

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA-ADUBADORA
DE SEMEADURA DIRETA NO NORTE FLUMINENSE**

WELINGTON GONZAGA DO VALE

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO - 2007**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA-ADUBADORA
DE SEMEADURA DIRETA NO NORTE FLUMINENSE**

WELINGTON GONZAGA DO VALE

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Mecanização Agrícola”

Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA/ UENF 050/2007

Vale, Wellington Gonzaga do

Análise de desempenho de uma semeadora-adubadora de
semeadura direta no Norte Fluminense / Wellington Gonzaga do Vale.
– 2007.

88 f. : il.

Orientador: Ricardo Ferreira Garcia

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2007.

Bibliografia: f. 74– 88.

1. Patinagem 2. Capacidade de campo 3. Condições de cobertura
do solo 4. Número de amostras 5. Teste de Lilliefors I. Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD– 631.372

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA-ADUBADORA DE SEMEADURA DIRETA NO NORTE FLUMINENSE

WELINGTON GONZAGA DO VALE

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Mecanização Agrícola”

Aprovada em 30 de março de 2007.

Comissão examinadora:

Prof. Silvério de Paiva Freitas (D.Sc. Fitotecnia) - UENF

Prof. José Tarcisio Lima Thiébaud (D.Sc. Estatística) - UENF

Prof. Anderson Chagas Magalhães (D.Sc. Mecanização Agrícola) - UNESP

Prof. Ricardo Ferreira Garcia (D.Sc. Mecanização Agrícola) - UENF
Orientador

Ofereço

Aos meus pais, Maria Guiomar e José Eustáquio, meus eternos mestres,
pela dedicação e esforço para educar bem os filhos,
por me ensinarem a distinguir o certo do errado,
por me mostrarem o caminho do bem,
pela minha formação, exemplo de vida, pelo amor,
amizade e apoio incondicionais em todos os momentos
de minha vida.

Aos meus irmãos, Peres, Lílian, Eliane, Rodrigo e Renato, pelo amor, amizade e
incentivo sinceros.

Aos meus filhos, Luís Felipe e Alice, que são a minha maior inspiração e alegria.
À minha esposa, Patricia, pelo amor, amizade, companheirismo, paciência e
incentivo.

Aos meus primos, tios e sobrinhos pelo apoio e carinho.

Aos meus sinceros amigos Anderson (“Manaus”) e Luís Renato (“Renatão”) pelo
companheirismo, lealdade e apoio nas horas alegres e tristes.

Dedico

O homem é o que pensa.

Se você insistir em pensar no mal, na dor,
na doença, você os atrairá para si.

Pense na saúde, na alegria, na prosperidade,
e sua vida tomará novo rumo.

Afirme sempre que é feliz,
que as dores passam, que a saúde
se consolida cada vez mais, e a felicidade
baterá a sua porta.

Seja otimista e permaneça o mais possível
ligado ao PAI CELESTIAL.

“Minutos de Sabedoria” (C. Torres Pastorino)

AGRADECIMENTO

À Universidade Estadual do Norte Fluminense e ao Laboratório de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Ricardo Ferreira Garcia, pela orientação, amizade, paciência, respeito, apoio e confiança durante todas as etapas deste trabalho.

Aos professores José Tarcísio Lima Thiébaud e Geraldo de Amaral Gravina, pelo inestimável auxílio na execução das análises estatísticas, pelos ensinamentos e sugestões.

À professora Maria Cristina Cavalheiro Tourino, da Universidade Federal de Lavras do Departamento de Engenharia, pela amizade, confiança, incentivo e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Aos professores Paulo Marcelo de Souza, Rony Antônio Ferreira e Silvério de Paiva Freitas pela ajuda e ensinamentos.

Aos professores Wellington Pereira Alencar de Carvalho e Roberto Alves Braga Jr., da Universidade Federal de Lavras do Departamento de Engenharia, pela amizade, confiança, incentivo, ajuda e ensinamentos.

Aos funcionários da Fazenda Barra Seca e da Unidade Experimental da UENF, localizada na Escola Estadual Agrícola Antônio Sarlo, pela amizade e dedicação durante a condução das avaliações.

Ao aluno de graduação do curso Agronomia, Reynaldo Tancredo Amim, com o qual sempre pude contar para a condução das avaliações.

Aos funcionários do Laboratório de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias da UENF, Ana Maria, Sandra e, especialmente ao Júlio Meirelles, pela amizade, companheirismo e ensinamentos.

Aos funcionários da Coordenação de pós-graduação em Produção Vegetal, Patrícia, Luciana e Fátima e ao Coordenador professor Antônio Teixeira do Amaral Júnior.

Aos colegas do curso de pós-graduação Márcia Teresinha, Marcelo Pinheiro, Vinícius e Robson, pela força, colaboração e incentivo.

Aos amigos Anderson Alexandre da Silva e Luís Renato N. Granato pela amizade e torcida.

Aos meus pais e meus irmãos, pelo amor, pela compreensão e pela ajuda nas horas difíceis.

A todos aqueles que estiveram comigo, durante esta longa jornada, os meus mais sinceros agradecimentos.

E a Deus, por tudo.

BIOGRAFIA

Wellington Gonzaga do Vale, filho de José Eustáquio do Vale e Maria Guiomar do Vale, nasceu em Campos Altos, Minas Gerais, no dia 16 de outubro de 1974.

Em 1999, trabalhou como bolsista de iniciação científica no Departamento de Engenharia da UFLA e, em janeiro de 2001, graduou-se em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, Minas Gerais.

Em 2001, trabalhou como Engenheiro Agrícola Trainee, na área de Armazenamento de Grãos em Uberlândia, Minas Gerais.

De 2002 a 2004, trabalhou como professor de Mecanização Agrícola, Desenho Técnico, Topografia, Irrigação, Drenagem, Construções e Instalações Rurais na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), lotado no Centro Tecnológico/Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo (CT/ITAC), escola de ensino médio em Pitangui, Minas Gerais.

Em 2004, trabalhou como consultor de vendas de tratores e implementos agrícolas em Bom Despacho, Minas Gerais.

Em agosto de 2005, iniciou, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), o curso de Mestrado em Produção Vegetal com ênfase em Mecanização Agrícola, defendendo tese em março de 2007.

SUMÁRIO

RESUMO	.....	viii
ABSTRACT	.....	x
1. INTRODUÇÃO	.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	.....	51
5. CONCLUSÕES	.....	73
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	.....	75

RESUMO

VALE, Welington Gonzaga do, Engenheiro Agrícola, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense, março de 2007. Análise de desempenho de uma semeadora-adubadora de semeadura direta no Norte Fluminense. Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia. Conselheiros: Prof.^a Maria Cristina Cavalheiro Tourino – UFLA, Prof. José Tarcisio Lima Thiébaud.

O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho e dimensionar o tamanho amostral ideal para estimar a patinagem das rodas motrizes e as capacidades de campo teórica e efetiva de uma semeadora-adubadora em semeadura direta (SD) e convencional (SC). Este trabalho foi conduzido no município de Campos dos Goytacazes, RJ, entre novembro e dezembro de 2005. Foi observado que para estimar a patinagem na SC, com $\alpha = 5\%$ e nível de precisão igual a 5, 10, 15 e 20%, considerando populações infinitas, foi necessário uma amostra com 115, 29, 13, e 8 dados, respectivamente, para isso repetiu-se cada tratamento em iguais valores. Já na SD, observaram-se 422, 106, 47 e 27 dados, respectivamente. Para estimar a capacidade de campo teórica (Ct), na SC, foi necessária uma amostra com 27, 7, 3 e 2 dados, respectivamente, para isso repetiu-se cada tratamento em iguais valores. Já na SD, observaram-se 45, 12, 5 e 3 dados, respectivamente. Para estimar a capacidade de campo efetiva (Ce) da semeadora, na SC, foi necessária uma amostra com 33, 8, 4 e 2 dados,

respectivamente, para isso repetiu-se cada tratamento em iguais valores. Já na SD, observaram-se 36, 9, 4 e 3 dados, respectivamente. A patinagem das rodas motrizes da semeadora, para a SC, foi 10,7%, e, na SD, 7,2%. A Ct foi 0,96 ha h⁻¹ na SC, e 1,14 ha h⁻¹ na SD, enquanto que, a Ce foi 0,62 ha h⁻¹, na SC, e 0,74 ha h⁻¹, na SD. De acordo com as observações realizadas, podem-se estimar os intervalos de confiança da patinagem e das capacidades de campo teórica e efetiva para cada média apresentada. Pode-se observar que, na SC, a distância percorrida para completar as cinco voltas do rodado da semeadora foi, em média, 11,88 m e a área trabalhada foi de 21,38 m² para estimar o parâmetro patinagem. Na SD, a distância foi de 11,43 m e a área foi de 20,57 m² para um mesmo nível de precisão, isso devido à diferença de condição do solo nos dois tipos de sistemas. A eficiência de uso da área experimental é maior na SC, uma vez que, para um dado número de voltas da roda da semeadora e uma mesma precisão experimental, pode-se obter a estimativa da patinagem dos rodados da semeadora e as capacidades de campo teórica e efetiva com um número menor de repetições em relação à SD.

ABSTRACT

VALE, Welington Gonzaga do, Engenheiro Agrícola, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense, março de 2007. Analysis of performance of a direct row crop planter at Norte Fluminense. Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia. Conselheiros: Prof.^a Maria Cristina Cavalheiro Tourino – UFLA, Prof. José Tarcisio Lima Thiébaud.

The objective was to analyze the performance and ideal size of sample to estimate the driven wheels slip and theoretical and effective field capacities of a row crop planter under no-till (NT) and prepared seedbed (PS). This work was conducted in the city of Campos dos Goytacazes, RJ, from November to December of 2005. It was observed that, to estimate the slip in PS, using $\alpha = 5\%$ and precision levels equal to 5, 10, 15 and 20%, considering infinite populations, it is necessary samples with number of repetitions equal to 115, 29, 13 and 8, respectively. For the NT, it was observed 422, 106, 47 and 27, respectively. To estimate the theoretical field capacity (TC) in the PS, it is necessary samples of 27, 7, 3 and 2 repetitions, respectively. To obtain that, it is necessary to repeat each treatment in equal values. To the NT, it was observed 45, 12, 5 and 3, respectively. To the effective field capacity (EC) in the PS, it is necessary a number of repetitions equal to 33, 8, 4 and 2, respectively. To the NT, it was observed samples of 36, 9, 4 and 3, respectively. The driven wheels slip of the planter in the PS was 10.7%, and

7.2% for NT. The TC was 0.96 ha h^{-1} in the PS and 1.14 ha h^{-1} in the NT. The EC was 0.62 ha h^{-1} in the PS and 0.74 ha h^{-1} in the NT. According to the observations, it is possible to determine the confidence intervals for slip and theoretical and effective field capacities for each presented average. It was observed that, in the PS, the average distance traveled to complete five turns of the seeder driven wheel was 11.88 m and the area worked was 21.38 m^2 to estimate the slip parameter. In the NT, the distance found was 11.43 m and the area was 20.57 m^2 , to the same precision level. The difference occurred because the soil conditions are different in both systems. The efficiency of the use of experimental area soil is bigger in the PS than in the NT because, for a given number of driven wheel turns and the same experimental precision, it is possible to estimate the driven wheel slip and the theoretical and effective field capacity using lower repetitions when compared to the NT system.

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos já ultrapassou 47 milhões de hectares (Conab, 2006), sendo que aproximadamente a metade dessa área, ainda, é cultivada pelo sistema convencional, ou seja, com preparo prévio do solo.

O sistema convencional de preparo de solo, com sua excessiva movimentação da camada superficial, tem sido uma das principais causas de decréscimo de produtividade, podendo ressaltar efeitos como a compactação de camadas subsuperficiais, erosão e redução do nível de matéria orgânica.

O problema se agrava com o crescente aumento do custo de produção, que, somado à baixa remuneração da atividade agrícola, leva os agricultores a sistemas de produção mais intensivos ou à simples supressão de operações e insumos, visando à redução de custos. Isso, poucas vezes, significa tornar a produção mais eficiente e acaba ocasionando um ciclo vicioso de descapitalização do agricultor. Um sistema de cultivo que reduz substancialmente a movimentação superficial do solo, o chamado de semeadura direta, quando bem conduzido, mostra-se como alternativa viável e racional para a atividade agrícola.

O sistema de semeadura direta compreende um conjunto de técnicas integradas que visa melhorar as condições ambientais (água-solo-clima) para

explorar melhor o potencial genético de produção das culturas, respeitando os três requisitos mínimos de não-revolvimento do solo, rotação de culturas e uso de cobertura morta (Primavesi, 1984, citado por Rodrigues, 2004).

Dentre vários fatores característicos do sistema de semeadura direta, destacam-se a menor movimentação superficial deixando o solo menos exposto às intempéries, menor compactação, maior teor de umidade, menor variação da temperatura, redução de eventuais perdas de solo pela erosão e aumento de matéria orgânica.

Segundo Fancelli e Favarin (1987), o sistema de semeadura direta seria suficiente para justificar a sua implantação por ser uma das mais eficientes práticas de controle de erosão, devido à reduzida desestruturação do solo e pela proteção da palhada. Phillips (1993) cita que a semeadura direta é importante para a conservação do solo e da água, permite menor uso de potência e mão-de-obra, reduz a temperatura do solo e o uso de combustível por unidade de área, melhora as condições físicas do solo e permite maior número de safras ao longo dos anos e o incremento do uso da terra, incorporando-se áreas com mais declives ao processo produtivo.

Alguns dados demonstram o grande crescimento da área com semeadura direta no país. Na região norte fluminense, este aumento de área plantada com o sistema também é realidade.

Mas os dados resultantes de pesquisas não têm crescido na mesma proporção, considerando que a simples importação do sistema sem a sua devida adaptação para as condições locais não se mostra a opção mais racional para a condução do sistema. A maioria dos estudos realizados sobre este sistema de cultivo foi conduzida na região sul do país, berço da semeadura direta no Brasil. Entretanto as condições para o sistema de semeadura direta, na região sul do Brasil e na região norte fluminense, são diferentes, principalmente considerando-se os aspectos climáticos e o acúmulo de palhada, a qual sofre rápida degradação em regiões de maior temperatura média.

Sendo esta semeadura realizada sob restos de culturas anteriores ou palhada previamente formada sem a destruição e/ou incorporação ao solo, a não movimentação de solo, exceto nos sulcos de semeadura, demanda a necessidade de equipamentos especiais para o semeio nestas condições. São as chamadas “semeadoras de plantio direto”. Borges (1993) cita que a falta de

equipamentos adaptados à nova condição de semeio foi um dos principais entraves a serem contornados no início do sistema de semeadura direta no sul do Brasil.

Os aspectos mais relevantes para o sucesso da lavoura na semeadura direta estão relacionados com o desempenho da semeadora-adubadora no que se refere ao corte eficiente dos restos culturais, à abertura do sulco e à colocação da semente e do fertilizante em profundidades corretas e em contato com o solo (Oliveira et al., 2000). Também é importante que as máquinas apresentem adequada regularidade, com distribuição precisa de sementes e fertilizantes (Embrapa, 1994).

Vários fatores afetam a operação de semeadura, podendo estes estar relacionados à semente, ao solo, à máquina, ao clima e ao operador. Com relação ao material propagativo, merecem destaque, a quantidade, a uniformidade de distribuição, a profundidade de colocação e a cobertura das sementes. Já a influência da máquina se dá pelo tipo de mecanismo dosador e sua forma de acionamento, pelo tipo de sulcador e pelo tipo de mecanismo de cobertura da semente (Balastreire, 2005).

No Brasil, alguns produtores de grãos ainda têm enfrentado diversos problemas com relação ao seu plantio mecanizado, normalmente pelo fato dos equipamentos disponíveis no mercado serem ainda de elevado custo de aquisição e de difícil regulação.

As semeadoras diferenciam-se entre si, principalmente, em função do tipo de sistema de distribuição de sementes de que são dotadas, tais como os modelos de discos perfurados, os quais trabalham tanto na horizontal como em posição inclinada. Este sistema proporciona uma distribuição de sementes bastante uniforme, desde que a semeadora seja bem regulada, porém apresenta maior probabilidade de danos mecânicos e exige classificação rigorosa das sementes. Por ser uma tecnologia simples e bastante difundida, os equipamentos são de menor custo de aquisição (Mantovani e Bertaux, 1990, citados por Rocha et al., 1992). Os modelos pneumáticos e os do tipo dedos preensores são os que se adaptam mais aos diferentes formatos das sementes. Estes sistemas, regulados adequadamente, proporcionam um plantio de precisão, causam menos danos mecânicos, e, por utilizarem tecnologia mais sofisticada, são equipamentos de maior preço.

A avaliação de máquinas agrícolas é muito importante, principalmente das semeadoras, pois um dos grandes entraves para a adoção plena da semeadura direta é a dificuldade em se obter máquinas versáteis e resistentes, que sirvam para culturas e solos distintos, abram o sulco removendo pouca terra e palha, tenham penetração e controle de profundidade aceitáveis e, cubram, adequadamente, a semente; fatores estes que garantiriam o sucesso da exploração (Gassen e Gassen, 1996, citados por Reis et al., 2002).

A determinação do tamanho amostral ideal de experimentos é um dos principais problemas com o qual se depara o pesquisador no seu planejamento e implantação. Entre os vários fatores que podem ser considerados na fixação do número de amostras do parâmetro estudado, destacam-se a forma e o tamanho da parcela, a precisão experimental e a representatividade desta amostra, pois, independentemente do objetivo da pesquisa, o pesquisador está interessado na obtenção de diferenças estatísticas entre os tratamentos, o que depende, essencialmente, da precisão com que os dados são obtidos.

Considerando estes fatos, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho e dimensionar o tamanho amostral ideal para estimar a patinagem e as capacidades de campo teórica e efetiva de uma semeadora-adubadora, em sistema de semeadura direta e sistema convencional na região norte fluminense.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) está entre as principais culturas cultivadas no Brasil. Da produção brasileira de grãos, de mais de 47 milhões de hectares (Conab, 2006), o milho está dentro das principais culturas utilizadas na alimentação humana, o que dá vulto ao seu valor como fonte de renda do produtor brasileiro. Outro ponto a se considerar na importância deste produto é o mérito do mesmo na cultura alimentar do brasileiro. O milho é utilizado diretamente em diversos pratos típicos da culinária nacional ou indiretamente, como componente de rações ou na fabricação de outros produtos.

A cultura do milho, atualmente, ocupa a terceira maior área cultivada no mundo, superada apenas pelo trigo e pelo arroz. No Brasil, na safra 2005/2006, o milho ocupou 34,6% do total de grãos produzidos, tendo ocupado uma área de plantio em torno de 9,6 milhões de hectares, para a 1ª safra (safra normal), e de 3,3 milhões de hectares, para a 2ª safra (safrinha). A produção nacional de milho, na safra 05/06, ficou em torno de 41,3 milhões de toneladas (Conab, 2006).

Embora a área plantada seja extensa, a produtividade do país ainda é muito baixa – 3.198 kg ha⁻¹, na safra 05/06, segundo a Conab (2006) – quando

comparada com a produtividade mundial de 4.164 kg ha^{-1} , de 95 a 99, segundo a FAO (2001). Quando comparada com a produtividade de alguns países como a Itália (7.936 kg ha^{-1}), Áustria (7.780 kg ha^{-1}), Estados Unidos (7.291 kg ha^{-1}), França (6.732 kg ha^{-1}) e Canadá (6.378 kg ha^{-1}) (FAO, 1990) se comprova baixa a produtividade brasileira.

Na região sudeste, na safra 05/06, o milho ocupou 23,4% do total de grãos produzidos, tendo ocupado uma de área de plantio em torno de 2,2 milhões de hectares, para a 1ª safra (safra normal), e de 0,3 milhões de hectares, para a 2ª safra (safrinha). A produtividade da região sudeste é melhor do que a média do país, porém ainda é muito baixa – 3.915 kg ha^{-1} , na safra 05/06, segundo a Conab (2006) – quando comparada com a produtividade mundial. A produção regional de milho, na safra 05/06, ficou em torno de 9,7 milhões de toneladas.

Porém, no estado do Rio de Janeiro, na safra 05/06, o milho ocupou 0,06% do total de grãos produzidos, tendo ocupado uma de área de plantio em torno de 11,1 mil hectares para a 1ª safra (safra normal). A produtividade do estado é muito baixa – 2.400 kg ha^{-1} , na safra 05/06. A produção estadual de milho, na safra 05/06, ficou em torno de 26,6 mil toneladas.

São muitas as razões para a baixa produtividade brasileira, podendo-se citar principalmente a não utilização de tecnologia adequada no cultivo em grande parte da área plantada, onerando a produção, não só pelas baixas produtividades, como também pela degradação das áreas utilizadas, com conseqüências econômicas, sociais e ambientais.

2.2. A cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea anual que pode atingir de 3 a 5 metros de altura, com colmos eretos dispostos em forma de touceira e suculentos, folhas lineares, entrecruzando-se, com 25 a 50 mm de largura e 50 a 100 cm de comprimento. É uma planta de clima tropical, cultivada em muitas regiões do país. É pouco exigente quanto a fertilidade dos solos, crescendo bem nos médios e arenosos, profundos e permeáveis, resistindo bem à seca e à geada, segundo descrição de Alcântara e Bufarah (1988). O mesmo autor cita que o sorgo é utilizado, principalmente, como forrageiro para corte e

ensilagem, produzindo cerca de 30 a 40 t ha⁻¹, podendo-se obter 60 a 70 t ha⁻¹ de matéria fresca.

Atualmente, vem sendo utilizado na produção de palhada para semeadura direta, tendo em vista o seu crescimento vegetativo elevado, com boa produção de matéria fresca e matéria seca.

No Brasil, na safra 05/06, o sorgo ocupou 1,2% do total de grãos produzidos, tendo ocupado uma área de plantio em torno de 707,7 mil hectares. A produção nacional de sorgo, na safra 05/06, ficou em torno de 1,4 milhões de toneladas (Conab, 2006).

No sudeste, na safra 05/06, o sorgo ocupou 25,5% do total de grãos produzidos, tendo uma previsão de área de plantio em torno de 170,3 mil hectares, sendo que, 79,8 mil hectares plantados em Minas Gerais, e 90,5 mil hectares, em São Paulo. A produção do estado do Rio de Janeiro é muito pequena e nem aparece nos levantamentos da Conab. A produtividade da região sudeste atingiu 2.129 kg ha⁻¹.

2.3. Sistemas de preparo do solo

O preparo do solo, segundo Castro (1989), é a manipulação física, química e biológica do solo, buscando melhorar as condições para a germinação das sementes, emergência das plântulas e o estabelecimento e desenvolvimento das plantas. O homem tem adotado o uso de implementos de preparo do solo para alterar suas condições físicas, visando atender a objetivos específicos das culturas desde os primórdios da agricultura, 6000 a.C. (Coelho, 1998).

Segundo Mondardo (1984), o preparo do solo utilizado no Brasil pode ser dividido em super preparo, quando os restos vegetais são queimados; preparo convencional, com a incorporação dos restos culturais; preparo reduzido, com os restos culturais semi-incorporados, e semeadura direta, quando os restos vegetais estão na superfície do solo.

Coelho (1998) divide os sistemas de manejo do solo segundo a incorporação dos restos culturais e a mobilização da camada subsuperficial. Segundo o autor, a incorporação total da palhada e a mobilização total da camada subsuperficial caracterizam o sistema convencional; a incorporação parcial da palhada em até 30% e a mobilização total da camada subsuperficial caracterizam

o sistema de preparo reduzido, e a semeadura direta caracteriza-se pela não incorporação da palhada e a mobilização da camada subsuperficial restrita ao sulco de semeadura.

O sistema convencional de cultivo é aquele no qual há o prévio preparo do solo, o chamado preparo periódico, para a colocação de insumos, como sementes e fertilizantes, para a instalação da cultura; podendo as operações para o preparo periódico variar em número e tipo, conforme a região, ou mesmo, de propriedade para propriedade.

Galeti (1983) cita que os esquemas de preparo do solo de cada local dependem das condições e do tipo do mesmo, das exigências das culturas e das máquinas e/ou implementos utilizados, não havendo a possibilidade de se recomendar uma forma geral de preparo de solo que possa ser usada em todas as situações. Cita também que o aumento do número de operações onera os custos de produção e torna o solo mais exposto à erosão.

As operações de preparo do solo no sistema convencional de cultivo, como a gradagem e a aração, podem causar compactação em camadas subsuperficiais e processos erosivos causados pelo escoamento superficial da água e ação eólica pela desagregação do solo, por causa da excessiva movimentação da camada superficial, entre outros problemas que dificultam a sustentabilidade das culturas (Saturnino e Landers, 1997).

O sistema de preparo reduzido pode ser considerado desde aquele em que há o cancelamento de uma operação no preparo do solo no sistema convencional, até a movimentação de cerca de 30% da cobertura do solo, abaixo do qual já se considera sistema de semeadura direta.

Segundo Borges (1993), o sistema de cultivo de semeadura direta teve como dificuldades iniciais o controle de plantas daninhas e o semeio com máquinas em solos não preparados. O sistema começou a ter algum impulso a partir do descobrimento de moléculas herbicidas de ação total, como o paraquat, na Inglaterra em 1956.

Clark (1993) cita que, quanto mais tempo o solo permanece em semeadura direta, maior é a redução da resistência à penetração. No primeiro ano, obteve diferença até 0,21 m, com dois anos até 0,16 m, e com três anos até 0,13 m. À medida que o solo permaneceu em semeadura direta, a compactação

se tornou superficial, restringindo apenas a pequena camada a 0,13 m, que é destruída pelo uso de haste escarificadora da semeadora-adubadora.

A evolução da semeadura direta no Brasil é cada vez mais crescente, partindo de 100 hectares no início da década de 70, localizados na região sul do país, para cerca de 200 mil hectares em 1978/1979 (Balbino et al., 1996, citados por Oliveira, 2001), atingindo 11 milhões de hectares na safra 1997/1998 (A Granja, 1998) e, atualmente, em torno de 23 milhões de hectares. No início da semeadura direta, seu ideal era controlar a erosão que crescia na região do sul do Brasil (Cultivar Máquinas, 2006).

Hetz e Barrios (1997) compararam os gastos energéticos nos sistemas de cultivo convencional, reduzido e direto, observando redução no custo energético de cultivo na ordem de 30%, para o sistema de preparo reduzido, e de 44%, na semeadura direta. Os autores observaram um consumo de 2.657 MJ ha⁻¹ para o sistema convencional, 1.867 MJ ha⁻¹ para o preparo reduzido e 1.470 MJ ha⁻¹ para semeadura direta. Esses resultados evidenciam que os sistemas de preparo reduzido e semeadura direta proporcionam significativas reduções do custo energético por unidade de área trabalhada.

2.4. Implantação do sistema de semeadura direta

O sucesso do sistema de semeadura direta depende de um conjunto de ações fundamentais que são os primeiros passos para sua implantação e manutenção ao longo do tempo. Samaha (1997) e Darolt (1998) destacaram que o treinamento e a capacitação de técnicos e produtores são fundamentais, pois a semeadura direta, diferentemente de uma tecnologia de produto, é uma tecnologia de processo que envolve uma série de técnicas, tais como: adubos verdes, equipamentos, controle de plantas daninhas, etc.; e que necessita de maior compreensão da natureza do sistema de produção. De acordo com Pavei (2000), é necessária a integração entre produtor e assistência técnica para evitar ou solucionar problemas iniciais relativos à escolha de máquinas, utilização de insumos e treinamento da mão-de-obra especializada para o sistema.

A implantação da semeadura direta na propriedade deve ser direcionada por um conjunto de ações tecnológicas especializadas, ou seja, recomendações técnicas que constituem fatores fundamentais para o sucesso dessa iniciativa,

acercando-se de medidas que evitarão problemas com a estabilização do sistema. Dentre estas técnicas, pode-se considerar a escolha correta de máquinas e implementos; a verificação de camadas compactadas; a sistematização da área, corrigindo sulcos e depressões; a correção de acidez do solo e o planejamento de rotação de culturas, visando à produção de grãos e cobertura morta (Balbino, 1997; Thung e Oliveira, 1998; Pavei, 2000).

O sistema de semeadura direta envolve forte mudança nas formas convencionais de cultivo dos agricultores. Iniciar a semeadura direta em áreas com baixa infestação de plantas daninhas é fundamental, pois facilitará o controle e diminuirá os gastos com herbicidas ou outras formas de controle (Darolt, 1998). Além disso, a escolha correta de máquinas e implementos determina a eficiência das operações e, conseqüentemente, o sucesso na implantação da semeadura direta.

Assim, de acordo com a cultura, a área de plantio e, principalmente, as condições financeiras do agricultor, entre outros fatores, definem-se equipamentos de tração mecanizada, animal ou humana, para efetuar as operações de manejo, plantio, pulverização, calagem e, até mesmo, escarificação. Darolt (1998) cita ainda que equipamentos mal dimensionados podem dificultar o manejo do sistema. O autor cita ainda que a semeadora-adubadora de semeadura direta, rolo-faca, grade de discos recortados, pulverizadores, distribuidores de calcário e esterco, escarificador e matraca com ponteira adaptada para semeadura direta são alguns implementos que podem facilitar o manejo do sistema na pequena propriedade, por exemplo.

Outro aspecto a ser observado dentre as principais práticas durante a implantação do sistema é a operação de descompactação, cujo objetivo é aumentar a porosidade do solo, facilitando o desenvolvimento radicular das plantas, elevando a taxa de infiltração e a capacidade de armazenamento de água (Denardin e Kochhann, 1993).

Em determinadas situações, é importante preparar o solo de maneira convencional antes da implantação do sistema de semeadura direta. Segundo Denardin e Kochhann (1993) e Darolt (1998), na grande maioria dos casos, as lavouras cultivadas no sistema convencional apresentam sulcos e depressões no terreno, decorrentes de processos erosivos em função dos métodos de preparo de solo sob intensa mobilização da camada arável. Esses sulcos e depressões

têm o inconveniente de concentrar enxurradas e dificultar o plantio com as semeadoras, principalmente as de tração animal, além de constituírem manchas de solo de menor fertilidade, com possibilidade de focos de infestação com plantas daninhas e doenças.

A eliminação destes fatores deve ser realizada antes da implantação do sistema e pode ser feita mediante o emprego de plainas ou niveladoras, aração ou escarificações seguidas de gradagem, utilizando-se inclusive equipamentos de tração animal como a grade de dentes ou de discos recortados.

Outra operação não menos importante a ser realizada antes da implantação do sistema de semeadura direta é a correção da acidez e dos níveis de nutrientes nas áreas de plantio, principalmente o fósforo (Thung e Oliveira, 1998). Assim sendo, como relataram Samaha (1997) e Darolt (1998), incorporar calcário antes da implantação do plantio permite maior uniformidade química no solo, proporcionando condições ideais para o crescimento e o estabelecimento das culturas de cobertura.

A rotação de culturas também constitui um requisito fundamental para a viabilização do sistema de semeadura direta. O planejamento da seqüência de espécies no esquema rotacional de culturas deve considerar, além do potencial de rentabilidade, o histórico e a situação atual das culturas, atentando para aspectos da fertilidade do solo, exigência nutricional e susceptibilidade de cada espécie a fitopatógenos, infestação de pragas, doenças e plantas daninhas e disponibilidade de equipamentos para o manejo das culturas e de seus restos culturais (Denardin e Kochhann, 1993; Darolt, 1998).

Para os mesmos autores, a alternância de culturas de diferentes famílias, ou espécies com diferenciado grau de susceptibilidade a pragas e doenças e com variado comportamento diante de problemas relacionados ao controle de plantas daninhas, é um aspecto desejado no planejamento da rotação. Isto porque esta medida potencializa a redução do uso de insumos e, conseqüentemente, a sustentabilidade do sistema.

Thung e Oliveira (1998) citam que deve ser levado em consideração o ciclo completo de cada cultura, adaptada para cada região, preferencialmente as não alelopáticas com a cultura base e de ciclo de rotação nunca superior a dois anos. Estes autores afirmam que, em solos degradados e muito pobres, antes de se proceder a semeadura direta, há necessidade de correção da cobertura

vegetal. Para isso, devem ser utilizadas plantas produtoras de grandes quantidades de massa e rústicas em relação à tolerância de doenças e pragas, baixa fertilidade, secas, geadas e outros fatores. Além disto, devem possuir desenvolvimento vegetativo inicial rápido, fácil controle e baixo custo de implantação.

2.5. Equipamentos para semeadura mecanizada

Segundo Balastreire (2005), Joseph Locatelli de Corinto desenvolveu a primeira semeadora européia em 1636. Tratava-se de uma máquina que se constituía, basicamente, de um depósito de madeira no qual se colocavam as sementes e de um eixo rotativo com conchas que jogavam as sementes em tubos que as conduziam, depositando-as em fileiras sobre o solo. Em 1785, foi projetada por James Cook a semeadora que serve de base para as atuais.

De acordo com o mesmo autor, as semeadoras podem ser classificadas, quanto à forma de distribuição de sementes, em linha e a lanço.

A distribuição em linha se divide em contínua, de precisão, em quadrado ou em grupos. A distribuição em linha contínua é feita de modo continuado, com certa variação no número e posição das sementes. Na distribuição de precisão as sementes são dosadas preferencialmente uma a uma, com pouca variação do número e posição na linha de plantio. A distribuição em quadrado quase não é mais utilizada e a distribuição em grupos é uma variação do plantio em covas, podendo ser utilizado quando a profundidade de semeadura é maior ou o poder germinativo das sementes é baixo.

A distribuição a lanço consiste no lançamento das sementes ao acaso sobre a área a ser semeada, podendo ser aérea ou terrestre.

Coelho (1996) define uma máquina para semeadura como aquela destinada a dosar certa quantidade de sementes e lançá-las no solo de acordo com certo padrão de distribuição. Semeadora é a designação dada às máquinas destinadas a dosar e colocar no solo os grãos utilizados para a instalação de culturas, ou seja, as sementes. O termo semeadora-adubadora é utilizado para aquelas máquinas que têm por função dosar e colocar no solo sementes e fertilizantes, numa mesma operação, com a necessidade destes insumos serem depositados em profundidades adequadas e com o devido fechamento do sulco e

sua compactação. As semeadoras-adubadoras são, então, essencialmente constituídas de mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes, sulcadores, controladores de profundidade, cobridores de sementes e rodas compactadoras (Pacheco, 1994).

Balastreire (2005) cita que, de modo geral, as sementes de gramíneas são consideradas miúdas, com exceção do milho, e as sementes de leguminosas, como feijão, soja e amendoim, são graúdas. As semeadoras-adubadoras de precisão são as máquinas utilizadas normalmente para semeadura de culturas com sementes graúdas, sendo que, na prática, criou-se um vício de linguagem que convencionou chamá-las de plantadeiras.

Segundo Ortiz-Cañavate (1995), uma semeadora em linha deve realizar as seguintes operações: abrir o sulco, dosar e depositar a semente no sulco, cobrir a semente e compactar o sulco.

2.5.1. Mecanismos dosadores de sementes

Em semeadoras com distribuição em linha contínua, o mecanismo dosador de sementes utilizado, segundo Balastreire (2005), normalmente é o de cilindros canelados. A parte superior do cilindro fica em contato com a massa de sementes, sendo a dosagem das sementes controlada pelo comprimento da secção do cilindro em contato com esta massa e pela sua rotação relativa ao avanço do conjunto. Ou seja, quanto maior a área do cilindro em contato com a massa de sementes e/ou maior número de rotações do mesmo, em determinado espaço percorrido, maior a quantidade de sementes distribuída, e vice-versa. Para as semeadoras em linha contínua, existem também os dosadores de discos alveolados, orifícios reguladores e os dosadores centrífugos.

De acordo com Silveira (1989), para semeadoras-adubadoras de precisão, os dosadores de sementes normalmente utilizados são de discos perfurados, correia sem-fim e pneumáticos.

O sistema de discos perfurados constitui-se em um disco com furos redondos, oblongos ou de formato especial, localizados concentricamente ou na borda do disco que, dependendo do projeto da semeadora, se posicionam de forma vertical, horizontal ou inclinado. Quando se posicionam verticalmente, os

orifícios normalmente estão localizados na borda do disco e alojam as sementes ao mergulharem em sua massa durante a rotação.

Quando os discos do sistema dosador se posicionam horizontalmente, os sistemas dosadores normalmente se constituem de uma base fundida, que sustenta um eixo dotado de pinhão e engrenagem de acionamento, que acionam uma coroa a qual aciona o disco dosador, por meio de pinos chanfrados (Figura 1). Um sistema ejetor de sementes localizado sobre o disco dosador tem a função de limitar o número de sementes por furo e empurrá-las para fora quando estas coincidem com a abertura de saída das sementes. O sistema dosador de discos perfurados inclinados é muito semelhante ao de discos perfurados horizontais, diferindo na inclinação do disco.



Figura 1 – Mecanismo dosador de sementes de discos perfurados horizontais.

O sistema de correia sem-fim é um dosador composto por correias de espessura e largura adequadas com furos projetados para cada dimensão da semente a ser semeada. Com o acionamento do sistema, a correia perfurada passa pela massa de sementes e estas se alojam nos furos, sendo expelidas quando coincidem com a abertura de saída das sementes.

O sistema dosador pneumático utiliza a pressão de ar como forma de separação e retenção da semente até a abertura de saída. Uma corrente de ar, que pode ser gerada por pressão positiva ou negativa, dependendo do projeto de cada máquina, atravessa os orifícios dosadores que estão dispostos concentricamente em um disco dosador, causando a retenção de uma semente por orifício. A corrente é, então, levada até a abertura de saída da semente, onde a pressão do ar é neutralizada, causando a saída da semente do orifício e sua

queda. Balastreire (2005) cita, além destes sistemas dosadores, os de dedos preensores e de canecas.

O sistema de dedos preensores é constituído por dedos formados por pequenas chapas curvas, pivotadas, que se fecham sobre as sementes por ação de molas. Os dedos preensores estão dispostos concentricamente em um disco vertical e, quando cada dedo passa pela massa de sementes, este se fecha sobre uma delas e a eleva até a abertura de saída com o movimento de rotação do disco, liberando a semente.

O sistema de canecas constitui-se em uma série de discos montados sobre um eixo comum, sendo fixados em cada disco canecas que removem as sementes do depósito.

2.5.2. Mecanismos dosadores de adubos

Os mecanismos dosadores de adubos podem ser helicoidais (Figura 2), rotores dentados, discos rotativos, rotor vertical impulsor, correias, correntes ou cilindros canelados (Balastreire, 2005). O sistema geralmente é instalado na parte inferior do depósito de adubo da máquina e conduz ou impulsiona o adubo até o orifício de saída. A sua regulação é efetuada por sistema de transmissão por engrenagens e/ou controle da abertura de saída do adubo.



Figura 2 – Mecanismo dosador de adubo do tipo helicoidal.

2.5.3. Mecanismos sulcadores

Segundo Balastreire (2005), os sulcadores se destinam a abrir sulcos no solo para a colocação de adubos, sementes ou mesmo defensivos agrícolas, a profundidades adequadas a cada espécie.

As semeadoras-adubadoras podem variar, para cada fabricante, em sulcadores de enxadas, facões ou discos. Os sulcadores de enxadas normalmente são utilizados em solos bem preparados, não sendo indicados para terrenos com tocos, raízes ou restos de cultura, sendo recomendados apenas para cultivo convencional. Os sulcadores de facão variam bastante em forma, de acordo com o fabricante, e são de construção bastante simples, mas apresentam limitações em terrenos com excesso de restos de cultura (Figura 3).

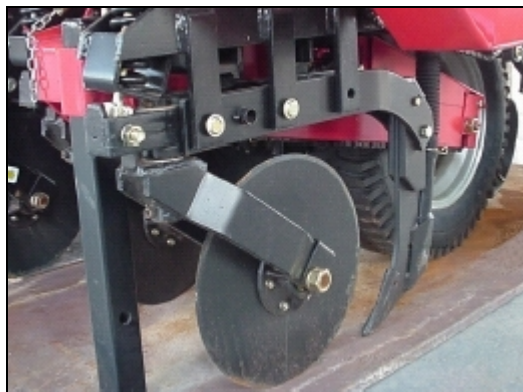


Figura 3 – Mecanismo sulcador do tipo facão.

Os sulcadores de discos podem ser de discos simples ou duplos, conforme a sua construção, e utilizam um ou dois discos. A colocação do adubo em sulcadores de disco duplo (Figura 4) é mais precisa e mais adequada ao sistema de semeadura direta, pelo fato da abertura do sulco em V e não arrastar palhada, descobrindo o solo ou embuchando o sistema causando entupimentos.



Figura 4 – Mecanismo sulcador do tipo disco duplo.

Coelho (1998) cita também o sulcador tipo triplo disco, sendo um disco para o corte de palhada, associado a um disco duplo utilizado na unidade semeadora em semeadura direta.

A adoção do disco de corte em semeadura direta permitiu o uso de sulcadores do tipo facão em sistema de semeadura direta, diminuindo os embuchamentos causados pela palha nestes sulcadores.

2.5.4. Mecanismos cobridores de sulcos

Os cobridores de sulcos têm por função jogar terra em quantidade adequada e uniformemente sobre os sulcos abertos pelos sulcadores, mais propriamente sobre as sementes, já que os sulcadores de sementes normalmente se localizam após os sulcadores de adubo, nas semeadoras-adubadoras.

Os cobridores de sulco, segundo Balastreire (2005), podem ser de chapas dobradas em formato adequado para a operação, de discos reguláveis para se obter a quantidade de cobertura adequada ou de rodas em V (Figura 5), com regulagem do ângulo de abertura entre as rodas.

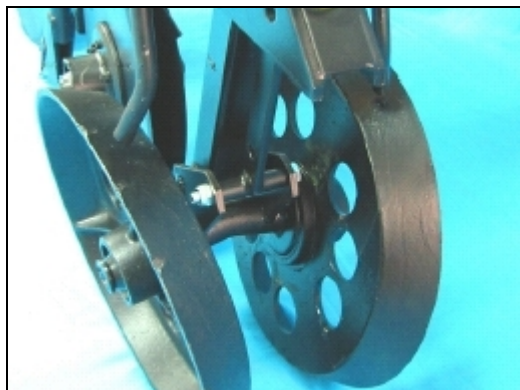


Figura 5 – Mecanismo cobridor de sulco do tipo roda em V.

2.5.5. Mecanismos compactadores de sulco

Segundo Pacheco (1994) e Silva et al. (2006), as rodas compactadoras têm a função de melhorar o contato entre o solo e a semente reduzindo os espaços vazios, para melhor absorção de umidade, garantindo melhor germinação, por meio da aplicação de pressão lateral e/ou sobre o sulco de semeadura, provocando leve compactação e deixando o solo diretamente sobre as sementes, solto o suficiente para facilitar a emergência das plântulas.

A compactação do sulco pode ser feita, segundo Balastreire (2005), por roda compactadora com alívio central, rolos compactadores ou duas rodas compactadoras individuais, com distância e ângulo entre elas variáveis.

2.6. Evolução das semeadoras-adubadoras para semeadura direta

As semeadoras-adubadoras de semeadura direta devem somar às funções das semeadoras-adubadoras convencionais o corte da palhada existente no terreno, além da capacidade de romperem o solo com condição de trabalho mais rústica, ou seja, sem o preparo periódico. Dentre os entraves a serem contornados no início do desenvolvimento do sistema de semeadura direta, um dos principais foi o desenvolvimento de máquinas preparadas para as novas condições de semeio.

Segundo Borges (1993), uma das primeiras semeadoras-adubadoras de semeadura direta no país foi uma máquina de marca Buffalo. Ela foi importada dos Estados Unidos, pela Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do

Rio Grande do Sul, em 1969, e foi utilizada no semeio de um hectare de sorgo, sobre resteva de inverno; mas foi destruída logo após, em um incêndio no galpão no qual havia sido guardada. Em 1972, o produtor Herbert Bartz, de Rolândia, no Paraná, importou dos Estados Unidos uma máquina Allis-Chalmers, para semear soja sobre a resteva de trigo, e uma máquina FNI-Rotacaster da Inglaterra.

Coelho (1998) cita que as primeiras máquinas para semeadura direta trabalhavam com facas rotativas como elementos sulcadores, como a Rotacaster. O seu acionamento se dava pela tomada de potência do trator, que demandava grande potência e ocasionava constantes danos ao sistema de transmissão do mesmo, além de demandar constante manutenção de todo o sistema de facas rotativas e de retirar toda a palhada no local de abertura do sulco.

Borges (1993) relata que, além destas máquinas importadas, foram tentadas diversas adaptações nas máquinas nacionais comercializadas, como molas mais reforçadas, que tinham desempenho razoável em solos mais arenosos. Até que, em 1978, a Semeato enviou para a região dos Campos Gerais alguns kits com discos de corte ondulados e, a partir de 1979/80, aquela empresa já comercializava um kit especial para a semeadura direta para a semeadora-adubadora PS-6, criado pelos pesquisadores Laurence Richardson e José A. Portela.

Dentre as principais adaptações realizadas nas semeadoras para semeio convencional para o sistema de semeadura direta, se encontra o disco de corte. A sua função seria cortar a palha remanescente e abrir um sulco para a penetração dos conjuntos que depositam o adubo e a semente. Os primeiros kits de adaptação consistiam, então, de um disco de corte ondulado e molas para aumentar a pressão dos sulcadores, para o adubo e sementes, contra o solo, numa tentativa de fazer com que estes trabalhassem em uma condição de maior resistência à penetração, ou seja, um solo estruturado.

Segundo Coelho (1998), no final da década de 1970 e início dos anos 80, a indústria nacional disponibilizou os sulcadores do tipo disco triplo para a unidade semeadora, compostos de um disco de corte associado ao sulcador de disco duplo em forma de V.

A principal adaptação ocorrida nas semeadoras-adubadoras de semeadura direta em relação às convencionais está relacionada com os sulcadores para a deposição de adubos e sementes, substituindo-se o sistema de

disco duplo convencional por um outro sistema, seja de triplo disco, facas rotativas, facão ou mesmo discos duplos defasados ou desencontrados. Foram desenvolvidos, então, diversos sistemas de rompimento de solo, objetivando atender às variadas condições existentes, desde classe de solo até o tipo de palhada preponderante, em um processo de desenvolvimento de produtos contínuo, que dificilmente culminará em apenas um produto eficiente para todas as condições.

Segundo informações descritas por Saturnino e Landers (1997), no final da década de 1980, houve o desenvolvimento de semeadoras-adubadoras de tração animal para a semeadura direta e o melhoramento de kits de cultivo mínimo e semeadura direta para microtrator na microbacia do Ribeirão das Pedras.

2.7. Seleção de semeadoras-adubadoras para o sistema de semeadura direta

Para a seleção de equipamentos de semeio, devem-se considerar aspectos como o tamanho e topografia da área a ser semeada, tempo hábil para a operação de semeio, capacidade operacional de cada equipamento e adequação da área, do produtor e do operador ao sistema de mecanização. Os equipamentos de semeio em áreas de semeadura direta podem ser manuais, tração animal ou de tração mecânica.

Almeida (1993) avaliou uma semeadora-adubadora manual, chamada comumente de matraca, adaptada para semeadura direta, com o formato da ponta afiada. Ela possibilitou melhor condição de penetração ao solo, menor esforço físico do operador e maior índice de germinação das culturas avaliadas quando comparada com a semeadora-adubadora manual convencional, em semeadura direta, com um índice de emergência 28% superior, na cultura do milho, e 16,36% superior, na cultura do feijoeiro.

Saturnino e Landers (1997) citam que pequenos produtores contam com técnicas como o cultivo manual e uso da tração animal para o sistema de semeadura direta, com o uso de matraca adaptada e semeadora de tração animal. Algumas semeadoras de tração animal para semeadura direta utilizam sistema dosador de sementes pneumáticos, acionadas por motores colocados no

chassi da semeadora, indicando que o uso de tecnologia independe do tipo de tração utilizado.

A Embrapa e a empresa Sfil desenvolveram a Sembra 2000, uma semeadora-adubadora automotriz com duas linhas de plantio, com conjunto sulcador composto por enxadas rotativas mais facão para semente, para pequenas propriedades (Embrapa Trigo, 2007).

Para propriedade de maior porte, existem hoje no mercado diversos modelos e marcas de semeadoras-adubadoras. Segundo Saturnino e Landers (1997), alguns conjuntos permitem o plantio de áreas superiores a 100 hectares por dia. Segundo Landers (1995), a semeadura direta necessita de semeadoras que sejam versáteis e sirvam para várias culturas e espaçamentos, que sejam resistentes, abram o sulco com pouca remoção de palha e terra e não embuchem, coloquem as sementes a profundidades constantes e adequadas, cubram e compactam de forma eficiente o sulco e depositem o adubo adequadamente. Para Sattler (1993), a seleção de uma semeadora-adubadora para semeadura direta deve considerar a versatilidade, a eficiência no rompimento do solo, a precisão, a uniformidade e a qualidade da máquina.

2.8. Fatores que afetam a eficiência de semeadura

Ortiz-Cañavate (1995) cita que, para se conseguir uma semeadura de precisão, as sementes devem ser de tamanho uniforme, o alvéolo dosador deve ter tamanho correspondente às sementes e estas devem ter tempo suficiente para entrar nos alvéolos. Cita, ainda, que o sistema ejetor da semeadora-adubadora deve limitar o número de sementes e forçá-las a cair pela abertura de saída; o tubo condutor de sementes deve ser curto, liso e reto, e ter sua extremidade final perto do fundo do sulco. Além disso, as sementes devem estar a profundidades adequadas e não devem saltar quando depositadas no fundo do sulco. Algumas regulagens devem ser efetuadas para se obter uma boa semeadura como, dose de semeio, profundidade, distância entre as linhas de semeio, e, ainda, devem-se considerar os índices de pureza, sobrevivência e germinação, e a patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora.

Grandi (1997) cita que se devem utilizar sementes bem selecionadas e devidamente comprovadas, tomando-se também cuidado de não variar a

velocidade de deslocamento da utilizada na aferição, para se evitar modificação no espaçamento entre as sementes, bem como uma movimentação do solo diferente da verificada na aferição.

Segundo Balastreire (2005), os fatores que afetam a eficiência de semeadura podem estar relacionados com as sementes, solo, máquina, clima e operador. As sementes influenciam a semeadura pela quantidade de sementes a ser distribuída, pela sua viabilidade, uniformidade de tamanho e distribuição, forma, profundidade de colocação e tratamentos com defensivos ou inoculantes. O solo pode influenciar pelo seu preparo, fertilidade e textura, além de fatores ligados aos fatores climáticos como o teor de umidade, temperatura e aeração. O operador é um fator importante na eficiência de semeadura pela sua capacidade em regular a máquina, manter a velocidade adequada de operação e espaçamento adequado entre as linhas de semeio e manter a máquina em adequada condição de uso, com manutenção e reparos corretos.

A influência da semeadora se dá pelo tipo de mecanismo de cobertura, sulcador e mecanismo dosador de sementes, além do tipo de rodado das rodas motrizes. É comum obterem-se índices de quebras de sementes de até 7% em dosadores puramente mecânicos, que podem ser reduzidas em 3% a 4% com uso de aliviadores de pressão, principalmente em sementes sensíveis, como o amendoim. A patinação da roda de acionamento depende do tipo da roda, umidade e preparo do solo e da velocidade de operação, variando em valores aproximados de 4% de patinação para rodas de borracha ranhurada, 8% para rodas de borracha lisa e 12% para rodas de ferro liso (Balastreire, 2005).

A velocidade na operação de semeadura tem influência direta sobre a cobertura das sementes, independentemente do tipo e marca da semeadora. A maioria das pesquisas aponta velocidades de 5 a 7 km h⁻¹ como ideais. Considerando as condições da área e da semeadora em uso, a maior velocidade poderá abrir sulcos maiores, revolvendo uma faixa mais larga e, em consequência, a roda compactadora não pressionará suficientemente o solo sobre a semente (Nagaoka e Nomura, 2003, citados por Cortez et al., 2006).

Segundo Cortez et al. (2006), em experimentos com diferentes marchas do trator, na operação de semeadura de soja, a distribuição longitudinal das sementes foi influenciada pela marcha do trator, cuja média geral para os espaçamentos foi 59,25% para os aceitáveis, 22,60% para os falhos e 18,60%

para os duplos. Quanto maior a velocidade, menor foi a quantidade de espaçamentos aceitáveis e maior a quantidade de espaçamentos falhos.

De acordo com Copetti (2003), o percentual de espaçamentos falhos passou de 7,1% para 24,9%, quando a velocidade foi de 4,5 km h⁻¹ para 8,0 km h⁻¹. Já os espaçamentos duplos passaram de 8,2% para 14,1% e os aceitáveis, de 84,7% para 61%.

A distribuição longitudinal de sementes é afetada pela velocidade de deslocamento, que, por sua vez, influencia na produtividade da cultura e no desempenho de semeadoras-adubadoras (Delafosse, 1986).

A falta de uniformidade na distribuição longitudinal de sementes se deve, principalmente, a erros no sistema dosador da semente, quando este captura múltiplas sementes ou não captura nenhuma. Tourino e Klingensteiner (1983), trabalhando em banco de ensaio, adotaram critérios nos quais se determina a faixa de 90% a 100% de espaçamentos aceitáveis como ótimo desempenho; 75% a 90% como bom desempenho; 50% a 75% como desempenho regular e desempenho insatisfatório abaixo de 50%. Os espaçamentos considerados aceitáveis são os que se situam entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento médio esperado, considerando-se espaçamentos falhos aqueles abaixo do limite inferior e espaçamentos múltiplos aqueles situados acima do limite superior do intervalo (Coelho, 1996).

Segundo Pacheco (1994), citado por Sato (2002), falhas ou capturas múltiplas de sementes pelo sistema dosador e o fato de que podem ocorrer variações na trajetória da semente no tubo condutor, além de rolamentos ou saltos no momento do impacto da semente no solo, podem causar desuniformidade na distribuição longitudinal de sementes.

Em semeadoras-adubadoras com sistema dosador de disco perfurados, o tamanho da célula dosadora e a velocidade periférica do disco dosador são apontados como componentes importantes para a distribuição longitudinal de sementes.

Pacheco (1994), trabalhando com velocidades periféricas do disco dosador de 0,26, 0,37 e 0,49 m s⁻¹, observou porcentagens de enchimento de células de 99,25%, 98,29% e 94,12%, respectivamente, indicando que a velocidade mais baixa propicia a melhor captura da semente pela célula dosadora. Estes resultados estão de acordo com os resultados encontrados por

Barmington (1948) e Tourino (1983), que encontraram maior uniformidade de preenchimento dos furos, para o sistema de discos horizontais, na faixa de velocidades de 0,102 a 0,305 m s⁻¹. Isto indica que não somente a uniformidade de distribuição como também a danificação mecânica das sementes é afetada pelo tempo de exposição das sementes aos furos. Delafosse (1986) recomenda, para determinadas espécies de sementes e tipos de distribuidores, o uso de velocidades periféricas máximas entre 0,29 e 0,315 m s⁻¹, para uma boa precisão de dosagem. De acordo com Ortiz-Cañavate (1995), as células do disco dosador devem se adaptar ao tamanho e forma das sementes, evitando-se falhas ou duplos. Os dosadores com platôs de maiores diâmetros, de velocidade periférica baixa e com sua velocidade em relação ao solo baixa ou nula, são mais precisos.

Oliveira (1997), avaliando o desempenho de uma semeadora-adubadora em duas classes de solo, verificou pequena diferença no poder germinativo de sementes de milho que passaram pelo sistema dosador de sementes, que não foram significativas. Pacheco (1994) cita que a interação entre a velocidade periférica do disco dosador e as dimensões do tubo condutor poderiam interferir na trajetória da semente, assim como pode haver possíveis efeitos de diferentes comprimentos e conformações do tubo condutor.

As variações na distribuição longitudinal de sementes afetam o estande final de plantas ou o espaço disponível para cada planta, influenciando no desenvolvimento e produção desta e, conseqüentemente, na produtividade da cultura. As plantas podem apresentar algum efeito compensatório em relação ao espaço disponível para seu desenvolvimento, até certo ponto.

2.9. Avaliação de semeadoras-adubadoras

A evolução histórica das práticas agrícolas indica que a quantidade exigida de informações era pequena no início da mecanização agrícola, em vários países, uma vez que tal processo desenvolvia-se muito lentamente nessa fase. Todavia, com a expansão do desenvolvimento direcionado para o tipo de organização econômica complexa, estruturada e interdependente, dos dias atuais, a demanda de informações assume papel de grande importância.

Avaliar máquinas agrícolas é, fundamentalmente, obter informações visando uma tomada de decisão. A tomada de decisão em mecanização agrícola

está se tornando tarefa cada vez mais complexa, especializada e altamente exigente em dados e informações técnicas.

A avaliação de máquinas agrícolas é muito importante, principalmente das semeadoras-adubadoras, pois um dos grandes entraves para a adoção plena da semeadura direta é a dificuldade em se obter semeadoras-adubadoras versáteis e resistentes, que sirvam para culturas e solos distintos, abram o sulco removendo pouca terra e palha, tenham penetração e controle de profundidade aceitáveis e cubram, adequadamente, as sementes, fatores estes que garantiriam o sucesso da exploração (Landers, 1995; e Gassen e Gassen, 1996, citados por Reis et al., 2002).

Segundo Silveira et al. (2006), o gerenciamento de maquinaria tem-se tornado cada vez mais importante na execução de operações agrícolas, por estar diretamente relacionado com a capacidade de combinar terra, trabalho e capital para a obtenção de um retorno que signifique lucro satisfatório. Os custos da maquinaria em relação aos custos totais da exploração de uma fazenda, normalmente, indicam se a sua utilização está sendo feita de forma acertada ou não.

A inadequação da capacidade das máquinas em realizar a operação dentro dos prazos está associada ao conceito de pontualidade definido por Balastreire (2005). Segundo o autor, a pontualidade é a capacidade de efetuar as operações na época em que a qualidade e/ou quantidade de um produto são otimizadas. O levantamento das perdas por prazo de operação é extremamente útil para selecionar o número e o tamanho do maquinário agrícola necessário, sem que haja o superdimensionamento ou sobrecarga de trabalho (Witney, 1998, citado por Matos et al., 2006).

De acordo com Agriannual (2005), a redução observada no preço da saca da soja em duas safras analisadas foi seguida pela elevação na participação do custo envolvendo a mecanização em semeadura direta, atingindo 25,5% do custo total na safra 04/05, para a região noroeste do Mato Grosso.

A diminuição na receita líquida devido a atrasos nas operações agrícolas foi demonstrada por Veiga (2000), que avaliou os custos direto e indireto da mecanização na semeadura da soja em São Paulo, por meio da avaliação da diferença no custo de mecanização e na receita obtida, em função do período da semeadura.

Os solos que necessitam de grandes quantidades de fertilizantes, aplicados durante a operação de semeadura, implicando maior número de reabastecimentos da semeadora-adubadora, influem diretamente na redução da eficiência da operação. O aumento no tempo de operação pode gerar atrasos na implantação da cultura e, conseqüentemente, redução da produtividade, caracterizando o custo indireto da mecanização (Matos et al., 2005).

Segundo Matos et al. (2006), o número de conjuntos trator-semeadora aumenta de acordo com a redução do período de semeadura, devido ao menor tempo para a realização da operação. Os mesmos autores observaram que o custo operacional na semeadura aumenta, conforme se reduz o período da operação. O maior custo operacional obtido ocorreu na semeadura realizada no intervalo de uma semana comparado ao intervalo de sete semanas, independentemente do sistema.

As máquinas deverão estar corretamente adequadas ao tamanho da fazenda e às operações a serem realizadas, de modo que no final, resulte numa combinação de equipamentos a mais econômica possível. A maquinaria selecionada deve ter capacidade satisfatória para completar todas as operações dentro dos períodos críticos de tempo disponíveis.

Com a produção continuada de máquinas cada vez maiores e mais caras, cada unidade comprada representa despesas também substancialmente maiores.

Máquinas usadas em conjunto deverão ser adequadas umas às outras; por exemplo, um trator deverá ser capaz de fornecer a quantidade exata de potência para puxar ou acionar toda a gama de implementos ou máquinas selecionadas para o trabalho em combinação, na melhor velocidade de operação possível. Deste modo, a capacidade de trabalho da máquina, a eficiência de campo e os requisitos de potência são fatores fundamentais no gerenciamento da utilização da maquinaria agrícola.

2.9.1. Patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora

A avaliação de semeadoras-adubadoras é realizada geralmente por testes de campo onde se busca analisar seu desempenho geral ou de setores específicos em diferentes condições de trabalho.

O acionamento dos sistemas dosadores de sementes e, principalmente, de fertilizantes são realizados pelas rodas motrizes das semeadoras-adubadoras. Toda vez que ocorre patinagem dessas rodas, os sistemas deixam de serem acionados, com isso, sementes e adubos não são depositados, causando falhas no plantio e no estande final. Por este motivo o estudo da patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora é muito importante.

Oliveira et al. (2000), testando uma semeadora-adubadora em três tipos de resíduos vegetais secos (milho, lab lab e vegetação espontânea), duas velocidades (5 e 7 km h⁻¹) em dois tipos de solo (Podzólico – atualmente classificado como Argiloso; e Latossolo), verificaram que não houve diferença significativa na patinagem da roda motriz da semeadora-adubadora, ao se variar a velocidade de trabalho e o tipo de cobertura no Podzólico. Entretanto, as maiores patinagens foram obtidas na maior velocidade, exceto no tocante à cobertura de milho. É possível que esse efeito contrário tenha sido decorrente do grande volume de palha nesse tratamento. No Latossolo, foram encontradas diferenças significativas apenas quanto à variação de velocidade, com valores mais altos de patinagem na menor velocidade. A patinagem obtida no Latossolo foi maior que a do Podzólico em todos os tratamentos.

Reis et al. (2002), avaliando o desempenho de duas semeadoras-adubadoras de semeadura direta em diferentes teores de água em um solo argiloso, observaram que não houve efeito do teor de água do solo sobre a patinagem das semeadoras. Entretanto, houve aumento da patinagem com a elevação do teor de água, para as duas máquinas. Ocorreram diferenças estatísticas em relação às máquinas, sendo a maior patinagem verificada na semeadora Rotacaster, o que ocorreu devido ao fato de esta estar equipada com pneus lisos, o que ocasiona menor eficiência de tração.

Casão Júnior et al. (2000), avaliando o desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em semeadura direta no Basalto Paranaense, verificaram que a patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora foi de 9,2% a 4,5 km h⁻¹ e de 8,6% a 8,0 km h⁻¹.

2.9.2. Velocidade periférica do disco dosador de sementes

A ausência de sementes nos furos dos discos dosadores ou a deposição de mais de uma semente por furo se traduzirá em uma distribuição irregular de sementes, que poderá acarretar perdas em produtividade da cultura pela exploração incorreta do solo (Tourino, 1983).

O preenchimento dos furos dos discos dosadores depende diretamente do tempo de contato entre estes e as sementes do reservatório. Em velocidades muito altas há menor tempo para enchimento desses furos e, em consequência, o número de sementes distribuídas poderá ser menor. As velocidades mais altas também não permitem a correta liberação das sementes para o tubo condutor, o que poderá provocar o aparecimento de falhas de liberação.

Segundo Barmington (1948), velocidades altas nos distribuidores causam grande número de células vazias, e, em baixas velocidades, acarretam elevado número de capturas múltiplas de sementes pelo distribuidor.

O disco dosador é o mecanismo que coleta, dosa e distribui as sementes. O preenchimento dos furos depende da variável tempo de exposição dos mesmos às sementes. Quanto maior esse tempo, até certo limite, mais chances de preenchimento correto dos furos.

O aumento da velocidade de deslocamento modifica a velocidade periférica do disco, ocasionando danos mecânicos às sementes e comprometendo a ocupação das células e dos dedos preensores.

Segundo Tourino (1983), o dosador mecânico é submetido a um movimento que é resultante das relações de transmissão utilizadas na semeadora-adubadora. Este movimento é chamado de velocidade tangencial dos discos. A semente, ao se alojar nos furos dos discos, passa a ser regida também por esse movimento. A velocidade tangencial da semente ao ser liberada do furo do disco influi diretamente na trajetória a ser seguida pela mesma. A este fato aliam-se localização do ponto de liberação da semente, forma e inclinação do tubo condutor e comprimento do mesmo.

Tourino (1983), Tourino e Klingensteiner (1983) e Barmington (1948), testando diferentes velocidades periféricas, utilizando disco dosador horizontal, observaram que houve uma redução da porcentagem de espaçamentos normais com o aumento da velocidade do disco e, portanto, na razão de distribuição de

sementes, principalmente, quando algumas sementes são maiores em relação aos furos do disco, reduzindo a uniformidade de distribuição destas no solo.

Wanjura e Hudspeth (1968), citados por Tourino e Daniel (1996), concluíram que a maior uniformidade de distribuição de sementes de algodão, utilizando dosadores do tipo discos horizontais, ocorre com velocidades tangenciais dos discos inferiores a $0,12 \text{ m s}^{-1}$.

Segundo Bernacki et al. (1972), o aumento da velocidade do disco leva a um preenchimento deficiente dos furos e, conseqüentemente, a uma redução da uniformidade de deposição destas sementes no solo. Com isto concordam Moreira et al. (1978), Tourino (1983), Tourino e Klingensteiner (1983), Tourino e Daniel (1996), Delafosse (1986), e Mantovani et al. (1999). Entretanto, Butierres (1980), em experimentos realizados, não encontrou resultados que confirmem essa teoria.

Segundo Bainer (1947), a semente liberada pelo furo do disco tem uma componente de velocidade igual à velocidade do disco no centro desse furo, e a trajetória seguida pela semente é completamente variável.

Roth e Porterfield (1960) relataram que à medida que se aumentam as tolerâncias dadas às dimensões das células distribuidoras, aumenta-se a velocidade periférica do distribuidor, mantendo-se 100% de enchimento das células.

2.9.3. Capacidade de campo

O estudo das operações agrícolas, levando-se em conta a capacidade de trabalho e a eficiência de campo, visa racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas, na execução dos trabalhos. Dá-se o nome de desempenho operacional a um complexo conjunto de informações que definem, em termos quali-quantitativos, os atributos da maquinaria agrícola quando executam operações sob determinadas condições (Folle e Franz, 1990, citados por Silveira et al., 2006).

Segundo ASAE (1999), Cañavate e Hernanz (1989), Corrêa (1967), Leite (1972), Mantovani (1987), Witney (1988) e Silveira et al. (2006), a capacidade de campo de uma máquina vem a ser a quantidade de trabalho produzida na unidade de tempo. A capacidade de campo pode ser efetiva e teórica.

A capacidade de campo teórica é o valor de desempenho obtido se a máquina trabalhar 100% do tempo, na velocidade ideal para operação, utilizando 100% de sua largura teórica de trabalho (ASAE, 1996).

A capacidade de campo efetiva corresponde a real área trabalhada por unidade de tempo e é geralmente expressa em ha h^{-1} (Balastreire, 2005).

Para Hunt (1974), a eficiência de campo é igual à eficiência de tempo, definida como a razão entre o tempo efetivamente usado e o tempo total disponível, quando são consideradas apenas as operações executadas dentro de campo cultivado. A eficiência de campo também pode ser obtida como a razão entre as capacidades de campo efetiva e teórica.

De acordo com Smith (1965), alguns fatores influem na eficiência de campo de uma máquina agrícola, como o método de operação ou padrão de operação no campo; formato e tamanho do campo; capacidade teórica de operação; condições de umidade e da cultura; produtividade do campo na época da colheita e as limitações dos sistemas, razão por que, eficiências de campo não são valores constantes para máquinas específicas, mas são muito variáveis.

Para Richey et al. (1961), a capacidade de trabalho ou de campo das máquinas agrícolas pode ser influenciada pela largura de trabalho da máquina; velocidade de deslocamento e porcentagem de tempo parado ou não operado. Desses fatores, a porcentagem do tempo de paradas é a mais difícil de se avaliar.

Furlani et al. (2005b), avaliando as exigências de uma semeadora-adubadora de precisão, variando a velocidade e a condição da superfície do solo, obtiveram, para a capacidade de campo efetiva, valores de 1,58; 1,59 e 1,51 ha h^{-1} para semeadura convencional, direto e solo escarificado, respectivamente. Furlani et al. (2005a), avaliando uma semeadora-adubadora de precisão, trabalhando em três sistemas de preparo de solo, obtiveram, para a capacidade de campo efetiva, valores de 2,7, 2,7 e 2,5 ha h^{-1} para semeadura convencional, direto e reduzido, respectivamente.

Furlani et al. (2004), avaliando o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno, obtiveram, para a capacidade de campo efetiva, valores de 1,55; 1,40 e 1,51 ha h^{-1} para semeadura direta, solo escarificado e convencional, respectivamente. A capacidade de campo efetiva na operação de semeadura foi influenciada pela patinação das rodas motrizes do trator que ocasionou menor

velocidade de deslocamento. No solo preparado pelo método convencional e com escarificador, também foi encontrada diferença significativa. Verifica-se, portanto, que quanto maior o grau de desagregação do solo obtido nos tratamentos de preparo, menor foi a capacidade de campo dos conjuntos motomecanizados. O manejo da cobertura do solo no inverno não influenciou na capacidade de campo efetiva da semeadora.

Branquinho et al. (2004) observaram que a capacidade de campo efetiva da operação semeadura foi influenciada pela velocidade de deslocamento do conjunto, sendo maior na velocidade mais alta. Os diferentes manejos realizados na cultura do milho não influenciaram na capacidade operacional. Os valores verificados foram 1,15 e 1,65 ha h⁻¹ a 5,2 e 7,3 km h⁻¹, respectivamente.

Mahl et al. (2004) observaram, para a capacidade de campo efetiva, valores de 1,68 e 1,67 ha h⁻¹ para semeadura direta e solo escarificado, respectivamente, verificando que a capacidade de campo efetiva não foi influenciada pela condição de solo. Quanto à variação de velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, houve efeito da mesma sobre a capacidade de campo efetiva. À medida que se aumentou a velocidade, houve aumento significativo da capacidade de campo efetiva. Por meio do aumento da velocidade de 4,4 km h⁻¹, para 8,1 km h⁻¹, conseguiu-se um incremento de 86% na capacidade de campo do conjunto.

Furlani et al. (2000), avaliando uma semeadora-adubadora de 6 linhas para feijão, obtiveram, para a capacidade de campo efetiva, valores de 1,57; 1,50 e 1,40 ha h⁻¹ para semeadura convencional, direto e solo escarificado, respectivamente.

Levien et al. (1999) obtiveram média de 2,1 ha h⁻¹ de capacidade de campo, enquanto que Marques et al. (1999) encontraram 1,45 ha h⁻¹.

Chaplin et al. (1988) relataram que uma semeadora de quatro linhas para semeadura direta obteve 2,5 ha h⁻¹ de capacidade de campo teórica, enquanto a semeadora, operando em solo preparado obteve 2,9 ha h⁻¹ de capacidade de campo teórica.

2.10. Caracterização estatística das variáveis: patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, capacidades de campo teórica e efetiva

A variabilidade das variáveis patinagem dos rodados motrizes de uma semeadora-adubadora, capacidade de campo teórica e capacidade de campo efetiva é amplamente conhecida. Encontram-se referências na literatura mostrando que os valores dessas variáveis em uma área podem ser muito diferentes, apresentando valores bastante diferenciados, mas que não possam ser considerados como discrepantes, e implicam em grande amplitude total e elevados coeficientes de variação (Balastreire, 2005; Weber et al., 2001; Oliveira et al., 2000; Casão Júnior et al., 2000; Reis et al., 2002; Arend et al., 2005; Bortolotto et al., 2006; Chaplin et al., 1988; Levien et al., 1999; Marques et al., 1999; Furlani et al., 2004; Mahl et al., 2004; Furlani et al., 2005a; Furlani et al., 2005b; Silveira et al., 2006; e Branquinho et al., 2004). Isto é um indicativo da variabilidade espacial dentro da área e implica que a variável não seja representada por uma distribuição de probabilidade simétrica.

Segundo Warrick e Nielsen (1980) e Brejda et al. (2000) citados por Mesquita et al. (2003), em uma primeira aproximação pode-se dizer algo sobre a população conhecendo somente sua média e desvio padrão. Grandes valores de desvio padrão correspondem a amostras mais dispersas, e pequenos valores correspondem a amostras que têm seus valores mais próximos da média estimada, apresentando menor dispersão. Estes dois valores estatísticos, porém, nada podem informar sobre o tipo de distribuição, e uma população fica mais, ou seja, completamente definida, pela sua distribuição de probabilidade, a qual permite determinar, além da média e da dispersão, o número de amostras a serem coletadas e a probabilidade que um dado valor assumirá dentro de limites especificados.

Uma vez que o conhecimento da variável de interesse em toda a área é impossível, tem-se que a distribuição de probabilidade populacional é desconhecida, e precisa ser estimada a partir da distribuição de probabilidade amostral (Silveira Júnior et al., 1980, citados por Martin et al., 2005). Um erro comum é ignorar a distribuição de probabilidade mais adequada para o parâmetro em estudo, e adotar-se, a priori, a distribuição normal, o que pode resultar, se os

valores da variável não seguem esta distribuição, em conclusões menos imprecisas. Mesmo com hipótese de normalidade, ressalta-se ainda a necessidade de confirmar ou não se a variável em estudo se distribui segundo uma normal, antes de se fazer uso das diversas ferramentas estatísticas que pressupõem essa distribuição, conforme indica Nielsen et al. (1973).

Para verificar se as pressuposições do modelo matemático estão sendo satisfeitas, podem-se usar os testes de Kolmogorov-Smirnov ou o teste de Lilliefors, que verifica a normalidade da distribuição dos erros (Campos, 1983, citado por Marques et al., 2000).

Comparando o teste Kolmogorov-Smirnov com o teste de Lilliefors, verifica-se facilmente uma grande flexibilidade neste último, pelo fato de que a hipótese nula, H_0 , especifica que a população é pertencente à família de distribuições normais, sem, contudo, ter a necessidade de especificar a média ou variância da distribuição.

Segundo Mesquita et al. (2003) uma outra alternativa para a verificação da normalidade é feita mediante uso dos coeficientes de simetria e curtose. Esse procedimento, porém, é limitado a grandes amostras, caracterizando assim um teste assintótico, além de não garantir resultados referentes à normalidade, pois não são realizadas comparações após o quarto momento. Uma distribuição só pode ser considerada igual à outra se todos os seus momentos forem iguais (Cochran, 1977).

É muito importante que a variável estudada tenha distribuição normal. Para populações grandes, com mais de 30 indivíduos, a distribuição amostral das médias é aproximadamente normal, independentemente da população (Cochran, 1977).

2.11. Determinação do tamanho amostral ideal e do número de repetições

A determinação do tamanho amostral ideal de experimentos é um dos principais problemas com o qual se depara o pesquisador no seu planejamento e implantação.

Entre os vários fatores que podem ser considerados na fixação do número de amostras do parâmetro estudado, destacam-se a forma e o tamanho da parcela, a precisão experimental e a representatividade desta amostra, pois,

independentemente do objetivo da pesquisa, o pesquisador está interessado na obtenção de diferenças estatísticas entre os tratamentos, o que depende, essencialmente, da precisão com que os dados são obtidos.

A execução de experimentos é, muitas vezes, limitada pelo grande número de mensurações obtidas na unidade experimental. A amostragem é uma alternativa, porém, ao dimensionar uma amostra aleatória simples, necessita-se do conhecimento prévio da variância da população e do grau de precisão desejado. Quando não se dispõem de informações sobre a variabilidade da população, deve-se realizar uma pré-amostragem em pequena escala a fim de que se possam obter estimativas dos parâmetros populacionais que serão usados na obtenção do melhor tamanho da amostra (Silveira Júnior et al., 1980, citados por Martin et al., 2005).

A diferença entre o valor estimado na amostra e o valor da variável na população denomina-se erro amostral ou de amostragem (Gomez e Gomez, 1984), e obviamente o erro de amostragem diminui à medida que o tamanho da amostra aumenta.

A recomendação mais freqüente em relação ao tamanho e forma de parcelas experimentais indica o uso de parcelas retangulares e pequenas, em detrimento das parcelas quadradas e grandes (Bakke, 1988). No entanto, o tamanho adequado da parcela depende da natureza dos tratamentos, disponibilidade de área e recursos, e dos aspectos referentes ao grau de precisão estatística requerida para os testes e estimações (Chaves, 1985, citado por Neto et al., 2004).

A literatura pode orientar sobre qual tamanho se empregar, mas alguns critérios devem ser avaliados pelo pesquisador, tais como heterogeneidade do solo, natureza do material experimental, número de tratamentos e repetições, competições interculturais, questões práticas e custo do experimento (Storck, 1979; Chaves, 1985; Bertolucci, 1990; e Alves, 2004).

A recomendação mais freqüente em relação ao número de repetição é que seja no mínimo de três. Isso leva a obtenção de três dados para cada tratamento e dependendo do parâmetro estudado e do nível de precisão não é suficiente, pois quanto maior o grau de variação da variável e quanto maior o nível de precisão, maior deve ser a amostra, ou seja, devem-se repetir mais vezes.

A repetição objetiva propiciar estimativas do erro experimental, tão importante nos testes dos efeitos dos tratamentos e dos parâmetros dos modelos usados nas pesquisas realizadas por experimentos. A repetição permite também a distribuição dos tratamentos em maior espaço do ambiente, com vistas a adequar a extrapolação dos resultados obtidos.

Dagnelie (1977), citado por Rossetti (2002), demonstrou que quanto maior for o número de repetições, mais fidedigna será a estimativa do erro experimental, portanto haverá mais segurança na aplicação dos testes estatísticos e maior confiabilidade nos resultados.

Por outro lado, dependendo do número de tratamentos, do tamanho da parcela e do delineamento experimental utilizado, o experimento pode crescer tanto que às vezes se torna impraticável.

É exatamente por isso que muitos experimentos utilizam parcelas grandes, com grandes distâncias percorridas, em detrimento do número de repetições, o que é bastante grave quanto à estimativa do erro experimental e, em última análise, aos resultados obtidos nesses experimentos, uma vez que, em geral, as parcelas grandes têm maior variância (Rossetti et al., 1996) e, conseqüentemente, aumentam a variância da média de cada tratamento.

A determinação prévia do número mínimo de repetições necessárias para se obter o melhor resultado tem grande importância e deve ser avaliada antes da instalação do experimento definitivo. O ideal é que esta avaliação seja feita na área onde vai ser realizado o experimento ou em condições semelhantes.

O uso de parcelas de tamanho ótimo contribui para que se ajuste um razoável número de repetições para obtenção de resultados satisfatórios. Os experimentos dessa área com grande número de tratamentos, em que as interações máquina versus solo e velocidade versus cobertura vegetal têm particular importância, serão os mais atingidos.

No outro extremo, estão os experimentos com poucos tratamentos, que a literatura preconiza que se faça mais de uma repetição no bloco, no caso dos delineamentos de blocos ao acaso, para que se tenha, conforme Branzatto e Kronka (1995), maior número de graus de liberdade para estimar o erro experimental. Mas quanto ao aspecto da distribuição dos tratamentos em espaço maior para estabelecer a validade de extrapolação dos resultados, esta fica prejudicada, pois a área experimental, normalmente pequena, restringe os

resultados àquelas condições. Isso indica a necessidade de estudo mais profundo na relação entre tamanho de parcelas e número de repetições.

O aumento no número de repetições é mais eficiente do que o aumento no tamanho da parcela, no sentido de melhor aproveitamento da área experimental (Storck, 1979; e Vieira, 1996).

Atualmente, os trabalhos realizados na área de análise de desempenho de máquinas agrícolas têm utilizado delineamento em bloco ao acaso, ou inteiramente ao acaso em esquema fatorial para estimar e analisar as variáveis estudadas, diferente do método de amostragem utilizado neste trabalho.

Mantovani et al. (1999), avaliando o desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho, Oliveira et al. (2000), avaliando o desempenho de uma semeadora para semeadura direta em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal, em parcelas com comprimento de 50 m, e Cepik et al. (2005), avaliando a força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em parcelas de 20 m, repetiram três vezes cada tratamento.

Casão Júnior et al. (2000), avaliando o desempenho da semeadora Magnum 2850 em semeadura direta no basalto paranaense, em parcelas com comprimento de 30 m, Reis et al. (2002), avaliando o desempenho de duas semeadoras de semeadura direta em diferentes teores de água em um solo argiloso, em parcelas de 40 m, e Sato (2002), avaliando o desempenho de semeadoras na semeadura direta das culturas de milho e do feijoeiro, em parcelas de 100 m, repetiram quatro vezes cada tratamento.

Branquinho et al. (2004), avaliando o desempenho de uma semeadora direta em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo, Furlani et al. (2005a), avaliando uma semeadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo, e Furlani et al. (2005b), avaliando as exigências de uma semeadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo, em parcelas com comprimento de 25 m, repetiram quatro vezes cada tratamento.

Modolo et al. (2005), avaliando a força de tração necessária em função do número de linhas de semeadura utilizadas por uma semeadora de precisão, em parcelas com comprimento de 17 m, e Bortolotto et al. (2006), avaliando a demanda energética de uma semeadora para soja sob diferentes velocidades de

deslocamento e coberturas do solo, em parcelas de cinco metros, repetiram quatro vezes cada tratamento.

Mello et al. (2003), avaliando a distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura, usando parcelas com comprimento de 50 m, repetiram seis vezes cada tratamento.

Mahl et al. (2004), avaliando a demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo, usando parcelas com comprimento de 20 m, repetiram oito vezes cada tratamento.

Pacheco et al. (1996), avaliando uma semeadora de precisão, repetiram 16 vezes cada tratamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das avaliações de campo

A avaliação do desempenho da semeadora-adubadora ocorreu no município de Campos dos Goytacazes, que está situado na região norte fluminense, tendo como coordenadas geográficas 21° 45' 15" de latitude sul e 41° 19' 28" de longitude oeste, com altitude de 12 metros do nível do mar e relevo com declividade suave na maior parte de sua extensão. A avaliação foi realizada em sistema convencional e sistema de semeadura direta.

A avaliação do desempenho no sistema convencional foi feita com o plantio de milho e ocorreu na Fazenda Barra Seca, em novembro de 2005 (Figura 6). Esta área apresenta solo classificado como Cambissolo (C), plano, com boa drenagem (Prado, 2005). A área é cultivada, anualmente, com a cultura do milho em sistema de preparo convencional. Para a realização da avaliação da máquina, a área foi previamente preparada com uma aração, realizada com grade aradora, e outras duas gradagens, sendo uma destorroadora e outra niveladora.



Figura 6 – Avaliação da semeadora-adubadora na semeadura de milho em sistema de semeadura convencional.

A avaliação do desempenho no sistema de semeadura direta foi feita com sorgo e ocorreu na Unidade Experimental da UENF, localizada na Escola Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em dezembro de 2005 (Figura 7). Esta área apresenta solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), plano (Prado, 2005). Nesta área foi semeado lab lab (*Dolichos lablab* L.), que, 120 dias após o seu plantio, foi dessecado com herbicida, para o plantio de sorgo.

O manejo do lab lab para a formação de palhada para semeadura do sorgo foi realizado em dezembro de 2005, de forma química, pela aplicação do herbicida dessecante glyphosate, seguindo as recomendações para o sistema de semeadura direta. Foi utilizada a dose de $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial. A aplicação do herbicida foi realizada com pulverizador de barras com bico tipo leque, no início do dia.



Figura 7 – Avaliação da semeadora-adubadora na semeadura de sorgo em sistema de semeadura direta.

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Aw, do tipo quente úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e a temperatura média anual em torno de 24°C, sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura média do mês mais frio em torno de 21°C e a mais quente, em torno de 27°C. A região caracteriza-se por apresentar precipitação média anual de 790 mm, concentrando-se nos meses de outubro a janeiro.

3.2. Maquinário utilizado nas avaliações e caracterização da semeadora-adubadora

A semeadora-adubadora utilizada nas avaliações foi fabricada em 2004 e se encontrava em bom estado de conservação. A máquina utilizada tem uso restrito para implantação de experimentos do Centro de Ciência e Tecnologia Agropecuária da UENF e atividades de ensino e extensão.

Além dessa, utilizaram-se, nas áreas, os seguintes tratores e implementos para o preparo de campo:

- trator New Holland TL 100 4x2 TDA, com potência máxima de 68,7 kW (93,4 cv) no motor a 2.200 rpm;

- trator Massey Ferguson MF 275 4x2 TDA, com potência máxima de 55,2 kW (75 cv) no motor a 1.900 rpm;
- grade aradora Marchesan ATCR 18x26";
- grade niveladora Marchesan GN 32x20";
- pulverizador Montana com barra com 12 m com tanque de 600 L.

A semeadora-adubadora de semeadura direta utilizada foi a modelo MAX Seed-Max PCR 2226 (Figura 8), equipada com seis unidades de distribuição de sementes, espaçadas a 0,45 m, com capacidade total de 500 kg de adubo e 40 kg por linha de sementes – durante as avaliações, mantiveram-se os depósitos completos.



Figura 8 – Semeadora-adubadora de semeadura direta MAX Seed-Max PCD 2226.

A semeadora-adubadora equipada de pneus motrizes com garras do tipo militar 6.50-16, disco de corte de palhada de 0,41 m de diâmetro e rodas de controle de profundidade/compactador do tipo roda dupla cônica angulada em V.

A máquina utiliza-se do sistema dosador de discos perfurados. Apesar da semeadora-adubadora poder ser configurada com quatro linhas, adotou-se três linhas de semeio para o milho e o sorgo, espaçadas a 0,90 m, durante todos os testes. Essa escolha se deu em função da operacionalidade das avaliações.

Foram utilizados mecanismos sulcadores do tipo discos duplos defasados para adubo e sementes (Figura 9).



Figura 9 – Sulcadores do tipo discos duplos defasados para adubo e sementes.

O acoplamento da máquina se faz à barra de tração do trator, e o levantamento da máquina para transporte e manobras, pelo controle remoto do trator. O acionamento dos sistemas dosadores de sementes e adubos se dá por rodas com pneus de borracha, sendo que cada roda aciona metade das unidades de distribuição de sementes e adubo da máquina por meio de coroas dentadas, correntes e eixos.

A regulação da distribuição de sementes se dá pela troca do disco perfurado e/ou pela substituição de engrenagens, e a regulação da distribuição de fertilizantes se dá pela substituição da rosca sem-fim dosadora e/ou pela troca de engrenagens de acionamento.

3.3. Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora

Na avaliação do desempenho da semeadora-adubadora, foram determinadas a patinagem dos seus rodados motrizes, a velocidade periférica do disco dosador de sementes e as capacidades de campo teórica e efetiva da semeadora-adubadora. Também foram determinados o número ótimo de

amostras e o intervalo de confiança, para cada média, utilizando o nível de significância de 5% e o desvio variando de 5 a 20% em torno da média amostral, considerando populações infinitas.

3.3.1. Patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora

A patinagem (S) das rodas motrizes da semeadora-adubadora foi calculada pela Equação 1. Cada dado de patinagem foi obtido deslocando-se a semeadora-adubadora para suas rodas completarem cinco voltas (Figura 10).

$$S = \left(\frac{A_n - A_1}{A_n} \right) 100 \quad \text{eq .1}$$

em que:

S = patinagem dos rodados motrizes da semeadora, %;

A_n = avanço com carga por número de voltas, m; e

A_1 = avanço sem carga por número de voltas, m.



Figura 10 – Determinação da patinagem das rodas motrizes da semadora-adubadora.

A condição de avanço com carga foi calculada pela relação entre a distância percorrida durante a semeadura e o número de voltas percorridas. A condição de avanço sem carga foi calculada pela relação entre a distância percorrida pela semeadora em pista asfaltada, condição considerada sem patinagem e o número de voltas percorridas.

3.3.2. Relação entre patinagem e espaçamento entre sementes

A patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora interfere no espaçamento entre sementes. Sempre que ocorre a patinagem da roda motriz o mecanismo de dosagem e distribuição de semente da semeadora-adubadora deixa de ser acionado de forma proporcional, com isso, o número de sementes correto por metro linear deixa de ser dosado e distribuído corretamente. Neste momento, ocorre um espaçamento maior entre as sementes distribuídas pela máquina.

O espaçamento entre sementes para as condições com patinagem e sem patinagem foi calculado pela Equação 2. Esta equação é específica para esta máquina, onde as engrenagens com os valores citados são engrenagens fixas, cujos valores não podem ser alterados.

$$ess = \frac{p}{nf} \frac{12}{12} \frac{26}{26} \frac{B}{A} \frac{18}{S3} \frac{14}{18} \frac{40}{10} \quad \text{eq .2}$$

em que:

ess = espaçamento entre sementes, m;

p = perímetro da roda motriz da semeadora, m;

nf = número de furos do disco dosador, e

A, B e $S3$ = engrenagens do sistema de transmissão.

3.3.3. Velocidade periférica do disco dosador de sementes

A semeadora-adubadora utilizada na avaliação apresenta mecanismo de dosagem de sementes do tipo disco perfurado horizontal. O sistema de acionamento do disco de distribuição de sementes é composto por engrenagens, correntes e eixos e é apresentado na Figura 11.

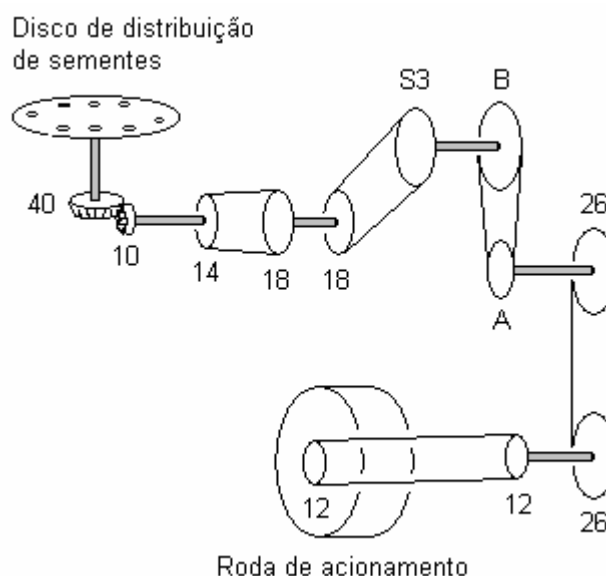


Figura 11 – Esquema do sistema de acionamento do disco de distribuição de sementes.

Na semeadura do milho, na SC, utilizou-se disco de distribuição de sementes de 28 células. A distância entre a célula do disco e seu centro é de 8,75 cm. As engrenagens A, B e S3 utilizadas foram de 28, 18 e 32 dentes, respectivamente. A velocidade média de trabalho da semeadora-adubadora foi de $5,34 \text{ km h}^{-1}$, sendo esta considerada a velocidade periférica da roda motriz acionadora.

Enquanto que, na semeadura do sorgo, na SD, utilizou-se disco duplo de distribuição de sementes de 90 células. As distâncias entre as células externas e internas do disco e seu centro são de 8,75 e 7,75 cm, respectivamente. A velocidade média de trabalho da semeadora-adubadora foi de $6,36 \text{ km h}^{-1}$, sendo esta considerada a velocidade periférica da roda motriz acionadora.

As velocidades de trabalho da semeadora-adubadora na SC e SD foram adotadas segundo a velocidade de trabalho sugerida pelo fabricante, que é de $6,0 \text{ km h}^{-1}$.

A freqüência de trabalho da roda motriz acionadora do sistema de transmissão (Figura 11) foi calculada pela Equação 3.

$$F = \frac{v_p}{2\pi r} \quad \text{eq .3}$$

em que:

F = freqüência da roda motriz acionadora, Hz;

v_p = velocidade periférica da roda motriz acionadora, m s^{-1} ; e

r = raio da roda motriz acionadora, m.

A freqüência de cada engrenagem do sistema de transmissão (Figura 11) foi calculada pela relação do número de dentes entre cada uma (Equação 4) quando interligadas por corrente. Quando dispostas no mesmo eixo, consideraram-se ambas com a mesma freqüência.

$$f_1 d_1 = f_2 d_2 \quad \text{eq .4}$$

em que:

f_1 = freqüência da engrenagem motriz, Hz;

d_1 = número de dentes da engrenagem motriz;

f_2 = freqüência da engrenagem motora, Hz;

d_2 = número de dentes da engrenagem motora.

3.3.4. Capacidade de campo teórica

A capacidade de campo teórica (C_t) foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora e sua velocidade de deslocamento, medida no campo. A capacidade de campo teórica foi calculada pela Equação 5.

Em cada ensaio, foram registrados os tempos gastos em cada percurso, para determinação da velocidade, com um cronômetro digital.

$$C_t = \frac{L v}{10} \quad \text{eq .5}$$

em que:

C_t = capacidade de campo teórica, ha h⁻¹;

L = largura útil de trabalho da semeadora, m; e

v = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h⁻¹.

3.3.5. Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva (C_e) foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora e sua velocidade de deslocamento medida no campo, considerando-se, segundo a ASAE (1997), uma eficiência de campo de 65%. A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 6.

$$C_e = C_t E_f \quad \text{eq .6}$$

em que:

C_e = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹; e

E_f = eficiência de campo, decimal.

3.3.6. Caracterização estatística das variáveis patinagem dos rodados motrizes, capacidade de campo teórica e capacidade de campo efetiva da semeadora-adubadora

Para realizar a caracterização estatística das variáveis patinagem dos rodados motrizes, capacidade de campo teórica e capacidade de campo efetiva da semeadora-adubadora, realizou-se estudo de algumas medidas de posição como média e mediana, estudo de coeficientes de assimetria e curtose, seguida pela análise de dados discrepantes, utilizando diagrama de ramos e folhas, resumo de cinco números e limites críticos para valores discrepantes (Campos, 1983; McCuem, 1985; Clark e Hosking, 1986; Isaaks e Srivastava, 1989; Hoaglin et al., 1992; Libardi et al., 1996; Mesquita, 2001; Mesquita et al., 2003).

3.3.7. Tamanho amostral ideal

Foi utilizado o método de amostragem simples ao acaso (Cochran, 1977) e determinou o número ótimo de amostras, utilizando o nível de significância de 5% e os desvios de 5 a 20%, em torno da média amostral, considerando populações infinitas.

A estimativa do tamanho da amostra ideal (n) pode ser obtida pela Equação 7.

$$n = \left(\frac{t^2 s^2}{d^2} \right) \quad \text{eq .7}$$

em que:

n = tamanho da amostra ideal;

t = $t_{(\alpha/2)}$ ($n-1$) da distribuição de Student para testes de significância (bilateral a 5%);

s = estimativa do desvio padrão da amostra; e

d = semi-amplitude do intervalo de confiança (em decimal) para a média.

3.3.8. Intervalo de confiança

O intervalo de confiança (IC) para a média através da teoria normal foi obtido pela Equação 8, no caso da amostragem de uma população infinita, ou tirada, com reposição, de uma população finita.

$$IC_{95\%} = \hat{y} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad \text{eq .8}$$

em que:

$IC_{95\%}$ = intervalo de confiança com 95% de probabilidade; e

\hat{y} = estimativa da média amostral;

3.4. Método estatístico

Foi utilizado o método de amostragem simples ao acaso e determinou o número ótimo de amostras para estimar, para cada média, seu respectivo intervalo de confiança, utilizando o nível de significância de 5% e o desvio variando de 5 a 20%, em torno da média amostral, considerando populações infinitas.

Os testes foram configurados na mesma estrutura, sendo que, na SC, ocupou uma área total de 4.063 m², e, na SD, 1.192 m², sendo cada parcela formada por distâncias percorridas pelas rodas da semeadora para completar cinco voltas, com largura de trabalho de 1,80 m repetido 190 e 58 vezes, na SC e SD, respectivamente. A diferença entre o número de repetições foi ocasionada pelo tamanho da área disponível para os testes. Na fazenda Barra Seca podíamos usar toda área necessária, já na Unidade Experimental da UENF, não.

3.4.1. Análise estatística

Utilizou-se o método de amostragem simples ao acaso, para poder inferir na população, a cerca das variáveis estudadas. Usou níveis de 5% de significância, portanto, os intervalos de confiança nesse caso têm 95% de probabilidade de conter a média populacional.

As amostras foram dimensionadas para o nível de significância estabelecido e a semi-amplitude do intervalo de confiança igual a $\pm 5\%$, em torno da média amostral, de acordo com a Equação 7. Além disso avaliou-se uma série de medidas de posição e dispersão a partir das amostras representativas, e verificou-se, pelo teste de Lilliefors, a aproximação normal das variáveis.

Foi utilizado o método de regressão simples linear para espaço percorrido (y) e área da parcela (y), em função da patinagem (x) com identidade de modelo para comparar o SC e SD. Na identidade do modelo, utilizaram-se variáveis binárias para quantificar o tipo de plantio. Foi utilizado o modelo segundo a Equação 9, considerando $d = 0$, para semeadura convencional, e $d = 1$, para semeadura direta.

$$y = a_0 + a_1x + a_2d + a_3dx + e \quad \text{eq .9}$$

Foi utilizado o método de regressão logarítmica para tamanho de amostra ideal (y), em função da patinagem (x) e das capacidades de campo teórica (x) e efetiva (x). Para estudar o tamanho de amostra ideal, foi utilizado o modelo segundo a Equação 10, considerando $d = 0$, para semeadura convencional, e $d = 1$ para semeadura direta.

$$\log y = a_0 + a_1 \log x + a_2 d + a_3 d \log x + e \quad \text{eq.10}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas dos parâmetros média, variância e coeficiente de variação (CV) das amostras para patinagem da semeadora; capacidades de campo teórica e efetiva e velocidade real dos conjuntos, na semeadura convencional (SC) e semeadura direta (SD), são apresentados no Quadro 1.

4.1. Patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora

Observa-se, no Quadro 1, que o SC proporciona valores menores para os parâmetros variância e CV, porém maior patinagem das rodas da semeadora do que no SD. Isso pode ser explicado pelo fato de que, na SC, a área é toda sistematizada por meio de gradagens pesadas e leves, que têm por objetivo deixar a área uniforme para a semeadura; resultados semelhantes foram observados por Reis et al. (2002) e por Oliveira et al. (2000).

No SC, o solo se encontra mais solto, reduzindo a capacidade de aderência entre o pneu e o solo, ocorrendo maior patinagem. No SD, como o solo

não foi mobilizado, pode-se considerá-lo como firme e isso ajuda a diminuir a patinagem, por favorecer a aderência entre o pneu e solo.

Quadro 1 – Estimativas da média, variância e coeficiente de variação de populações normalmente distribuídas para patinagem, capacidade de campo e velocidade.

Patinagem do rodado motriz (%)			
Sistema de Semeadura	Média	Variância	CV (%)
SC	10,72	2,07	13,42
SD	7,20	3,34	25,37
Capacidade de Campo Teórica (ha h ⁻¹)			
Sistema de Semeadura	Média	Variância	CV (%)
SC	0,96	0,004	6,38
SD	1,15	0,007	7,28
Capacidade de Campo Efetiva (ha h ⁻¹)			
Sistema de Semeadura	Média	Variância	CV (%)
SC	0,62	0,002	6,38
SD	0,75	0,003	7,28
Velocidade (km h ⁻¹)			
Sistema de Semeadura	Média	Variância	CV (%)
SC	5,34	0,133	6,38
SD	6,36	0,279	7,28

Os valores de patinagem obtidos na SC e SD não estão de acordo com os propostos por Balastreire (2005), isto é, 8% para roda de borracha lisa e 4% para borracha ranhurada. Os valores de patinagem obtidos na SC diferem dos propostos por Weber et al. (2001), que determinam uma faixa de 3,2 a 8,8%. Os valores da patinagem obtidos na SC estão acima dos observados por Balastreire (2005), Oliveira et al. (2000), Casão Júnior et al. (2000), e Weber et al. (2001). Já os obtidos na SD estão de acordo com os observados por Reis et al. (2002), Weber et al. (2001), Arend et al. (2005) e Bortolotto et al. (2006).

4.2. Relação entre patinagem e espaçamento entre sementes

A patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora interferiu no espaçamento entre sementes nos dois tipos de plantio.

A semeadora-adubadora foi regulada para distribuir sementes na semeadura do milho (SC), com espaçamento de 8,5 cm entre sementes. Considerando a patinagem observada neste plantio, o espaçamento entre

sementes calculado foi de 9,6 cm – esta interferência resultou num acréscimo de 11,4% no espaçamento entre sementes. Com espaçamento de 8,5 cm entre sementes, teríamos um estande com 130719 plantas ha^{-1} , mas devido ao aumento do espaçamento entre sementes observado, o estande final passa a ter 115741 plantas ha^{-1} . Já na semeadura do sorgo (SD), a semeadora-adubadora foi regulada para distribuir sementes com espaçamento de 5,5 cm entre sementes. Considerando a patinagem observada neste tipo de plantio, o espaçamento entre sementes calculado foi de 6,0 cm – a interferência da patinagem resultou num acréscimo de 8,3% no espaçamento entre sementes. Com espaçamento de 5,5 cm entre sementes, teríamos um estande com 202020 plantas ha^{-1} , mas devido ao aumento do espaçamento entre sementes observado, o estande final passa a ter 185185 plantas ha^{-1} .

4.3. Velocidade periférica do disco dosador de sementes

Na semeadura do milho no sistema convencional, a velocidade periférica do disco dosador da semeadora-adubadora calculada, utilizando as Equações 3 e 4, segundo as condições de trabalho e regulagens da máquina, foi de $0,34 \text{ m s}^{-1}$.

Já na semeadura do sorgo no sistema de plantio direto, a velocidade periférica do disco dosador da semeadora-adubadora calculada foi de $0,19 \text{ m s}^{-1}$.

Delafosse (1986), citado por Mantovani et al. (1999) recomenda, para determinadas espécies de sementes e tipos de distribuidores, o uso de velocidades periféricas máximas entre $0,29$ e $0,32 \text{ m s}^{-1}$, para uma boa precisão de dosagem.

Na condição de semeadura do milho, a velocidade observada se encontra bem próxima da faixa sugerida, enquanto que na semeadura do sorgo, a velocidade observada se encontra abaixo do limite sugerido. Velocidades acima de $0,32 \text{ m s}^{-1}$ podem prejudicar a uniformidade de distribuição, pois com essas velocidades as sementes não têm tempo suficiente para preencher todos os furos do disco dosador, com isso haverá falhas na distribuição. Já velocidades abaixo de $0,29 \text{ m s}^{-1}$ favorecem o preenchimento total dos furos do disco dosador, somente podem ser problemáticas quando as sementes tiverem tamanhos muito menores que os furos do disco, com isso, os furos do disco dosador podem capturar duas ou mais sementes ocorrendo o surgimento de duplos – duas ou

mais sementes depositadas com um espaço menor entre elas do que o espaço normal – essas plantas competirão entre si e o seu crescimento, desenvolvimento e produção serão afetados por essa razão.

4.4. Capacidades de campo teórica e efetiva

As capacidades de campo teórica e efetiva apresentam comportamento igual à velocidade, pois a largura útil de trabalho foi igual em todas as parcelas. Os valores das capacidades de campo teórica e efetiva foram menores que os encontrados por Chaplin et al. (1988), Levien et al. (1999), Marques et al. (1999), Furlani et al. (2004), Mahl et al. (2004), Furlani et al. (2005a) e Furlani et al. (2005b); e foram maiores que os encontrados por Silveira et al. (2006) e, muito próximo dos encontrados por Branquinho et al. (2004). Foram observadas maiores capacidades de campo teórica e efetiva na velocidade de 6,36 km h⁻¹ na SD.

4.5. Caracterização estatística das variáveis patinagem dos rodados motrizes e capacidades de campo teórica e efetiva da semeadora-adubadora

No Quadro 2, são apresentados os resultados das medidas estatísticas para as variáveis patinagem dos rodados motrizes (S), capacidade de campo teórica (Ct) e efetiva (Ce) da semeadora-adubadora.

Observa-se, inicialmente, que os valores da média e mediana são iguais ou muito próximos e, para as variáveis S, Ct e Ce na SD e na SC, são praticamente iguais. Isto é um indicativo de que os valores se encontram distribuídos simetricamente ao redor da média e da mediana e que estas medidas podem ser consideradas como valores típicos do conjunto de observações, ou seja, os resultados observados podem ser sumarizados por uma dessas medidas.

Para as variáveis S, Ct e Ce, nos dois sistemas de plantio, observa-se que a amplitude de variação dos dados não é muito acentuado, quando comparado aos respectivos valores de média e mediana, ou seja, os dados não se distanciam muito destas medidas de tendência central, o que reforça as hipóteses de menor dispersão entre os dados e da simetria das distribuições. Para a variável S, a amplitude total é mais elevada, indicando que há uma

variação relativamente maior entre os valores observados, o que poderá influenciar na simetria dos mesmos em torno das medidas de tendência central.

Quadro 2 – Medidas estatísticas para as variáveis patinagem das rodas motrizes (S), capacidade de campo teórica (Ct) e capacidade de campo efetiva (Ce) da semeadora-adubadora.

Estatística /Propriedade	Semeadura Direta			Semeadura Convencional		
	S (%)	Ct (ha h ⁻¹)	Ce (ha h ⁻¹)	S (%)	Ct (ha h ⁻¹)	Ce (ha h ⁻¹)
Número de Dados Analisados	58	58	58	190	190	190
Média	7,2	1,15	0,75	10,7	0,96	0,63
Mediana = Quartil 2	7	1,19	0,77	10,7	0,96	0,62
Valor Mínimo	3,6	1,02	0,67	6,9	0,83	0,54
Valor Máximo	10,8	1,26	0,82	14,3	1,13	0,73
Amplitude Total	7,2	0,24	0,15	7,4	0,3	0,19
Quartil 1	5,5	1,06	0,69	9,8	0,94	0,61
Quartil 3	8,5	1,22	0,79	11,7	0,97	0,63
Amplitude Interquartilica	3	0,16	0,1	1,9	0,03	0,02
Intervalo de Confiança Inferior*	6,7	1,13	0,74	10,5	0,95	0,62
Intervalo de Confiança Superior*	7,7	1,17	0,76	10,9	0,97	0,64
Variância	3,3829	0,009	0,003	2,071	0,029	0,012
Desvio Padrão	1,827	0,233	0,151	1,439	0,171	0,111
Coefficiente de Variação (%)	25,37	7,28	7,28	13,42	6,38	6,38
Distorção	0,074715	-0,266625	-0,266625	-0,008445	0,540483	0,540483
Curtose	-0,859145	-1,67413	-1,67413	-0,007128	0,608112	0,608112

$\alpha = 5\%$ de probabilidade

Analisando-se os quartis e a amplitude interquartilica que informam quanto à porcentagem de valores observados distribuídos na faixa de variação da amplitude total e não são afetados por valores extremos e/ou discrepantes, observa-se que os valores da média e da mediana se encontram próximos ao centro da amplitude interquartilica, entre o quartil 1 e o quartil 3, e como entre estas medidas estão 50% dos valores observados, confirmam-se que estes estão distribuídos em torno das medidas centrais.

Cada variável S, Ct e Ce apresenta um desvio padrão (Quadro 2) relativamente pequeno comparado com as respectivas médias, o que é um reflexo de pequena dispersão dos valores com relação à média. A observação é confirmada pelos valores de coeficiente de variação, os quais podem ser

considerados baixos, principalmente, para as variáveis S na SC, Ct e Ce nos dois sistemas de semeadura. Mahl et al. (2004), Furlani et al. (2004), Branquinho et al. (2004), Furlani et al. (2005a), Furlani et al. (2005b) e Silveira et al. (2006) relataram coeficientes de variação entre 1,7 e 24,2% para a variável Ce, considerando os resultados obtidos em diferentes tipos de solos e ficando bem abaixo dos encontrados neste trabalho. Para a Ct, Silveira et al. (2006) relataram coeficiente de variação de 20,4%. Para a variável S, não foi encontrado nenhum relato.

Para a variável S, o desvio padrão foi maior comparativamente ao seu valor médio nos dois tipos de semeadura, sendo que, na SD o desvio foi maior, o que implicou num coeficiente de variação mais elevado, indicando que existe uma maior variabilidade entre os dados observados.

O coeficiente de variação tem a vantagem de permitir a comparação da dispersão entre variáveis, pois independe das unidades de medidas envolvidas (Warrick e Nielsen, 1980).

No presente estudo, pode-se observar que as variáveis Ct e Ce, na SC, com coeficientes de variação igual a 6,38%, têm menores variações que as demais variáveis estudadas. As variáveis Ct e Ce, na SD, e S, na SC, possuem coeficientes de variação igual a 7,28%, 7,28% e 13,42%, respectivamente. Estas variáveis podem ser classificadas, segundo Warrick e Nielsen (1980), como de baixa variação. Já a variável S, na SD, com coeficiente de variação igual a 25,37%, pode ser classificada, segundo os mesmos autores, como de média variação, o que evidencia maior dispersão desta variável.

A importância dessa constatação, do ponto de vista de amostragem, é que a utilização de um mesmo número de amostras para caracterização conjunta desses parâmetros levaria às diferenças na sensibilidade das estimativas. Um coeficiente de variação alto significa que maiores números de amostras devem ser analisados caso se queira que os parâmetros sejam avaliados com o mesmo grau de sensibilidade. Isto é, o coeficiente de variação é um indicativo da variabilidade relativa das propriedades e, no presente caso, as variáveis Ct e Ce, na SC, podem ser comparadas quando provenientes de um mesmo número de amostras. O mesmo foi observado na SD. A variável S, na SC, requer um número maior de dados, e na SD, um número maior ainda de análises para manter a mesma confiabilidade e permitir comparações.

A literatura evidencia várias propriedades das quais a patinagem depende, como por exemplo, a densidade do solo, o índice de cone, a umidade do solo, o tipo de solo, tipo de rodado, peso da máquina e outras, e que, no entanto, possuem variabilidades e distribuições distintas; o que por si só realça uma questão freqüentemente esquecida que é a de trabalhar-se com igual número de amostras para, por exemplo, comparação entre médias de tratamentos, quando as propriedades são tão distintas em seus comportamentos estatísticos, embora altamente dependentes.

Quanto à simetria da distribuição dos valores observados, verifica-se, pelo valor da distorção, que a variável S, tanto na SD quanto na SC, apresenta uma simetria admissível. As variáveis Ce e Ct na SD apresentam assimetria moderada à esquerda, no entanto, como a média é praticamente igual à mediana, esta assimetria pode ser considerada pequena. As variáveis Ce e Ct na SC apresentam assimetria moderada à direita, porém valores médios praticamente iguais aos medianos, o que também permite concluir que a assimetria é pequena, segundo a classificação dada por Góes (1980), citado por Mesquita et al. (2003).

Pelos coeficientes de curtose (Quadro 2), tem-se que as variáveis S, Ct e Ce, na SD, e as variáveis S, Ct e Ce, na SC, podem ser consideradas platicúrticos; porém se verifica que são diferentes se comparados com o coeficiente de curtose da distribuição mesocúrtica. Estas diferenças, não sendo elevadas, podem permitir classificar as distribuições como aproximadamente normal, desde que verificadas as demais condições.

As medidas estatísticas, até agora discutidas, foram calculadas considerando-se o conjunto completo de dados, portanto podem ter sido influenciadas pela presença de valores extremos, ou seja, valores muito acima ou muito abaixo da maioria observada, ou seja, valores discrepantes. A presença desses valores pode afetar a qualidade das medidas estatísticas como avaliadoras da variabilidade, sendo, então, necessário um estudo dos dados que permita defini-los como discrepantes ou não.

Pelo diagrama de ramos e folhas, resumo dos cinco números e análise de limites críticos para dados discrepantes, determinados conforme Hoaglin et al. (1992), Libardi et al. (1996), Mesquita et al. (2001) e Mesquita et al. (2003), apresentados nos Quadros 3, 4 e 5, para a SD, e nos Quadros 6, 7 e 8, para a SC, observa-se que não foram detectados valores discrepantes para as variáveis

S, Ct e Ce na SD. Já na SC, observa-se que, como candidato a discrepante para a variável S, tem-se o valor 6,9%, que se situa abaixo do limite crítico inferior (li); para a variável Ct, encontram-se 23 valores abaixo do limite crítico inferior e 29 acima do limite crítico superior (ls) e, para a variável Ce, encontram-se 22 valores abaixo do limite crítico inferior e 29 acima do limite superior.

Quadro 3 – Diagrama de ramos e folhas, resumo de cinco números e limites críticos para valores discrepantes para a variável patinação das rodas motrizes da semeadora-adubadora (S). Sendo n = número de dados analisados; M = posição da mediana; F = posição dos quartis; Md = mediana; FI = quartil 1; FS = quartil 3; LI = valor mínimo; LS = valor máximo; dF = dispersão dos quartis; li = limite crítico inferior; ls = limite crítico superior.

Patinagem dos Rodados da Semeadora (%) no PD											
Altura	Ramo	Folhas									
1	3,	6									
8	4,	1	5	5	5	9	9	9	9		
7	5,	4	4	4	4	4	4	8			
8	6,	2	2	2	2	6	6	6	7		
(15)	7,	0	0	0	0	0	0	2	4	4	8
		8	8	8	8	8					
6	8,	2	2	2	2	6	6				
9	9,	0	0	4	4	4	4	4	6	8	
4	10,	2	6	6	8						
n 58		Md = 7,0									
M 30		FI 5,4				FS 8,6			dF 3,2		
F 15		LI 3,6				LS 10,8					

Limites críticos para discrepantes: $li = FI - 1,5 dF = 0,6$ e $ls = FS + 1,5 dF = 13,4$
 candidatos a discrepantes: não há

Quadro 4 – Diagrama de ramos e folhas, resumo de cinco números e limites críticos para valores discrepantes para a variável capacidade de campo teórica (Ct). Sendo n = número de dados analisados; M = posição da mediana; F = posição dos quartis; Md = mediana; FI = quartil 1; FS = quartil 3; LI = valor mínimo; LS = valor máximo; dF = dispersão dos quartis; li = limite crítico inferior; ls = limite crítico superior.

Capacidade de Campo Teórica (ha h⁻¹) no PD

Altura	Ramo	Folhas									
24	1,0	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5
		5	5	5	6	6	6	7	7	7	8
		8	9	9	9						
(6)	1,1	5	7	8	8	9	9				
26	1,2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
		4	5	5	5	5	6	6	6		
n 58		Md = 1,19									
M 30		FI 1,06				FS 1,22				dF 0,16	
F 15		LI 1,02				LS 1,26					

Limites críticos para discrepantes: $li = FI - 1,5 dF = 0,82$ e $ls = FS + 1,5 dF = 1,46$
 candidatos a discrepantes: não há

Quadro 5 – Diagrama de ramos e folhas, resumo de cinco números e limites críticos para valores discrepantes para a variável capacidade de campo efetiva (Ce). Sendo n = número de dados analisados; M = posição da mediana; F = posição dos quartis; Md = mediana; FI = quartil 1; FS = quartil 3; LI = valor mínimo; LS = valor máximo; dF = dispersão dos quartis; li = limite crítico inferior; ls = limite crítico superior.

Capacidade de Campo Efetiva (ha h⁻¹) no PD

Altura	Ramo	Folhas									
16	0,6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
		8	8	8	8	9	9	9			
(28)	0,7	0	0	0	0	0	1	1	1	6	6
		5	7	7	7	8	8	8	8	8	8
		9	9	9	9	9	9	9	9		
14	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		1	2	2	2						
n 58		Md = 0,77									
M 30		FI 0,69				FS 0,79				dF 0,10	
F 15		LI 0,67				LS 0,82					

Limites críticos para discrepantes: $li = FI - 1,5 dF = 0,54$ e $ls = FS + 1,5 dF = 0,94$
 candidatos a discrepantes: não há

Quadro 6 – Diagrama de ramos e folhas, resumo de cinco números e limites críticos para valores discrepantes para a variável patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora (S). Sendo n = número de dados analisados; M = posição da mediana; F = posição dos quartis; Md = mediana; FI = quartil 1; FS = quartil 3; LI = valor mínimo; LS = valor máximo; dF = dispersão dos quartis; li = limite crítico inferior; ls = limite crítico superior.

Patinagem dos Rodados da Semeadora (%) no PC

Altura	Ramo	Folhas
1	6,	9
5	7,	0 3 6 7 7
11	8,	1 1 2 3 6 8 8 8 9 9 9
43	9,	0 0 0 0 1 1 1 1 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9
(46)	10,	0 0 0 0 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 6 6 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9
49	11,	0 0 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8
22	12,	0 0 0 0 0 1 1 2 4 4 4 4 4 4 4 6 7 7 8 8 8 9 9
10	13,	0 1 1 1 1 2 5 6 7 8
3	14,	0 2 3

n 190

M 96

F 48

Md = 10,8	
FI 9,8	FS 11,7
LI 6,9	LS 14,3

dF 1,9

Limites críticos para discrepantes: $li = FI - 1,5 dF = 7,0$ e $ls = FS + 1,5 dF = 15,0$
 candidatos a discrepantes: 6,9%

Quadro 9 – Resultado do teste de Lilliefors para o ajuste dos parâmetros: patinagem dos rodados motriz da semeadora-adubadora (%), capacidade de campo teórica (ha h^{-1}), capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}), espaço percorrido por parcela (m), área da parcela trabalhada (m^2) e velocidade de deslocamento (km h^{-1}) à função densidade de probabilidade normal, na semeadura convencional (SC).

Variáveis (SC)			
	Valor Calculado	Valor (P=0,05)	Valor (P=0,01)
Patinagem dos rodados motrizes	0,0548**	0,064	0,075
Espaço percorrido por parcela	0,0586**	0,064	0,075
Área da parcela trabalhada	0,0583**	0,064	0,075
Capacidade de campo teórica	0,2018 ^{ns}	0,064	0,075
Capacidade de campo efetiva	0,2018 ^{ns}	0,064	0,075
Velocidade de deslocamento	0,2018 ^{ns}	0,064	0,075

O valor da diferença máxima permitida para 190 dados é de 0,075 ao nível de significância de 1% e 0,064 ao nível de significância de 5%

** altamente significativo

^{ns} não significativo

Quadro 10 – Resultado do teste de Lilliefors para o ajuste dos parâmetros: patinagem dos rodados motriz da semeadora-adubadora (%), capacidade de campo teórica (ha h^{-1}), capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}), espaço percorrido por parcela (m), área da parcela trabalhada (m^2) e velocidade de deslocamento (km h^{-1}) à função densidade de probabilidade normal, na semeadura direta (SD).

Variáveis (SD)			
	Valor Calculado	Valor (P=0,05)	Valor (P=0,01)
Patinagem dos rodados motrizes	0,1026**	0,116	0,135
Espaço percorrido por parcela	0,1020**	0,116	0,135
Área da parcela trabalhada	0,1019**	0,116	0,135
Capacidade de campo teórica	0,1821 ^{ns}	0,116	0,135
Capacidade de campo efetiva	0,1821 ^{ns}	0,116	0,135
Velocidade de deslocamento	0,1821 ^{ns}	0,116	0,135

O valor da diferença máxima permitida para 58 dados é de 0,135 ao nível de significância de 1% e 0,116 ao nível de significância de 5%

** altamente significativo

^{ns} não significativo

Essas diferenças foram de 31,7 e 37,2% superiores, ao nível de 5 e 1% a probabilidade dos valores se ajustarem, respectivamente, na semeadura

convencional; e, de 63,7 e 74,1% superiores, ao nível de 5 e 1% a probabilidade dos valores se ajustarem, respectivamente, na semeadura direta. Isto significa que os dados não seguem os pressupostos exigidos pela distribuição normal, não possuem as características necessárias para serem considerados como normalmente distribuídos.

Os parâmetros patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, espaço percorrido por parcela e área da parcela trabalhada ficam, então, perfeitamente definidos pela função densidade de probabilidade normal e podem ser resumidos por seus parâmetros estatísticos; ou seja, os valores apresentados no Quadro 2 podem ser considerados representativos destes parâmetros para as áreas em estudo, e as decisões para operação de semeadura direta podem ser tomadas a partir destes valores. Inclusive, os intervalos de confiança, com uma incerteza de 5%, observados no Quadro 2, podem então ser adotados para as médias destes parâmetros, desde que eles tenham sido calculados considerando-se a função densidade de probabilidade normal.

Os parâmetros capacidade de campo teórica, capacidade de campo efetiva e velocidade de deslocamento, de maneira oposta, apresentaram não normalidade, o que adverte sobre a importância de se avaliar a confirmação, ou não, desta hipótese, para verificar a possibilidade de uso correto das análises estatísticas. Análises estatísticas comumente utilizadas para verificação de diferenças entre tratamentos, tais como análises de variância, regressões, testes de hipóteses exigem que as variáveis tenham distribuição normal, por isto devem ser utilizadas somente se esta exigência for cumprida; caso contrário conclusões estatísticas podem ser assumidas erroneamente. Além disto, trabalhar com mesmo número de amostras para os estudos de diferentes parâmetros de avaliação de uma semeadora-adubadora (máquinas agrícolas), visando tirar conclusões sobre esses parâmetros, desconsiderando as características das diferentes distribuições de probabilidades subjacentes, pode levar a aceitação de cálculos e valores estatísticos não indicadores das relações entre os parâmetros.

Como esses parâmetros não possuem uma distribuição normal, o uso de valores, tais como a média aritmética e/ou a mediana, considerando os dados normalmente distribuídos, pode, portanto, trazer erros na estimativa das velocidades de deslocamento, da capacidade de campo e desempenho da semeadora-adubadora, nos plantios. Uma distribuição mais ajustada aos dados é

requerida para se determinar os parâmetros estatísticos representativos, e que poderão ser considerados como sumários para estes parâmetros.

4.6. Tamanho amostral ideal

As Figuras 12, 13 e 14 apresentam as relações entre tamanho amostral ideal e os níveis de precisão para estimar a patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, a capacidade de campo teórica e a capacidade de campo efetiva.

Pode-se observar que os tamanhos ideais decresceram continuamente com a diminuição do nível de precisão, confirmando a existência de relação diretamente proporcional entre essas variáveis (Figuras 12, 13 e 14).

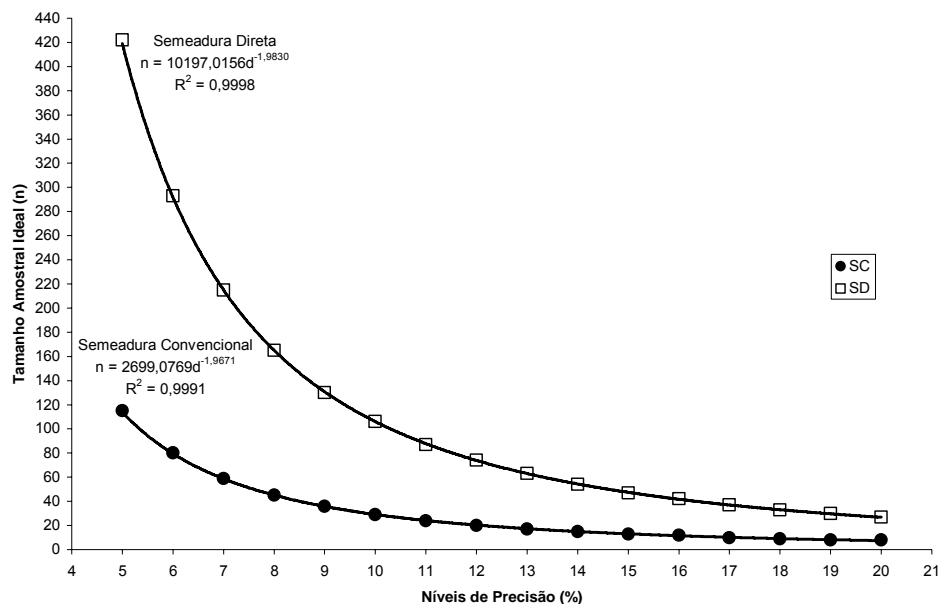


Figura 12 – Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média, para estimar a patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora (%).

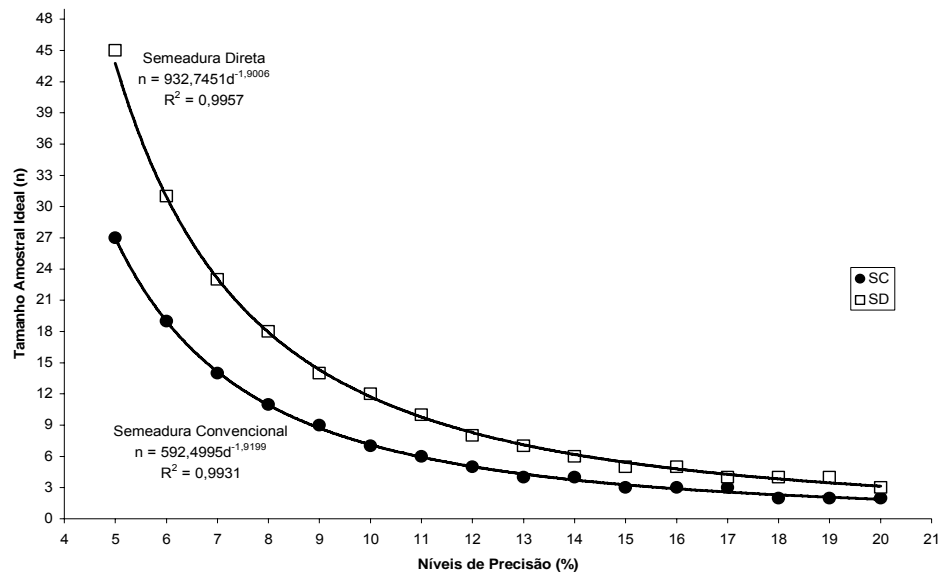


Figura 13 – Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média, para estimar a capacidade de campo teórica da semeadora-adubadora ($ha\ h^{-1}$).

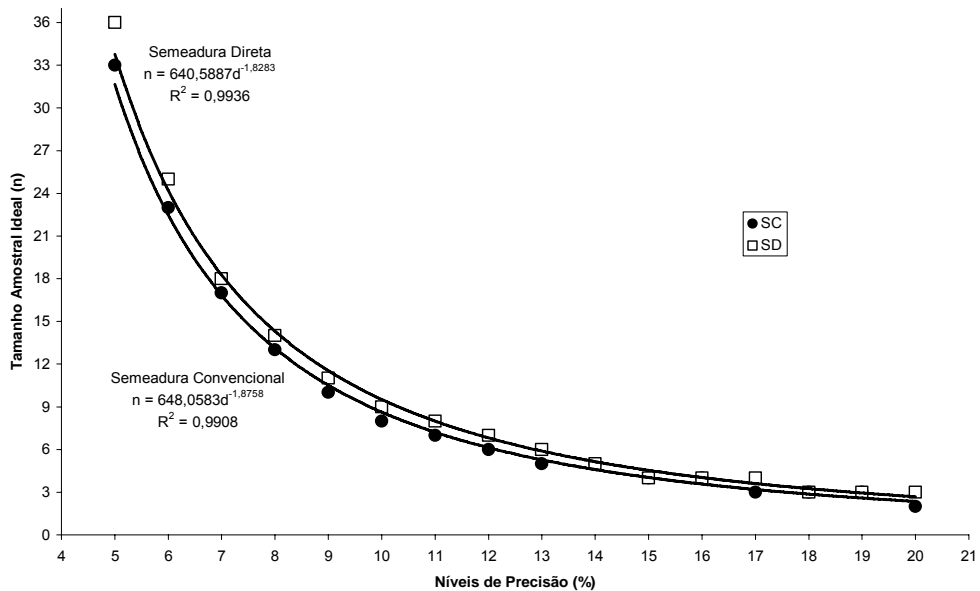


Figura 14 – Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média, para estimar a capacidade de campo efetiva da semeadora-adubadora ($ha\ h^{-1}$).

Para estimar a patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora na SC, com 5% de significância, aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 115, 29, 13 e 8, respectivamente, para cada tratamento, para que se tenha uma amostra representativa de uma população infinita. Enquanto que, na SD, são necessárias 422, 106, 47 e 27, respectivamente.

Para estimar a capacidade de campo teórica na SC, com 5% de significância, aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 27, 7, 3 e 2, respectivamente, para cada tratamento, para que se tenha uma amostra representativa de uma população infinita. Enquanto que, na SD, são necessárias 45, 12, 5 e 3, respectivamente.

Para estimar a capacidade de campo efetiva na SC, com 5% de significância, aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 33, 8, 4 e 2, respectivamente, para cada tratamento, para que se tenha uma amostra representativa de uma população infinita. Enquanto que, na SD, são necessárias 36, 9, 4 e 3, respectivamente.

É importante atentar para esses valores, pois a repetição permite também a distribuição dos tratamentos em maior espaço do ambiente, com vistas a adequar a extrapolação dos resultados obtidos. Dagnelie (1977), citado por Rossetti (2002), demonstrou que quanto maior for o número de repetições, mais fidedigna será a estimativa do erro experimental, portanto haverá mais segurança na aplicação dos testes estatísticos e maior confiabilidade nos resultados.

Ocorreram reduções acentuadas nos tamanhos ideais das amostras com a diminuição do nível de precisão em torno da média (Figuras 12, 13 e 14), confirmando o marcante efeito deste fator no dimensionamento do experimento. Experimentos com um nível de precisão muito alto tornam o trabalho mais difícil e oneroso. Embora, para estabelecer a validade de extrapolação dos resultados, esta fica prejudicada, pois a área experimental, normalmente pequena, restringe os resultados àquelas condições.

4.7. Intervalo de confiança

Os intervalos de confiança com 95% de probabilidade, com 5% de significância e com níveis de precisão de 5% para a patinagem, na SC, e 14%, na

SD, e 5% para as capacidades de campo teórica e efetiva, na SC e SD, em torno da média, são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 – Intervalos de confiança para as variáveis patinagem, capacidade de campo teórica e capacidade de campo efetiva.

Intervalos de Confiança	SC	SD
Patinagem (%)	$10,5 \leq \mu_S \leq 10,9$	$6,7 \leq \mu_S \leq 7,7$
Capacidade de Campo Teórica (ha h ⁻¹)	$0,95 \leq \mu_{CCT} \leq 0,97$	$1,13 \leq \mu_{CCT} \leq 1,17$
Capacidade de Campo Efetiva (ha h ⁻¹)	$0,62 \leq \mu_{CCE} \leq 0,64$	$0,74 \leq \mu_{CCE} \leq 0,76$

Pode-se dizer que há probabilidade fiducial de 95% de que a verdadeira patinagem dos rodados da semeadora-adubadora esteja entre 10,5 e 10,9%, na SC, e entre 6,7 a 7,7%, na SD. E que a verdadeira capacidade de campo teórica esteja entre 0,95 e 0,97 ha h⁻¹, na SC, e entre 1,13 e 1,17 ha h⁻¹, na SD. Enquanto que a verdadeira capacidade de campo efetiva esteja entre 0,62 e 0,64 ha h⁻¹, na SC, e entre 0,74 e 0,76 ha h⁻¹, na SD.

Pode-se estimar, com isto, que, num grande número de experimentos semelhantes, intervalos análogos ao de extremos determinados anteriormente encerrarão os verdadeiros valores em 95% dos casos.

4.8. Espaço percorrido e tamanho da parcela em função da patinagem

As Figuras 15 e 16 apresentam as relações entre o espaço percorrido pelas rodas da semeadora-adubadora para completarem cinco voltas e a área da parcela trabalhada em função da patinagem.

Pode-se observar que, na SC, a distância percorrida para completar as cinco voltas do rodado da semeadora foi, em média, 11,88 m e a área trabalhada, de 21,38 m² para estimar a variável patinagem. Na SD, a distância foi de 11,43 m e a área de 20,57 m² para um mesmo nível de precisão, isso devido à diferença de condição do solo, nos dois tipos de sistemas.

Trabalhos na área de solos confirmam a existência de maior variabilidade na SD em relação à SC (Souza et al., 1998; Schlindwein e Anghinoni, 2000 citados por Neto et al., 2004), o que indica a necessidade de maior tamanho de parcela ou aumento no número de repetições na SD (Neto et al., 2004).

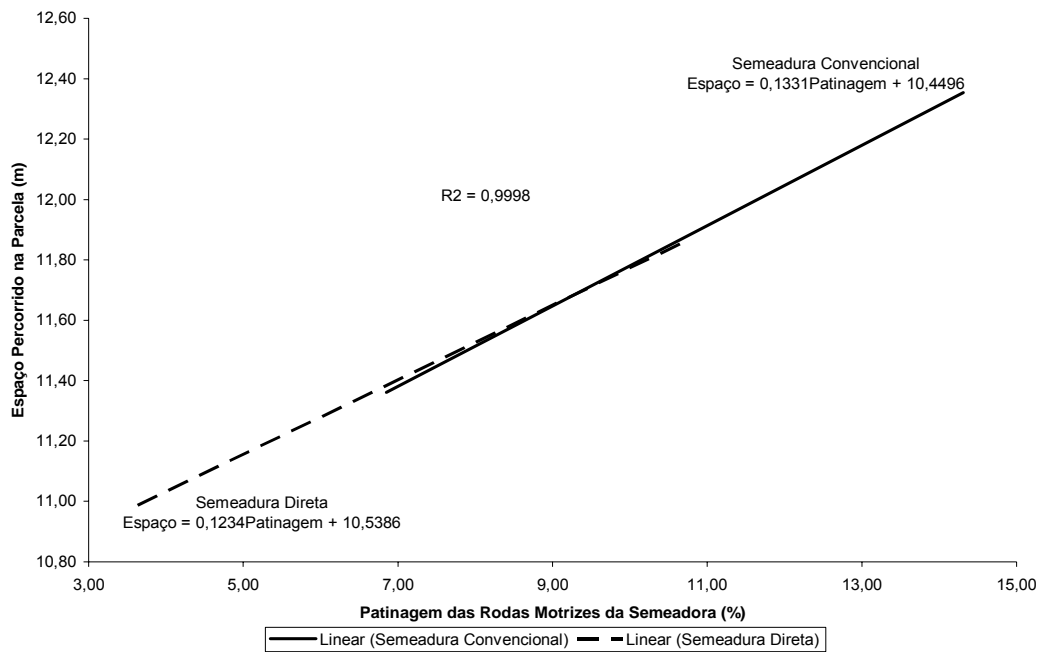


Figura 15 – Relação entre o espaço percorrido e a patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora.

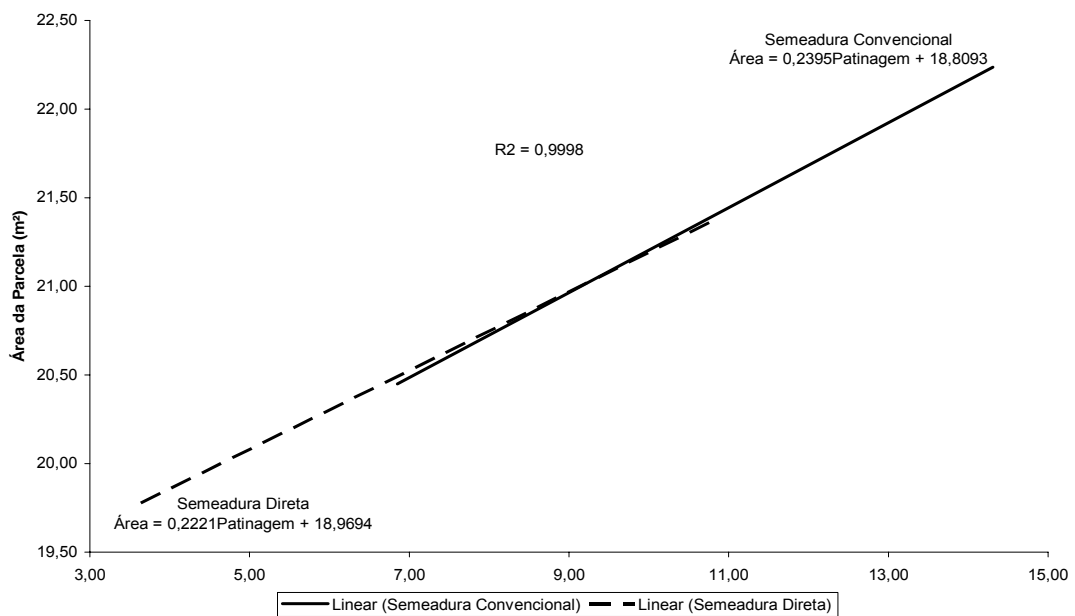


Figura 16 – Relação entre a área da parcela trabalhada e a patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora.

A eficiência de uso da área experimental também é maior na SC, uma vez que, para um dado número de voltas da roda da semeadora e uma mesma precisão experimental, pode-se obter a estimativa da patinagem, capacidade de campo teórica e capacidade de campo efetiva, com um número menor de repetições em relação à SD.

4.9. Estudo da identidade de modelo

O estudo de identidade de modelo foi usado para quantificar o tipo de sistema de semeadura. Pode-se observar que na semeadura convencional as rodas motrizes da semeadora-adubadora percorreram um espaço maior, isso pelo fato de que neste tipo de semeadura a patinagem foi maior. A área da parcela também foi maior na semeadura convencional pelo mesmo motivo. Para determinar a patinagem das rodas motrizes de uma semeadora-adubadora, sempre será necessário um espaço e/ou área maior para a semeadura convencional. Isso pode ser observado nas Figuras 15 e 16.

Para estudar tamanho de amostra, para as variáveis patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora e capacidade de campo, foi utilizado o estudo de identidade de modelo para os dois tipos de sistemas de semeadura.

Pode-se observar que, para as variáveis patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora e capacidade de campo teórica, o sistema de semeadura direta exige um número maior de observações, independente do nível de precisão. Deixando bem claro que não se pode tirar conclusões nos dois tipos de sistema, utilizando amostras do mesmo tamanho (Figuras 17 e 18).

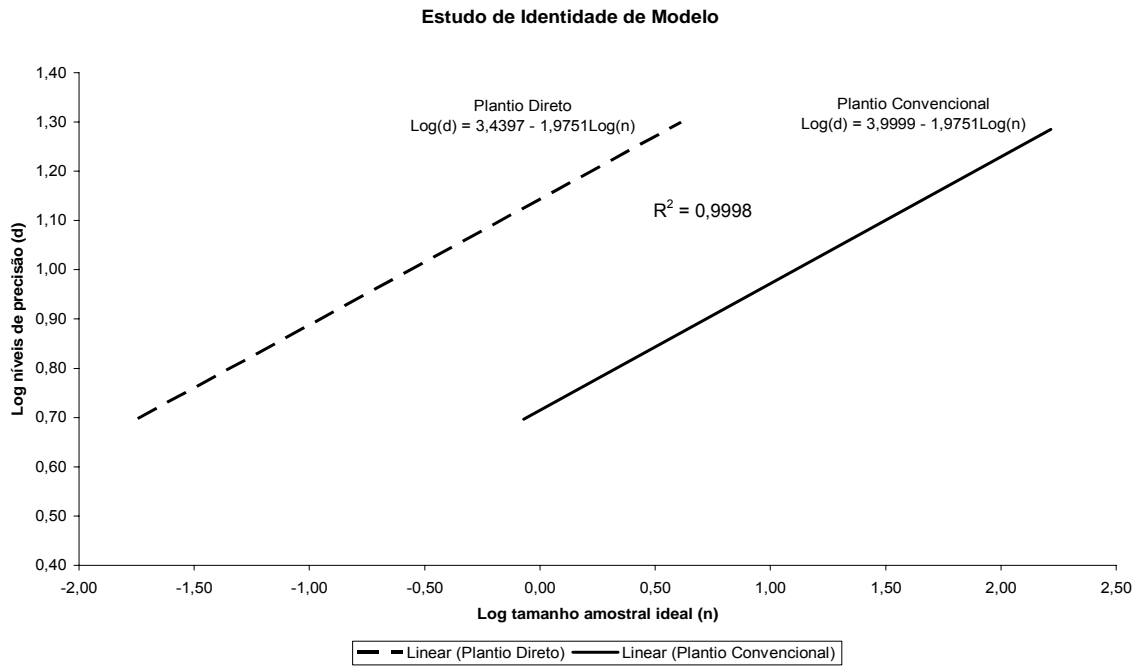


Figura 17 – Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média, para estimar a patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora.

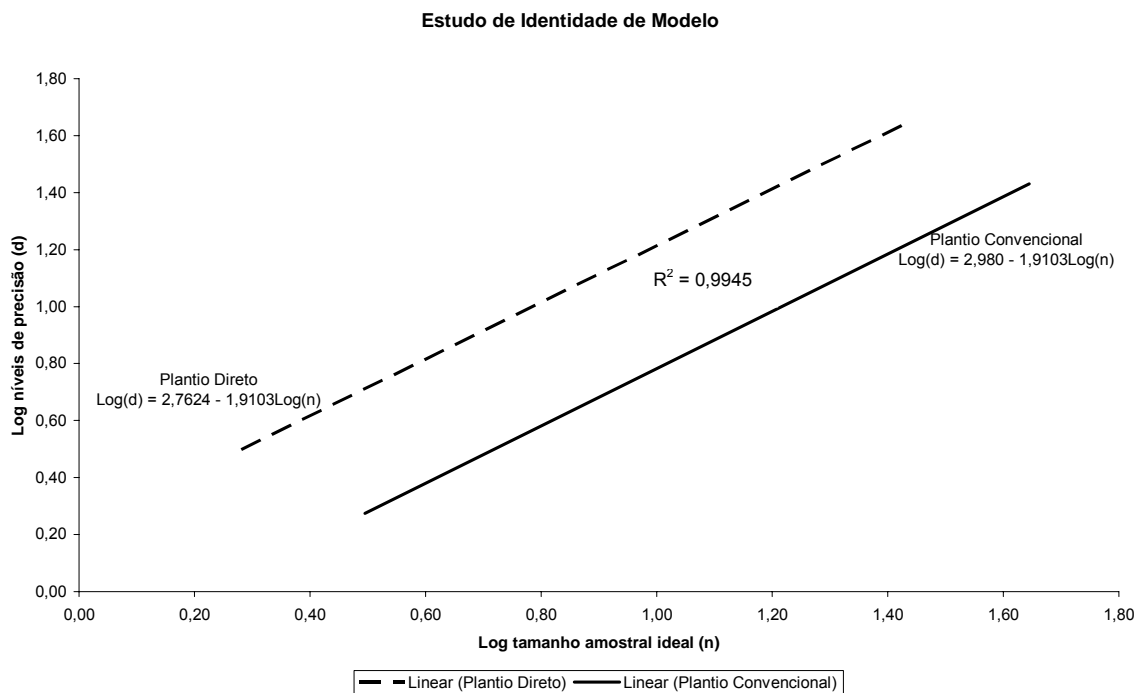


Figura 18 – Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média, para estimar a capacidade de campo teórica.

Para a variável capacidade de campo efetiva, os dois sistemas exigem praticamente o mesmo número de observações, independente do nível de precisão. Com isso, pode-se tirar conclusões nos dois tipos de sistema, utilizando amostras do mesmo tamanho (Figura 19).

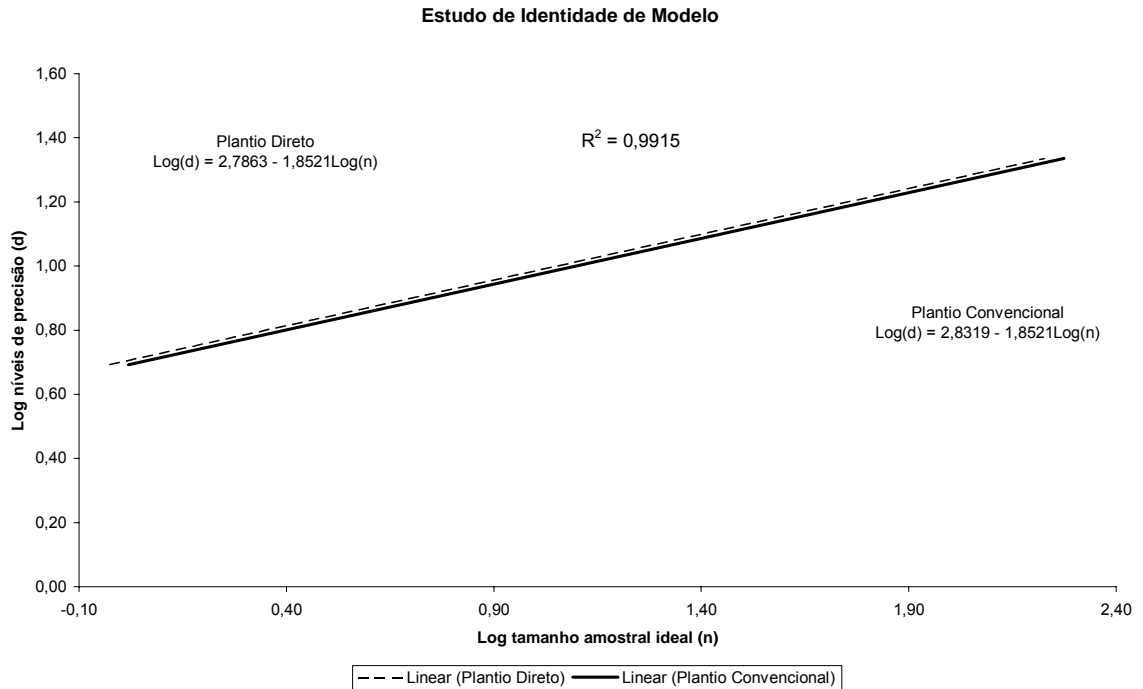


Figura 19 – Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média, para estimar a capacidade de campo efetiva.

5. CONCLUSÕES

- A patinação dos rodados da semeadora-adubadora foi maior na SC.
- A patinação dos rodados da semeadora-adubadora interfere no espaçamento entre sementes, ocasionando redução do estande planejado.
- A semeadora-adubadora avaliada apresenta sistema de engrenagens bem dimensionado, permitindo trabalhar com valores ótimos de velocidade periférica do disco dosador.
- As capacidades de campo teórica e efetiva foram maiores na SD, onde o conjunto se deslocou com maior velocidade.
- A SD exige menor tamanho de parcela, em relação à SC, para determinar a patinação.
- As variáveis patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, espaço percorrido por parcela e área da parcela trabalhada podem ser descritas pela função densidade de probabilidade normal e podem ser representados por seus parâmetros estatísticos.
- As variáveis capacidade de campo teórica, capacidade de campo efetiva e velocidade de deslocamento não podem ser descritas pela função densidade de probabilidade normal, portanto, seus parâmetros estatísticos não os representam.

- Para estimar a patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora na SC, com 5% de significância, aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias amostras com 115, 29, 13 e 8 observações, respectivamente, para cada tratamento, para que se tenha uma amostra representativa de uma população infinita. Na SD, são necessárias 422, 106, 47 e 27, respectivamente.
- Para estimar a capacidade de campo teórica na SC, com 5% de significância, aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 27, 7, 3 e 2 observações, respectivamente, para cada tratamento, para que se tenha uma amostra representativa de uma população infinita. Na SD, são necessárias 45, 12, 5 e 3, respectivamente.
- Para estimar a capacidade de campo efetiva na SC, com 5% de significância, aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 33, 8, 4 e 2 observações, respectivamente, para cada tratamento, para que se tenha uma amostra representativa de uma população infinita. Na SD, são necessárias 36, 9, 4 e 3, respectivamente.
- Um mesmo nível de precisão pode ser obtido utilizando-se números maiores de repetição na SD, para estimar patinagem dos rodados da semeadora e as capacidades de campo teórica e efetiva, em relação à SC.
- A eficiência de uso da área experimental é maior na SC, uma vez que, para um dado número de voltas da roda da semeadora e uma mesma precisão experimental, pode-se obter a estimativa da patinagem dos rodados da semeadora e as capacidades de campo, teórica e efetiva, com um número menor de repetições, em relação à SD.
- A avaliação de máquinas agrícolas deve ser realizada por amostragem, onde se pode trabalhar dentro de intervalos de confiança.
- O retorno social deste trabalho é que os valores encontrados podem ser extrapolados para a região com condições semelhantes, onde o produtor pode usar esses valores, principalmente da patinagem, para regular suas semeadoras-adubadoras, tendo menor erro na distribuição de sementes e insumos, otimizando a área plantada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Granja (1998) O Brasil é mais PD. São Paulo, v. 54, p. 14, novembro. Edição extra.
- AGRIANUAL (2005) anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004, p.544.
- Alcântara, P. B.; Bufarah, G. (1988) *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*. 5.ed. São Paulo: Nobel, p.162.
- Almeida, R. de A. (1993) Adaptação da matraca ao plantio direto em pequenas propriedades. *In: Encontro Latino Americano Sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade*, 1., Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: IAPAR, p.251-257.
- Alves, S. M. F. (2004) Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.2, p.105-111.

- Arend, L.; Forcellini, F. A.; Weiss, A. (2005) Desenvolvimento e testes de uma semeadora-adubadora modular para pequenas propriedades rurais. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.801-808.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. (1997) Terminology and definitions for agricultural tillage implements. In: *ASAE Standards 1997: standards engineering practices data*, St. Joseph, p.254-75.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. (1996) Uniform terminology for agricultural machinery management. In: *ASAE Standards 1996: standards S495 DEC94*, St. Joseph, p.324-25.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. (1999) Agricultural machinery management data. In: *ASAE Standards 1999: standards D4947.2*, St. Joseph, p.332-339.
- Balastreire, L. A. (1990) *Máquinas Agrícolas*. São Paulo: L. A. Balastreire, p.307.
- Balbino, L. C. (1997) Sistema plantio direto. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, v.2, p.219-228 (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 70).
- Bainer, R. (1947) Precision planting equipment. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, MI, v.28. n.2, p.49-54.
- Bakke, O. A. (1988) *Tamanho e forma ótimos de parcelas em delineamentos experimentais*. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.142.
- Barmington, R. D. (1948) The relation of seed, cell size and speed to beet plantes performance. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, MI, v.29. n.12, p.530-532.

- Bernacki, H.; Haman, I.; Kanafojski, C. Z. (1972) Seeding machines. In:____
Agricultural machines theory and construction. 1.ed. Warszawa:NTIS. cap.13.
p.619-737.
- Bertolucci, F. L. G. (1990) *Novas alternativas de tamanho e forma da parcela experimental para avaliação de progêneses do feijoeiro*. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, p.150.
- Bjerkan, A. J. (1977) Precision planting. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, MI, v.18. n.2, p.54-57.
- Bolan, N. S., Robson, A. D., Barrow, N. J. (1987) Effects of VA mycorrhizas on the availability of iron phosphates to plants. *Plant and Soil*, 99: 401-410.
- Borges, G. O. (1993) Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: CNPT – EMBRAPA, FUDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte, p.13-17.
- Bortolotto, V. C.; Neto, R. P.; Bortolotto, M. C. (2006) Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.122-130.
- Branquinho, K. B.; Furlani, C. E. A.; Lopes, A.; Silva, R. P.; Grotta, D. C. C.; Borsatto, E. A. (2004) Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.2, p.374-380.
- Branzatto, D. A.; Kronka, S. N. (1995) *Experimentação agrícola*. 3 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p.247.
- Butierres, E. (1980) *Análise da uniformidade de espaçamentos e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)*.

- Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola), Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, p.70.
- Campos, H. (1983) *Estatística experimental não paramétrica*. Piracicaba: Esalq, p.349.
- Cañavate, J. O.; Hernanz, J. L. (1989) *Técnica de la mecanización agraria* 3. ed. Madrid: Mundi Prensa, p.643.
- Castro, O. M. (1989) *Preparo do solo para a cultura do milho*. Campinas: Fundação Cargil, p.42.
- Casão Júnior, R.; Araújo, A. G.; Ralish, R. (2000) Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.3, p.523-32.
- Cepik, C. T. C.; Trein, C. R.; Levien, R. (2005) 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.447-457.
- Chaplin, J.; Jenane, C.; Lueders, M. (1988) Drawbar energy use for tillage operations on Loamy sand. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.31, p. 1692-1694.
- Chaves, L. J. (1985) *Tamanho de parcela para seleção de progênies de milho (Zea mays L.)*. 1985. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.148.
- Clark, K. L. (1993) Soil strength and water infiltration as affected by paratillage frequency. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.36, p.130-5.
- Clark, W. A. V.; Hosking, P. L. (1986) *Statistical methods for geographers*. New York: John Wiley, p.528.

- Cochran, W. G. (1977) *Sampling Techniques*. New York, John Wiley & Sons, Inc., p.448.
- Coelho, J. L. D. (1996) Ensaio e certificação de máquinas para semeadura. *In: Máquinas agrícolas: ensaios e certificação*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiroz, p.551-570.
- Coelho, J. L. D. (1998). *Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo de solo*. Dissertação (Mestrado), Campinas, SP, Universidade Estadual de Campinas, p.78.
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2006) Disponível em: <http://www.conab.gov.br/politica-agricola/safra/avalia.html>. Acesso em: julho 2006.
- Copetti, E. (2003) Plantadoras: distribuição de sementes. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n.18, p.14-17.
- Corrêa, A. A. M. (1967) *Rendimento e despesas no emprego de tratores e implementos agrícolas*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola. P.61.
- Cortez, J. W.; Furlani, C. E. A.; Silva, R. P.; Lopes, A. (2006) Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.502-510.
- Cultivar Máquinas (2006) Direto e preciso. Grupo Cultivar de Publicações Ltda, n. 56, p.16-19, setembro.
- Darolt, M. R. (1998) Princípios para implantação e manutenção do sistema. *In: DAROLT, M. R. Plantio direto: pequena propriedade sustentável*. Londrina, 1998. p.16-45 (IAPAR. Circular, 101).

- Delafosse, R. M. (1986) *Máquinas sembradoras de grano grueso, description y uso*. Santiago, Chile: FAO, p.48.
- Denardin, J. E.; Kochhann, R. A. (1993) Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. *In: CNPT-EMBRAPA, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte, p.19-27.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1994) *Avaliação do desempenho de plantadoras diretas para culturas de verão*. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo.
- EMBRAPA TRIGO (2007) – Comunicado técnico online nº 103 – Publicações – Embrapa Trigo: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co103.htm em 26/02/2007 página mantida pela Embrapa.
- Fancelli, A. L., Favarin, J. L. (1987) O Sistema de plantio direto. *In: Encontro Paulista de Plantio Direto, 1., Piracicaba. Plantio Direto*. Piracicaba: FEALQ, p. 111-117.
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2001). *FAO Yearbook Production, 1999*. Roma, p.79-105.
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (1990). *FAO Quarterly Bulletin of Statistics*, v.3, n.3, p.44.
- Fernandes, M. I. P. S. (1987) *Efeito da variação de estande nos experimentos com a cultura do feijoeiro*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Lavras, MG, Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL, p.73.
- Furlani, C. E. A. (2000) *Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na produtividade da cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Tese (Doutorado em Agronomia), Botucatu, SP, Universidade Estadual Paulista, UNESP, p.218.

- Furlani, C. E. A.; Lopes, A.; Silva, R. P. (2005a) Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.458-464.
- Furlani, C. E. A.; Lopes, A.; Silva, R. P.; Reis, G. N. (2005b) Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.4, p.920-923.
- Furlani, C. E. A.; Gamero, C. A.; Levien, R.; Lopes, A.; Silva, R. P. (2004) Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.2, p.388-395.
- Galeti, P. A. (1983) *Mecanização agrícola: preparo do solo*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, p.220.
- Góes, L. A. C. (1980) *Estatística uma abordagem decisória*. São Paulo: Saraiva, p.428.
- Gomez, K. A.; Gomez, A. A. (1984) *Statistical procedures for agricultural research*. 2ª ed. New York: John Wiley, p.680.
- Grandi, L. A. (1997) *O prático – máquinas e implementos agrícolas*. Lavras: UFLA/FAEPE, p.109-142.
- Hetz, E. J., Barrios, A. I. (1997) Reduccion del costo energetico de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas em Chile. *Agro-Ciencia*, Chillan, v.13, n.1, jan./jun., p.41-47.
- Hoaglin, D. C.; (1992) *Análise exploratória de dados: técnicas robustas; um guia*. Lisboa: Edições Salamandra, p.446.
- Hunt, D. (1974) Machine performance. In *Farm Power and Machinery Management*. Ames, Iowa. Iowa State University Press. Chapter 1, p.5.

- Isaaks, E. H.; Srivastava, R. M. (1989) *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, p.561.
- Landers, J. N. (1995) *Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado*. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado/Fundação Cargill, p.261.
- Leite, H. F. (1972) *Guia de mecanização rural – Coopercotia*. São Paulo: Edecê, p.178.
- Levien, R.; Marques, J. P.; Benez, S. H. (1999) Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28.*, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM.
- Libardi, P. L.; (1996) Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.20, n.3, p.1-12.
- Mahl, D.; Gamero, C. A.; Benez, S. H.; Furlani, C. E. A.; Silva, A. R. B. (2004) 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.
- Mantovani, E. C. (1987) Seleção de equipamentos agrícolas. *In: Curso Planejamento da mecanização para pequenos e médios estabelecimentos*. Santa Catarina: EMATER, p.26-27.
- Mantovani, E. C.; Mantovani, B. H. M.; Cruz, I.; Mewes, W. L. C.; Oliveira, A. C. (1999) Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizando em semeadoras de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.1, p.93-98.
- Marques, J. P.; Pontes, J. R. V.; Benez, S. H. (1999) Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho (*Zea mays* L.) em

preparo convencional do solo e em semeadura direta. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., Pelotas. Anais... Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM.*

Marques, D.G.; Storck, L.; Lopes, S.J.; Martin, T. N. (2000) Qualidade dos ensaios de competição de cultivares de milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.3, p.381-385.

Martin, T. N.; Storck, L.; Lúcio, A. D. C.; Lorentz, L. H. (2005) Plano amostral em parcelas de milho para avaliação de atributos de espigas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.6, p.1257-1262.

Matos, M. A.; salvi, J. V.; milan, M. (2005) Avaliação do custo indireto da pontualidade na semeadura direta da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) através da antecipação da adubação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., Canoas. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM.*

Matos, M. A.; Salvi, J. V.; Milan, M. (2006) Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.493-501.

McCuem, R. H. (1985) *Statistical methos for engineers*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc

Mello, L. M. M.; Pinto, E. R.; Yano, E. H. (2003) Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.23, n.3, p.563-567.

Mesquita, M. G. B. F. (2001) *Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo*. Tese (Doutorado), Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, p.110.

- Mesquita, M. G. B. F.; Moraes, O.; Corrente, J. E. (2003) Caracterização estatística de variáveis físicas do solo. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v.25, n.1, p.35-44.
- Modolo, A. J.; Filho, A. G.; Silva, S. L.; Gnoatto, E. (2005) Força de tração necessária em função do número de linhas de semeadura utilizadas por uma semeadora-adubadora de precisão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.465-473.
- Mondardo, A. (1984). Manejo e conservação do solo. **In:** Fundação Cargill, *Plantio Direto no Brasil*, Campinas, p.53-78.
- Moreira, C. A.; Pereira, J.C.V.N.A.; Menezes, J. F. et al. (1978) *Mecanismos dosadores-distribuidores de sementes*. Campinas: IAC, p.22. (Circular técnica, 90).
- Neto, D. H.; Sedyama, T.; Souza, M. A.; Cecon, P. R.; Yamanaka, C. H.; Sedyama, M. A. N.; Viana, A. E. S. (2004) Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.6, p.517-524.
- Nielsen, D. R.; Biggar, J. W.; Erh, K. T. (1973) Spatial variability of field-measured soil-water properties. *Hilgardia*, Oakland, v. 42, n. 7, p.215-259.
- Oliveira, M. L. de (1997) *Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em duas classes de solo com diferentes tipos de cobertura vegetal*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, UFV, p.50.
- Oliveira, M. L.; Vieira, L. B.; Mantovani, E. C.; Souza, C. M.; Dias, G. P. (2000) Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.7, p.1455-1463.

- Oliveira, T. K. (2001) *Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, UFLA, p.109.
- Ortiz-Cañavate, J. (1995) *Las maquinas agrícolas y su aplicación*. 5. ed. rev. e amp. Madrid: Mundi-Prensa, p.125-157.
- Pacheco, E. P. (1994) *Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão com modificações no tubo condutor de sementes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, UFV, p.61.
- Pacheco, E. P.; Mantovani, E. C.; Martyn, P. J.; Oliveira, A. C. (1996) Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.3, p.209-214.
- Pavei, J. (2000) Como iniciar o plantio direto. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., Foz do Iguaçu. Resumos...* Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, p.77-79.
- Phillips, S. H. (1993) No tillage: Past, present e future. *In: Simpósio Internacional Sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis, 1993 Castro. Anais...* Castro: Fundação ABC, p.9-12.
- Prado, H. (2005) *Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo*. 4.ed. Piracicaba, p.281.
- Reis, E. F.; Vieira, L. B.; Souza, C. M.; Schaefer, C. E. G. R.; Fernandes, H.C. (2002) Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto em diferentes teores de água em um solo argiloso. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.10, n.1-4, p.61-68.

- Richey, C. B.; Jacobson, P.; & Hall, C. A. (1961) Economics of farm machinery. In: Agricultural engineers' handbook. New York: McGraw-Hill Book Company, Chapter 1, p.1-17.
- Rocha, F. E. C.; Mantovani, E. C.; Bertaux, S.; Garcia, J. C. (1992) Comparação de semeadoras-adubadoras de milho com relação a preço de aquisição e eficiência operacional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 27 (5): 751-757.
- Rodrigues, J. C. (2004) *Manejo de plantas daninhas no cultivo da soja em sistemas de plantio direto sobre palhada de milho em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, p.131.
- Rossetti, A. G. (2002) Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.4, p.433-438.
- Rossetti, A. G.; Barros, L. M.; Almeida, J. I. L. (1996) Tamanho ótimo de parcelas experimentos de campo com cajueiro anão precoce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.12, p.843-852.
- Roth, L. O.; Porterfield, J. G. (1960) Some basic performance characteristics of a horizontal plant seed metering device. *Transactions of de ASAE*, v.3, n.2, p.105-107.
- Samaha, M. J. (1997) Pré-requisitos para o plantio direto de feijão na pequena propriedade. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, v.2, p.209-217 (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 70).
- Sato, R. H. (2002) *Desempenho de semeadoras-adubadoras no plantio direto das culturas de milho e do feijoeiro*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.61.

- Sattler, A. (1993) Escolha de semeadoras e a importância dos elementos rompedores em plantio direto. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 22., Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p. 1710-1721.
- Saturnino, H. M., Landers, J. (1997) *O meio ambiente e o plantio direto*. (Ed.), Brasília: EMBRAPA-SPI, p.116.
- Smith, H. P. (1965) Economics and management of farm equipment. In *Farm Machinery and Equipment*. New York: McGraw-Hill Book Co. Chapter 26, p.473.
- Silva, R. P.; Furlani, C. E. A.; Lopes A.; Nascimento, A.; Câmara, F. T. (2006) Efeitos da roda compactadora de semeadoras sob cargas verticais na deformação do solo com dois teores de água. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.511-519.
- Silveira, G. M. da (1989) *As máquinas para plantar: aplicadoras, distribuidoras, semeadoras, plantadoras e cultivadoras*. Rio de Janeiro: Globo, p.254.
- Silveira, G. M.; Yanai, K.; Kurachi, S. A. H. (2006) Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.1, p.220-224.
- Storck, L. (1979) *Estimativa do tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (Zea mays L.)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.90.
- Thung, M. D. T.; Oliveira, I. P. (1998) *Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle*. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, p.172.

- Tourino, M. C. C. (1983) *Influência da velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja na precisão de semeadura*. Dissertação (Mestrado em máquinas agrícolas), Campinas, SP, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, p.98.
- Tourino, M. C., Klingensteiner, P. (1983) Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., Rio de Janeiro. Anais...* Rio de Janeiro: UFRRJ, v.2, p.103-116.
- Tourino, M. C. C. ; Daniel, L. A. (1996) Avaliação da uniformidade de distribuição de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 20, n. 2, p.238-244.
- Veiga, M. G. (2000) *Modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja considerando a pontualidade na semeadura*. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.75.
- Vieira, N. E. (1996) *Tamanho e forma de parcela experimental para avaliação de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, p.98.
- Warrick, A. W.; Nielsen, D. R. (1980) Spatial variability of soil physical properties in the field. *In: HILLEL, D. (Ed.) Applications of soil physics*. New York: Academic Press.
- Weber, C. J.; Gallina, F.; Reis, A. V.; Forcellini, F. A. (2001) Modelamento e simulação dos erros da cadeia cinemática de acionamento e do disco dosador em semeadoras de precisão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu. Anais...* Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM.
- Witney, B. D. (1988) *Choosing and using farm machines*. Edinburgh: Land Technology, p.412.