-1,8	-0,4	-1,7	-1,2
T12	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-2,5	-2,4	-1,8	-0,1
T13	-0,8	-3,1	-4,7	-0,2	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8
T14	-0,1	-1,0	-0,8	-0,3	-0,2	-1,4	-0,2	-0,2
T15	-0,1	-0,1	0,0	-0,2	-1,2	-1,6	-0,1	-4,1
T16	-0,9	0,0	-2,3	0,0	-1,2	-2,5	-1,2	-3,1
T17	-0,8	-0,4	-0,1	-0,4	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
T18	-0,4	0,0	-1,3	-2,6	-1,0	-2,3	-1,1	-0,2

Apêndice 14. Deslizamento da roda de acionamento esquerda da semeadora-adubadora (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	-2,4	-2,0	-2,7	-0,5	-1,3	-2,5	-1,5	-1,1
T2	-0,9	-2,5	-1,4	-4,5	-0,9	-0,4	-1,4	-1,8
T3	-0,2	-0,5	-4,9	-4,1	-3,2	-1,2	-1,9	-0,7
T4	-0,3	-3,4	0,0	-4,8	-1,6	-1,6	-0,2	-4,8
T5	-2,8	-0,6	-0,1	-1,5	-0,9	-3,8	-1,6	-3,0
T6	-4,9	-5,4	-3,7	-2,8	-0,9	-1,1	-0,7	-1,1
T7	-2,4	-0,5	-3,5	-4,5	-2,6	-0,1	-0,4	-3,4
T8	-3,8	-1,0	-4,5	-3,4	-2,3	-0,9	-2,0	-1,9
T9	-0,5	-2,4	-2,3	-2,3	-3,2	-0,4	-2,4	-0,2
T10	-1,1	-1,2	-0,1	-1,1	-0,3	-2,4	-0,3	-3,9
T11	-1,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,7	-0,1	-2,7	-2,1
T12	-1,0	-0,3	-0,6	-2,8	-1,3	-1,4	-1,7	-0,1
T13	-0,2	-1,5	-4,1	-0,3	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2
T14	-0,7	-3,9	0,0	-2,6	-0,1	-1,7	-0,7	-0,9
T15	-0,9	-0,4	0,0	-2,1	-0,9	-1,6	-0,1	-4,1
T16	-0,1	-0,1	-3,2	-0,1	-1,7	-2,1	-1,1	-2,7
T17	-1,8	-0,7	-2,6	-1,8	-0,9	-0,2	-0,2	-0,4
T18	-0,5	-0,1	-0,5	-5,5	-1,5	-2,4	-0,9	-0,2

Apêndice 15. Profundidade do sulco de semeadura (cm).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	7,7	9,3	8,3	12,0	8,4	7,2	8,2	8,1
T2	8,0	7,4	8,0	10,8	8,2	9,0	7,4	7,6
T3	6,8	8,1	8,3	9,9	7,3	9,0	6,9	8,9
T4	7,3	6,6	7,8	10,5	8,0	7,2	9,7	9,2
T5	7,5	8,8	10,9	9,5	7,3	7,3	7,3	7,8
T6	5,9	11,5	9,4	6,5	6,4	7,2	7,4	6,1
T7	6,9	7,2	8,0	11,2	7,5	8,5	8,0	8,9
T8	7,4	7,0	8,2	10,5	8,2	8,7	9,2	6,8
T9	6,7	6,4	9,8	10,1	8,2	9,3	10,2	7,9
T10	6,9	8,1	6,4	7,5	9,9	10,9	11,4	8,9
T11	9,1	6,6	8,6	8,4	9,8	10,4	9,8	8,4
T12	6,7	7,5	8,1	9,1	9,7	10,3	10,3	9,0
T13	7,4	11,4	11,1	9,7	11,4	8,4	10,6	11,0
T14	7,8	13,0	8,8	8,1	10,7	10,2	11,7	11,0
T15	7,3	7,8	8,0	7,8	9,0	9,3	10,7	11,1
T16	5,3	7,6	7,8	10,0	11,1	10,3	10,6	9,1
T17	9,1	8,3	8,4	9,6	8,9	9,9	10,9	10,2
T18	8,1	7,2	6,6	9,5	10,6	9,5	10,0	10,1

Apêndice 16. Profundidade de deposição das sementes (cm).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	7,6	6,6	6,1	5,6	7,4	5,8	4,4	5,5
T2	5,9	5,7	5,7	4,6	4,7	6,0	5,1	4,4
T3	4,1	7,0	5,8	5,4	6,0	5,2	4,1	5,9
T4	6,3	7,4	6,0	6,0	5,2	4,6	4,4	5,2
T5	5,4	5,4	5,2	4,9	5,1	4,7	4,5	5,0
T6	5,7	4,1	6,0	3,8	4,5	3,8	4,0	4,7
T7	5,8	7,0	6,8	4,9	5,2	4,2	5,5	3,7
T8	4,8	5,6	5,2	6,6	4,4	4,4	4,5	4,2
T9	5,6	5,3	6,2	6,8	4,4	3,3	4,8	4,6
T10	5,6	6,6	6,4	4,6	6,1	6,2	5,9	6,2
T11	4,8	5,3	5,9	6,2	5,7	6,4	4,8	6,9
T12	4,7	4,3	4,5	5,7	5,6	5,2	6,2	6,1
T13	5,9	6,2	6,0	4,9	7,0	3,9	5,6	5,6
T14	4,3	6,1	6,0	4,9	5,6	5,3	4,3	5,6
T15	4,9	6,2	3,3	5,8	5,7	5,4	5,3	5,6
T16	4,8	2,2	6,0	5,2	4,8	4,8	4,5	4,8
T17	6,4	5,5	6,1	5,5	6,6	4,1	4,2	4,8
T18	5,3	4,3	6,6	4,5	4,9	4,2	4,1	5,0

Apêndice 17. Área de solo mobilizado no sulco de semeadura (cm²).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	83,88	65,02	96,27	117,74	128,59	123,48	127,18	148,11
T2	74,25	89,76	51,43	101,30	133,78	133,96	112,04	137,42
T3	64,39	65,49	69,34	95,20	107,63	156,86	110,20	133,98
T4	59,34	62,23	70,44	96,77	141,92	113,49	155,69	160,45
T5	48,61	71,72	104,12	85,42	139,63	132,82	113,73	164,75
T6	50,33	111,46	89,52	67,76	100,85	117,46	119,56	100,39
T7	68,07	59,20	71,90	108,40	135,06	158,40	128,00	139,97
T8	68,78	64,71	82,66	120,76	156,66	153,26	166,89	128,69
T9	53,04	70,73	79,72	117,44	181,58	168,35	179,98	136,43
T10	50,02	63,63	84,07	70,47	133,90	181,14	120,64	101,40
T11	87,23	49,11	84,95	102,71	138,32	147,26	136,53	111,78
T12	69,04	79,45	86,12	69,23	117,63	163,25	139,77	115,62
T13	64,94	102,11	96,26	93,49	153,32	123,63	117,98	150,94
T14	76,57	137,82	109,83	82,12	155,85	140,61	185,01	151,32
T15	64,66	59,90	103,96	91,10	119,06	115,70	139,99	157,92
T16	55,28	107,05	105,69	108,46	181,95	129,10	157,46	125,89
T17	94,10	61,82	82,12	89,59	142,49	146,91	169,76	129,38
T18	82,62	72,74	51,04	97,05	145,25	143,08	156,22	127,26

Apêndice 18. Porcentagem de sementes expostas (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,25	0,00
T2	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,20	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,48
T5	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,24
T6	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,24	0,22
T7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	1,36
T8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
T9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,26	0,26	1,11
T10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T11	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
T12	0,00	0,45	0,00	0,00	0,22	0,00	0,20	0,23
T13	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
T14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00
T15	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
T16	0,00	1,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
T17	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,49	0,27	0,00
T18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,48	0,25	0,47

Apêndice 19. Porcentagem de manutenção de cobertura do solo (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	98,00	98,50	98,00	97,50	64,72	74,41	65,96	64,14
T2	98,00	95,50	98,50	91,00	69,50	77,35	71,17	68,15
T3	97,50	98,50	95,50	89,50	60,94	77,19	64,68	76,12
T4	97,00	98,00	93,50	91,50	61,29	65,39	66,34	58,90
T5	96,50	95,50	98,00	95,00	59,67	65,15	62,44	61,31
T6	98,00	98,00	97,00	98,00	67,00	67,47	64,07	55,73
T7	96,00	98,50	98,50	95,00	47,53	55,41	55,16	59,04
T8	94,00	97,50	98,50	90,00	59,48	55,00	59,05	58,75
T9	96,00	98,50	99,00	98,50	38,16	62,37	55,44	60,52
T10	98,00	97,50	93,50	96,00	67,76	75,00	60,57	73,25
T11	96,00	97,50	98,00	99,00	72,58	75,44	71,81	56,91
T12	96,00	95,00	95,00	94,00	72,78	64,89	68,92	64,35
T13	98,50	96,80	98,00	92,00	57,01	73,70	70,93	65,79
T14	97,00	99,00	97,50	97,50	68,85	77,61	68,42	66,51
T15	98,00	97,00	94,50	92,00	63,96	75,68	72,96	65,63
T16	97,00	94,00	98,00	95,00	54,95	70,83	56,20	59,71
T17	95,00	95,00	97,00	95,00	56,86	62,22	58,36	59,21
T18	93,50	91,00	94,00	94,00	53,23	54,93	67,49	65,07

Apêndice 20. Número médio de dias para emergência de plântulas de milho (dias).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	5,79	5,54	5,83	5,35	6,69	6,20	6,27	6,12
T2	5,65	5,31	5,35	5,28	5,99	6,00	6,02	6,21
T3	5,49	5,97	5,87	5,61	6,45	6,00	5,93	6,16
T4	5,63	5,95	5,69	5,22	6,30	6,13	5,90	5,86
T5	5,37	5,31	5,39	5,34	6,24	6,28	6,22	6,07
T6	6,27	5,65	5,24	5,41	5,82	6,39	5,82	5,98
T7	5,28	5,66	5,71	5,19	6,14	5,72	5,85	5,91
T8	5,23	5,43	5,21	5,35	5,92	6,01	6,00	5,75
T9	5,87	5,39	5,95	5,49	5,85	5,86	6,23	5,85
T10	5,56	5,39	5,07	5,12	6,26	6,21	6,00	5,95
T11	5,47	5,65	5,21	5,15	6,14	6,11	5,89	6,23
T12	5,74	6,20	5,50	5,12	6,21	6,02	6,09	5,97
T13	5,06	5,07	5,23	5,19	6,11	6,18	6,02	6,02
T14	6,05	5,35	5,38	5,09	6,04	5,98	5,69	5,59
T15	5,69	5,40	6,02	5,41	6,14	6,38	5,98	5,72
T16	5,72	5,90	5,42	5,17	5,69	6,11	5,83	5,79
T17	5,39	5,35	5,42	5,18	6,04	6,16	5,97	5,59
T18	5,23	5,28	5,06	5,21	5,85	5,79	6,04	5,78

Apêndice 21. Demanda média de força de tração na barra (kN).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	9,17	9,47	9,85	8,18	8,36	8,44	8,19	8,08
T2	9,36	10,04	10,24	8,72	8,10	8,58	8,47	8,29
T3	9,78	9,33	10,00	8,08	8,22	8,28	8,26	8,28
T4	9,59	10,08	10,05	8,57	8,48	8,66	8,39	8,40
T5	10,07	11,19	10,16	8,80	8,86	8,73	8,49	8,26
T6	10,08	10,38	9,57	8,92	8,63	8,35	8,57	8,56
T7	10,53	10,23	9,35	9,22	8,66	8,70	8,79	8,74
T8	10,00	9,76	10,06	8,55	8,29	8,17	8,41	8,83
T9	10,79	10,44	10,49	9,22	8,49	8,98	8,55	9,05
T10	8,97	8,97	9,93	8,13	8,05	9,92	8,49	7,48
T11	8,37	9,78	9,41	7,76	8,54	8,74	8,69	8,35
T12	8,25	8,98	9,33	8,37	8,01	8,73	8,51	8,66
T13	8,55	11,49	8,82	8,65	9,34	9,26	9,15	9,07
T14	8,60	8,98	11,05	7,63	9,23	9,70	8,23	8,43
T15	9,02	9,87	9,38	8,28	9,23	9,02	8,59	9,24
T16	8,82	10,12	9,04	9,37	8,69	8,77	8,95	8,83
T17	10,05	10,79	9,47	7,79	9,79	9,80	9,01	9,48
T18	10,79	9,10	10,32	9,48	9,76	9,05	9,49	9,19

Apêndice 22. Demanda máxima de força de tração na barra (kN).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	12,04	12,43	13,24	10,76	10,61	11,34	10,32	10,61
T2	14,35	13,43	14,44	12,12	11,05	11,17	10,55	11,33
T3	13,74	13,67	13,77	10,48	10,27	10,19	10,45	10,60
T4	12,74	14,36	14,83	12,05	11,35	11,85	11,64	10,57
T5	16,48	14,86	14,68	11,63	12,31	11,69	10,73	11,41
T6	15,60	18,62	12,40	12,35	11,45	12,53	11,08	12,02
T7	17,96	15,10	12,66	12,95	11,15	11,69	11,79	11,84
T8	16,57	13,26	13,69	12,59	10,94	11,22	10,84	12,77
T9	17,37	18,80	15,38	15,38	11,94	12,72	12,16	12,90
T10	11,65	12,16	13,62	11,64	9,90	12,59	10,61	9,35
T11	11,69	14,53	12,79	9,54	11,84	11,26	11,62	11,23
T12	12,17	12,39	14,68	12,67	11,41	11,51	11,61	10,83
T13	13,86	20,08	13,44	14,20	12,85	12,79	12,70	12,62
T14	12,63	12,72	23,26	10,61	12,21	12,88	11,25	13,57
T15	14,45	14,61	14,02	14,24	12,59	12,13	11,69	12,12
T16	13,56	15,72	12,07	19,94	11,40	11,55	11,88	11,71
T17	16,14	17,51	12,16	11,52	14,54	12,74	12,66	12,12
T18	17,37	14,19	15,30	15,50	14,04	13,49	11,54	13,97

Apêndice 23. Demanda específica de força de tração na barra (kN.cm⁻¹ de profundidade).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	0,30	0,26	0,30	0,17	0,25	0,29	0,25	0,25
T2	0,29	0,34	0,32	0,20	0,25	0,24	0,29	0,27
T3	0,36	0,29	0,30	0,20	0,28	0,23	0,30	0,23
T4	0,33	0,38	0,32	0,20	0,27	0,30	0,22	0,23
T5	0,34	0,32	0,23	0,23	0,30	0,30	0,29	0,26
T6	0,43	0,23	0,25	0,34	0,34	0,29	0,29	0,35
T7	0,38	0,36	0,29	0,21	0,29	0,26	0,27	0,25
T8	0,34	0,35	0,31	0,20	0,25	0,23	0,23	0,33
T9	0,41	0,41	0,27	0,23	0,26	0,24	0,21	0,29
T10	0,32	0,28	0,39	0,27	0,20	0,23	0,19	0,21
T11	0,23	0,37	0,28	0,23	0,22	0,21	0,22	0,25
T12	0,31	0,30	0,29	0,23	0,21	0,21	0,21	0,24
T13	0,29	0,25	0,20	0,22	0,20	0,28	0,22	0,21
T14	0,28	0,17	0,31	0,24	0,22	0,24	0,18	0,19
T15	0,31	0,32	0,29	0,27	0,26	0,24	0,20	0,21
T16	0,42	0,34	0,29	0,24	0,20	0,21	0,21	0,24
T17	0,28	0,33	0,28	0,20	0,28	0,25	0,21	0,23
T18	0,34	0,32	0,39	0,25	0,23	0,24	0,24	0,23

Apêndice 24. Demanda média de potência na barra (kW).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	14,11	14,92	15,51	12,58	11,94	12,99	12,23	12,33
T2	13,87	14,88	15,88	13,41	12,86	13,09	12,55	12,65
T3	14,70	13,04	14,82	12,53	12,75	12,45	12,91	12,74
T4	21,30	22,65	20,95	19,47	18,40	19,45	17,48	18,26
T5	22,12	23,07	21,85	18,72	19,90	19,40	18,87	18,56
T6	22,16	22,56	21,50	19,82	18,16	18,34	18,05	19,02
T7	29,24	28,82	27,51	27,11	24,41	22,90	24,41	23,95
T8	28,58	27,49	30,02	25,15	23,02	22,68	22,44	24,18
T9	30,40	29,42	27,97	25,27	24,96	24,96	24,44	24,46
T10	13,69	12,81	15,51	12,05	12,29	15,50	13,17	11,69
T11	12,87	14,60	14,26	11,58	13,25	13,45	13,26	13,05
T12	12,41	13,50	13,72	14,06	12,23	13,76	12,89	13,22
T13	19,00	27,02	19,18	18,59	20,76	20,35	20,79	20,84
T14	18,70	20,65	22,79	16,96	20,28	21,80	17,89	19,16
T15	19,83	20,78	19,75	18,00	20,52	19,77	18,48	20,31
T16	23,52	25,31	25,83	24,65	24,82	25,42	24,52	26,37
T17	29,12	30,41	25,94	21,65	28,38	28,41	24,35	25,62
T18	30,40	24,94	27,15	28,29	28,29	26,23	26,73	25,17

Apêndice 25. Demanda máxima de potência na barra (kW).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	18,53	19,58	20,85	16,55	15,16	17,44	15,40	16,20
T2	21,25	19,89	22,38	18,65	17,54	17,05	15,63	17,29
T3	20,66	19,12	20,40	16,25	15,92	15,32	16,33	16,31
T4	28,31	32,26	30,89	27,39	24,61	26,62	24,25	22,98
T5	36,23	30,63	31,57	24,75	27,66	25,98	23,84	25,63
T6	34,29	40,48	27,86	27,44	24,11	27,54	23,33	26,72
T7	49,88	42,54	37,24	38,10	31,41	30,76	32,74	32,43
T8	47,35	37,35	40,87	37,03	30,40	31,16	28,90	34,98
T9	48,92	52,96	41,00	42,13	35,13	35,33	34,74	34,85
T10	17,79	17,37	21,28	17,25	15,12	19,67	16,45	14,60
T11	17,98	21,69	19,38	14,24	18,35	17,32	17,74	17,54
T12	18,30	18,63	21,59	21,29	17,41	18,13	17,59	16,53
T13	30,79	47,26	29,23	30,54	28,55	28,10	28,86	29,01
T14	27,46	29,24	47,96	23,58	26,83	28,93	24,45	30,85
T15	31,75	30,76	29,52	30,95	27,98	26,58	25,14	26,64
T16	36,17	39,30	34,49	52,47	32,56	33,48	32,54	34,44
T17	46,79	49,34	33,32	32,01	42,15	36,92	34,22	32,76
T18	48,92	38,88	40,26	46,28	40,70	39,11	32,51	38,29

Apêndice 26. Demanda específica de potência na barra (kW.cm⁻¹ de profundidade).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	0,46	0,40	0,47	0,26	0,36	0,45	0,37	0,38
T2	0,43	0,50	0,50	0,31	0,39	0,36	0,43	0,42
T3	0,54	0,41	0,45	0,32	0,44	0,35	0,47	0,36
T4	0,73	0,86	0,67	0,46	0,57	0,68	0,45	0,50
T5	0,74	0,66	0,50	0,49	0,68	0,67	0,65	0,60
T6	0,95	0,49	0,57	0,76	0,71	0,64	0,61	0,78
T7	1,07	1,00	0,87	0,61	0,82	0,67	0,76	0,67
T8	0,97	0,98	0,92	0,60	0,70	0,65	0,61	0,90
T9	1,14	1,16	0,72	0,63	0,77	0,67	0,60	0,77
T10	0,50	0,40	0,61	0,40	0,31	0,36	0,29	0,33
T11	0,35	0,55	0,42	0,35	0,34	0,32	0,34	0,39
T12	0,46	0,45	0,43	0,39	0,32	0,34	0,31	0,37
T13	0,65	0,59	0,43	0,48	0,46	0,61	0,49	0,47
T14	0,60	0,40	0,65	0,52	0,48	0,54	0,38	0,44
T15	0,68	0,67	0,62	0,58	0,57	0,53	0,43	0,46
T16	1,12	0,84	0,83	0,62	0,56	0,62	0,58	0,72
T17	0,80	0,92	0,77	0,57	0,80	0,72	0,56	0,63
T18	0,94	0,87	1,04	0,74	0,67	0,69	0,67	0,62

Apêndice 27. Consumo horário de combustível (L.h⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	10,25	11,06	11,34	8,86	9,00	9,69	9,13	9,07
T2	10,13	9,87	10,60	9,69	10,00	9,89	9,07	9,89
T3	10,29	9,57	10,40	9,21	9,49	9,46	9,45	9,42
T4	13,60	13,75	13,88	13,50	12,09	12,54	12,00	11,74
T5	13,45	14,47	13,94	11,87	13,35	12,80	12,40	12,94
T6	13,05	14,87	12,54	12,80	12,51	13,45	12,46	13,53
T7	16,50	17,24	15,88	15,35	15,21	14,21	15,50	13,32
T8	15,94	15,72	17,19	14,82	14,50	15,50	13,92	13,81
T9	17,24	16,23	16,32	14,30	15,35	14,86	14,88	14,59
T10	15,11	13,63	10,97	8,80	9,07	10,13	9,30	8,72
T11	14,12	10,48	13,91	8,60	9,77	9,97	9,07	9,28
T12	9,20	10,02	15,09	10,29	9,34	10,20	9,27	9,62
T13	18,40	17,36	16,83	12,77	13,95	13,83	13,30	13,24
T14	17,22	19,03	14,47	11,20	13,45	13,35	11,74	12,27
T15	17,80	13,64	13,64	11,35	13,20	12,49	12,00	12,26
T16	14,88	21,15	15,43	14,21	14,40	14,70	13,85	14,80
T17	17,22	17,24	15,78	12,50	16,17	17,22	13,62	15,08
T18	17,24	15,78	20,84	14,51	16,70	15,65	15,21	14,79

Apêndice 28. Consumo operacional de combustível (L.ha⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	6,85	7,22	7,41	5,93	6,48	6,48	6,30	6,11
T2	7,04	6,85	7,04	6,48	6,48	6,67	6,30	6,67
T3	7,04	7,04	7,22	6,11	6,30	6,47	6,22	6,30
T4	6,30	6,30	6,85	6,11	5,74	5,74	5,93	5,56
T5	6,30	7,22	6,67	5,74	6,11	5,93	5,74	5,93
T6	6,11	7,04	5,74	5,93	6,11	6,30	6,09	6,26
T7	6,11	6,30	5,56	5,37	5,56	5,56	5,74	5,00
T8	5,74	5,74	5,93	5,19	5,37	5,74	5,37	5,19
T9	6,30	5,93	6,30	5,37	5,37	5,50	5,36	5,56
T10	10,19	9,81	7,22	6,11	6,11	6,67	6,17	5,74
T11	9,44	7,22	9,44	5,93	6,48	6,67	6,11	6,11
T12	6,30	6,85	10,56	6,30	6,30	6,67	6,30	6,48
T13	8,52	7,59	7,96	6,11	6,46	6,47	6,02	5,93
T14	8,15	8,52	7,22	5,19	6,30	6,11	5,56	5,56
T15	8,33	6,67	6,67	5,37	6,11	5,86	5,74	5,74
T16	5,74	8,70	5,56	5,56	5,19	5,22	5,20	5,18
T17	6,11	6,30	5,93	4,63	5,74	6,11	5,19	5,74
T18	6,30	5,93	8,15	5,00	5,93	5,56	5,56	5,56

Apêndice 29. Porcentagem de espaçamentos normais entre plântulas de milho (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	74,17	72,62	88,56	88,40	76,19	58,79	90,39	74,17
T2	90,00	84,96	83,04	88,73	90,42	74,24	77,29	79,41
T3	81,62	82,21	90,42	74,18	83,04	78,13	83,89	77,29
T4	77,29	74,34	72,14	69,91	67,31	73,75	67,65	72,14
T5	84,72	71,24	62,35	80,63	60,00	59,63	56,70	71,18
T6	63,72	58,17	76,39	68,10	50,95	76,34	76,92	63,42
T7	71,79	57,72	57,14	71,25	40,95	59,89	43,28	51,67
T8	50,20	46,75	59,82	64,29	55,24	69,05	58,81	70,00
T9	52,14	48,57	59,80	70,83	53,85	59,07	65,71	45,83
T10	87,50	77,71	81,96	93,93	82,99	66,88	78,86	90,63
T11	73,07	81,43	84,72	82,94	85,71	77,29	80,00	80,78
T12	73,33	78,68	85,95	83,40	82,14	65,24	86,34	78,13
T13	81,49	58,33	62,78	72,50	79,51	72,84	77,71	76,67
T14	74,51	73,21	58,14	77,52	86,97	70,18	64,58	74,91
T15	70,59	62,50	70,38	90,63	76,89	68,57	68,99	89,18
T16	56,70	62,50	60,71	68,81	59,29	65,23	79,76	61,31
T17	69,00	55,08	65,24	69,29	72,14	61,46	75,79	64,79
T18	69,91	73,33	51,46	83,33	55,05	51,25	57,25	67,44

Apêndice 30. Porcentagem de espaçamentos múltiplos entre plântulas de milho (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	20,56	13,81	8,50	8,66	11,11	11,26	3,33	12,92
T2	7,50	7,89	3,13	11,27	3,13	6,67	16,99	11,76
T3	9,19	3,13	0,00	0,00	6,70	15,63	9,44	14,22
T4	6,46	7,89	13,81	15,61	23,85	12,92	14,71	10,48
T5	5,90	17,16	18,82	6,46	14,17	17,91	23,21	15,88
T6	16,73	13,94	14,58	10,63	17,62	6,70	3,85	21,32
T7	8,33	24,08	19,20	15,83	27,62	14,56	27,73	25,83
T8	21,37	28,08	13,39	14,29	24,05	10,00	17,14	14,44
T9	17,14	23,81	21,37	12,92	19,23	11,26	10,24	22,22
T10	3,13	13,78	5,88	2,94	8,33	11,11	12,13	6,25
T11	18,73	12,32	5,90	6,35	3,57	9,58	11,11	6,27
T12	10,00	12,13	11,27	2,94	3,57	14,05	6,51	9,38
T13	3,85	25,00	18,33	0,00	11,46	9,38	9,38	6,67
T14	12,55	13,57	14,71	5,88	2,94	10,53	20,49	16,49
T15	17,65	13,84	12,39	3,13	9,45	14,05	9,38	3,13
T16	16,52	8,33	16,07	6,90	8,33	9,55	11,11	13,57
T17	9,73	17,91	13,81	10,00	6,90	12,71	9,92	9,38
T18	9,73	13,33	16,25	3,33	16,35	29,38	18,04	17,69

Apêndice 31. Porcentagem de espaçamentos falhos entre plântulas de milho (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	5,28	13,57	2,94	2,94	12,70	29,95	6,27	12,92
T2	2,50	7,14	13,84	0,00	6,46	19,09	5,72	8,82
T3	9,19	14,66	9,58	25,82	10,27	6,25	6,67	8,50
T4	16,25	17,76	14,05	14,48	8,85	13,33	17,65	17,38
T5	9,38	11,60	18,82	12,92	25,83	22,46	20,09	12,94
T6	19,55	27,88	9,03	21,27	31,43	16,96	19,23	15,26
T7	19,87	18,20	23,66	12,92	31,43	25,55	28,99	22,50
T8	28,43	25,17	26,79	21,43	20,71	20,95	24,05	15,56
T9	30,71	27,62	18,82	16,25	26,92	29,67	24,05	31,94
T10	9,38	8,51	12,16	3,13	8,68	22,01	9,01	3,13
T11	8,20	6,25	9,38	10,71	10,71	13,13	8,89	12,94
T12	16,67	9,19	2,78	13,66	14,29	20,71	7,14	12,50
T13	14,66	16,67	18,89	27,50	9,03	17,79	12,92	16,67
T14	12,94	13,21	27,15	16,60	10,08	19,30	14,93	8,60
T15	11,76	23,66	17,23	6,25	13,66	17,38	21,63	7,69
T16	26,79	29,17	23,21	24,29	32,37	25,23	9,13	25,11
T17	21,27	27,01	20,95	20,71	20,95	25,83	14,29	25,83
T18	20,36	13,33	32,29	13,33	28,61	19,38	24,71	14,87

Apêndice 32. Coeficiente geral de variação de todos os espaçamentos entre plântulas (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	52,12	56,31	36,59	40,21	51,42	45,93	34,44	52,04
T2	37,87	39,09	37,09	38,57	42,57	61,63	42,71	43,83
T3	45,44	42,72	37,85	37,77	40,13	45,78	43,39	48,27
T4	45,29	51,33	53,50	58,20	63,32	48,00	50,95	55,44
T5	38,39	52,83	50,89	46,32	61,44	46,95	59,81	54,32
T6	58,26	60,24	42,12	47,49	63,56	46,69	55,34	58,45
T7	65,28	63,98	52,53	45,10	61,56	50,70	76,87	74,36
T8	64,12	62,52	52,28	51,32	70,08	58,90	55,94	62,59
T9	66,34	67,98	71,84	51,67	68,85	54,06	52,63	72,02
T10	33,93	46,87	45,66	27,42	39,45	57,47	43,20	29,53
T11	49,56	40,31	42,83	39,18	60,94	45,82	46,17	41,64
T12	49,91	49,54	33,65	39,50	35,58	58,04	36,45	46,61
T13	46,11	60,80	57,81	43,74	56,08	54,88	48,09	49,25
T14	50,01	52,16	55,00	38,67	34,86	48,12	54,99	58,89
T15	50,73	57,23	50,18	37,08	59,43	56,97	43,83	41,72
T16	55,41	66,78	63,31	53,31	46,08	57,01	54,92	53,56
T17	50,26	72,14	55,71	45,65	60,28	56,00	43,08	47,07
T18	63,63	65,20	56,81	40,97	53,75	60,63	55,97	93,36

Apêndice 33. Índice de precisão dos espaçamentos entre plântulas.

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	19,82	19,70	21,86	23,59	31,48	21,59	22,58	22,92
T2	25,67	15,99	22,10	28,24	29,40	25,89	21,07	20,41
T3	23,93	18,77	26,05	23,86	21,29	21,58	25,69	22,07
T4	28,43	24,05	24,28	25,04	27,24	21,59	31,42	23,84
T5	27,43	27,92	23,01	26,67	19,08	26,17	25,46	29,21
T6	27,46	28,38	21,29	28,87	23,24	28,31	26,28	29,40
T7	35,19	28,46	29,40	26,40	28,90	31,30	27,06	26,80
T8	29,35	27,48	25,30	25,88	29,01	26,14	32,31	26,28
T9	33,93	25,78	25,20	30,74	27,18	25,39	23,22	27,74
T10	18,55	23,70	23,48	21,89	18,32	22,54	24,84	20,20
T11	25,74	24,16	26,42	18,58	19,02	27,25	23,61	24,08
T12	25,13	24,19	16,13	32,25	27,00	21,74	17,05	22,94
T13	26,57	28,91	21,60	23,08	20,05	24,49	30,20	30,62
T14	27,50	23,65	17,23	27,62	27,82	25,79	29,55	27,02
T15	27,90	26,87	25,39	28,47	28,32	18,56	24,33	26,90
T16	21,07	26,92	24,81	27,34	21,16	28,08	25,00	17,82
T17	36,19	24,06	31,48	25,67	23,15	27,92	32,51	23,41
T18	27,86	28,11	24,46	27,26	30,21	25,33	25,84	24,78

Apêndice 34. Estande inicial de plantas de milho (plantas.ha⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	81250	65000	75000	70000	71250	62500	66250	70000
T2	78750	68750	67500	75000	68750	61250	72500	72500
T3	68750	63750	68750	57500	72500	70000	76250	70000
T4	67500	66250	66250	67500	72500	68750	71250	63750
T5	75000	72500	70000	68750	63750	66250	63750	67500
T6	76250	66250	76250	66250	60000	66250	63750	71250
T7	66250	66250	68750	67500	63750	67500	63750	66250
T8	65000	66250	68750	65000	62500	62500	61250	70000
T9	56250	68750	61250	63750	61250	61250	62500	57500
T10	63750	77500	70000	68750	67500	61250	67500	70000
T11	72500	67500	68750	67500	60000	70000	68750	75000
T12	67500	71250	75000	68750	67500	68750	71250	70000
T13	66250	70000	68750	60000	72500	62500	60000	72500
T14	66250	71250	62500	65000	65000	66250	68750	71250
T15	68750	66250	66250	63750	65000	66250	60000	65000
T16	71250	48750	62500	66250	50000	58750	63750	60000
T17	63750	55000	62500	62500	63750	63750	61250	66250
T18	65000	57500	62500	65000	61250	68750	66250	66250

Apêndice 35. Estande final de plantas de milho (plantas.ha⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	73750	53750	71250	61250	63750	60000	55000	57500
T2	71250	58750	57500	58750	60000	53750	66250	62500
T3	61250	48750	56250	51250	57500	58750	63750	58750
T4	61250	60000	61250	60000	66250	62500	65000	57500
T5	62500	60000	66250	63750	61250	65000	53750	63750
T6	57500	48750	60000	47500	56250	56250	60000	61250
T7	51250	58750	51250	56250	61250	62500	50000	55000
T8	53750	53750	65000	46250	56250	58750	51250	56250
T9	47500	50000	42500	50000	55000	61250	55000	46250
T10	52500	48750	56250	57500	60000	53750	57500	63750
T11	67500	65000	55000	52500	53750	67500	53750	65000
T12	45000	67500	63750	65000	66250	57500	65000	58750
T13	52500	57500	58750	53750	56250	58750	56250	53750
T14	62500	52500	52500	57500	62500	62500	60000	61250
T15	45000	55000	53750	60000	53750	63750	51250	62500
T16	53750	43750	52500	61250	48750	50000	52500	56250
T17	55000	48750	51250	62500	48750	55000	56250	57500
T18	52500	50000	52500	55000	53750	62500	51250	53750

Apêndice 36. Índice de sobrevivência de plantas de milho (%).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	90,46	82,69	95,00	87,80	88,44	95,99	83,93	82,31
T2	90,45	85,33	86,25	78,59	87,33	87,75	91,46	85,90
T3	89,22	76,85	81,88	89,13	80,41	84,39	84,04	84,23
T4	90,93	91,37	92,39	89,10	91,45	90,81	91,48	90,08
T5	83,33	82,76	94,64	93,00	95,65	98,33	84,08	94,51
T6	76,11	73,71	78,82	73,42	93,83	84,90	94,15	86,02
T7	77,28	88,82	75,27	83,33	96,15	92,08	78,70	83,99
T8	82,69	81,20	94,63	71,15	90,00	94,12	83,92	80,40
T9	85,50	72,94	69,90	78,94	90,13	100,00	88,14	81,54
T10	82,38	62,92	80,36	84,33	89,01	88,89	85,19	91,12
T11	93,10	96,55	80,09	79,58	89,83	96,43	78,71	86,67
T12	66,67	94,64	85,04	94,43	98,00	83,60	91,32	83,97
T13	79,13	81,61	85,61	89,58	76,44	94,00	93,83	74,40
T14	94,37	74,26	84,54	89,66	96,15	95,16	87,24	86,11
T15	65,54	83,29	81,50	94,15	83,58	96,21	85,48	96,43
T16	75,49	89,74	84,13	92,31	97,73	87,29	82,64	93,75
T17	86,11	88,74	82,00	100,00	76,46	86,31	92,06	86,82
T18	81,86	86,96	84,29	84,59	87,67	90,78	77,07	81,07

Apêndice 37. Diâmetro do colmo das plantas de milho (cm).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	19,74	23,38	19,68	20,28	17,05	20,27	18,12	19,09
T2	18,09	22,39	19,03	17,12	19,67	20,38	16,98	20,61
T3	20,55	22,51	19,59	19,06	20,40	19,80	18,69	18,58
T4	19,20	20,35	23,54	16,67	17,37	20,08	17,34	18,26
T5	19,35	20,33	21,88	18,56	20,37	19,15	20,03	18,85
T6	18,38	21,14	18,74	22,46	20,91	16,15	19,74	20,09
T7	18,58	22,85	21,05	19,29	18,32	18,94	18,09	19,43
T8	21,35	20,07	22,27	18,77	20,15	18,03	19,84	20,25
T9	21,13	18,65	21,11	20,91	15,98	18,95	20,08	19,75
T10	21,15	19,93	19,27	19,29	20,40	19,19	16,59	18,89
T11	19,87	20,62	17,99	17,69	16,76	19,57	19,61	17,77
T12	18,79	21,74	16,15	17,58	18,21	18,68	18,63	19,39
T13	21,13	19,48	19,19	19,54	17,68	20,57	18,93	18,43
T14	20,48	20,48	19,87	18,93	18,17	18,28	19,56	18,26
T15	18,41	18,98	20,09	19,82	17,51	19,16	16,07	17,39
T16	18,68	21,56	22,48	20,76	19,62	19,36	18,60	20,91
T17	18,76	20,51	19,40	15,82	19,91	18,35	16,04	19,40
T18	16,94	18,51	18,60	18,87	17,16	17,50	20,71	18,73

Apêndice 38. Altura das plantas de milho (m).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	1,57	1,60	1,63	1,57	1,45	1,56	1,63	1,61
T2	1,38	1,51	1,50	1,33	1,70	1,55	1,65	1,55
T3	1,52	1,73	1,62	1,45	1,40	1,74	1,75	1,54
T4	1,56	1,59	1,82	1,33	1,66	1,70	1,66	1,47
T5	1,58	1,42	1,62	1,54	1,77	1,64	1,65	1,55
T6	1,33	1,45	1,41	1,49	1,70	1,60	1,65	1,68
T7	1,29	1,69	1,45	1,56	1,52	1,56	1,46	1,49
T8	1,60	1,50	1,48	1,41	1,62	1,64	1,39	1,67
T9	1,34	1,29	1,53	1,62	1,59	1,54	1,63	1,47
T10	1,45	1,46	1,56	1,53	1,73	1,63	1,26	1,54
T11	1,59	1,49	1,36	1,45	1,62	1,51	1,48	1,57
T12	1,28	1,68	1,33	1,46	1,69	1,54	1,63	1,60
T13	1,54	1,37	1,55	1,45	1,57	1,61	1,41	1,48
T14	1,51	1,43	1,58	1,54	1,63	1,60	1,64	1,57
T15	1,39	1,38	1,64	1,61	1,55	1,57	1,39	1,52
T16	1,50	1,67	1,64	1,50	1,69	1,57	1,30	1,57
T17	1,48	1,43	1,56	1,30	1,67	1,67	1,33	1,67
T18	1,08	1,35	1,28	1,35	1,54	1,39	1,59	1,63

Apêndice 39. Altura de inserção da primeira espiga das plantas de milho (m).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	0,78	0,81	0,85	0,74	0,82	0,88	0,94	0,94
T2	0,65	0,82	0,70	0,61	0,98	0,87	0,95	0,84
T3	0,77	0,89	0,73	0,65	0,76	0,97	0,98	0,83
T4	0,69	0,83	0,99	0,59	0,90	0,87	0,91	0,76
T5	0,76	0,72	0,83	0,70	1,05	0,84	0,93	0,84
T6	0,65	0,71	0,66	0,71	0,88	0,88	0,99	0,94
T7	0,69	0,86	0,74	0,73	0,82	0,85	0,72	0,83
T8	0,84	0,72	0,68	0,67	0,89	0,89	0,78	0,89
T9	0,63	0,61	0,76	0,82	0,84	0,87	0,81	0,77
T10	0,66	0,73	0,77	0,70	0,97	0,90	0,66	0,92
T11	0,85	0,74	0,73	0,71	0,91	0,87	0,82	0,90
T12	0,59	0,84	0,66	0,73	0,87	0,87	0,95	0,84
T13	0,80	0,69	0,77	0,66	0,87	0,93	0,75	0,80
T14	0,66	0,79	0,75	0,71	0,91	0,88	0,91	0,83
T15	0,65	0,76	0,82	0,73	0,86	0,92	0,70	0,78
T16	0,65	0,86	0,78	0,72	0,98	0,87	0,69	0,77
T17	0,69	0,76	0,75	0,64	0,98	0,94	0,70	0,97
T18	0,48	0,59	0,60	0,61	0,86	0,77	0,84	0,88

Apêndice 40. Índice de espigas das plantas de milho.

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	1,06	1,09	1,04	1,04	1,05	1,07	1,07	1,07
T2	1,00	1,00	1,11	1,06	1,04	1,05	1,00	1,02
T3	1,06	1,08	1,11	1,07	1,04	1,06	1,04	1,06
T4	1,06	1,08	1,04	1,00	1,02	1,10	1,10	1,07
T5	1,04	1,07	1,11	1,08	1,04	1,04	1,03	1,06
T6	1,06	1,18	1,03	1,14	1,05	1,02	1,04	1,10
T7	1,11	1,00	1,11	1,00	1,00	1,06	1,08	1,05
T8	1,14	1,11	1,10	1,00	1,00	1,04	1,04	1,00
T9	1,00	1,03	1,09	1,07	1,02	1,02	1,07	1,11
T10	1,10	1,03	1,11	1,11	1,04	1,00	1,02	1,06
T11	1,04	1,02	1,07	1,10	1,00	1,04	1,08	1,05
T12	1,03	1,03	1,06	1,09	1,06	1,00	1,04	1,00
T13	1,10	1,00	1,00	1,14	1,09	1,09	1,04	1,07
T14	1,14	1,00	1,10	1,13	1,02	1,10	1,00	1,00
T15	1,05	1,11	1,12	1,06	1,05	1,06	1,10	1,02
T16	1,07	1,11	1,17	1,09	1,10	1,00	1,00	1,00
T17	1,10	1,02	1,00	1,00	1,08	1,05	1,05	1,07
T18	1,07	1,07	1,10	1,07	1,00	1,06	1,02	1,03

Apêndice 41. Produtividade da cultura do milho (kg.ha⁻¹).

TRAT	São Manuel				Botucatu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	6818,19	4361,15	3826,52	3094,12	5332,27	5549,38	5930,30	3755,43
T2	5803,62	3391,15	4237,07	2444,43	4894,74	4797,79	6515,07	4803,61
T3	4909,39	4340,64	5052,78	3630,57	4169,01	5117,79	5668,38	5413,81
T4	6131,89	6324,71	6016,67	2710,96	5888,16	5179,69	4899,04	3820,23
T5	3714,20	4978,70	5076,55	3694,04	5858,83	5781,19	4613,27	5300,58
T6	2278,74	2728,56	3099,42	2416,99	5203,37	5174,28	5993,22	3926,94
T7	4379,43	4556,43	4152,24	3433,24	5127,15	5485,76	4015,05	3599,04
T8	6174,15	4174,36	3133,57	3525,05	5040,62	6380,99	3995,08	4457,28
T9	2355,86	2334,73	2697,65	3812,86	5860,58	5419,19	5148,49	3441,30
T10	3171,12	2168,51	5075,55	3604,56	5403,92	4871,61	4462,08	4057,04
T11	6003,40	3429,71	2497,45	3944,22	4669,38	5819,63	3985,58	4010,22
T12	2369,39	4699,69	3521,77	3707,76	5413,43	4510,66	5740,28	4396,76
T13	5149,28	3695,86	4164,38	3725,77	3282,23	4790,28	3274,02	4543,68
T14	3720,22	4664,01	4992,79	3879,65	4716,70	5199,20	5423,81	4766,16
T15	2926,07	3383,99	3785,89	4178,21	4562,34	4316,24	3887,09	5957,31
T16	2843,23	4682,87	4385,39	3179,40	5761,84	4978,52	3411,42	5607,27
T17	3462,73	4606,68	2460,59	4239,72	6323,38	4625,92	4998,05	4690,50
T18	2594,55	3819,45	2085,60	2629,41	4673,03	4643,57	5491,55	4916,39