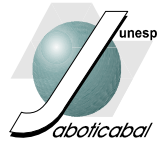




**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CÂMPUS JABOTICABAL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**



**DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA DE PRECISÃO EM  
LATOSSOLO VERMELHO:  
PRESSÃO DE INFLAÇÃO DO PNEU DE ACIONAMENTO X  
MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA.**

**EDINAN AUGUSTO BORSATTO**

Engenheiro Agrônomo

*Jaboticabal – São Paulo – Brasil*

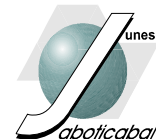
**2009**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CÂMPUS JABOTICABAL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**



**DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA DE PRECISÃO EM  
LATOSSOLO VERMELHO:  
PRESSÃO DE INFLAÇÃO DO PNEU DE ACIONAMENTO X  
MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA.**

**EDINAN AUGUSTO BORSATTO**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani**

**Tese apresentada, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).**

***Jaboticabal – São Paulo – Brasil***

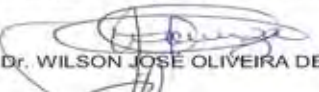
**2009**

## **DADOS CURRICULARES**

**EDINAN AUGUSTO BORSATTO** – Filho de José Borsatto e Aurora Baruffi Borsatto, nasceu em Araraquara, São Paulo, no dia 24 de novembro de 1965. Formado Engenheiro Agrônomo em 1990, pela Faculdade de Agronomia e Zootecnia “Manoel Carlos Gonçalves” em Espírito Santo do Pinhal, São Paulo. Trabalhou na área de Mecanização Agrícola na Empresa Agropecuária Boa Vista – Usina Santa Cruz em Américo Brasiliense – SP, no período de 1990 a 1995. Em março de 2003, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FCAV/UNESP – Jaboticabal – SP, concluindo o curso em fevereiro de 2005. Em março de 2005, iniciou o curso de doutorado no mesmo programa. Trabalhou como Supervisor Agrícola na Empresa Central Energética Ribeirão Preto no período de 2005 a 2006.

**unesp****UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CÂMPUS DE JABOTICABAL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO****TÍTULO:** DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA DE PRECISÃO EM LATOSSOLO VERMELHO: PRESSÃO DE INFLAÇÃO DO PNEU DE ACIONAMENTO X MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA**AUTOR:** EDINAN AUGUSTO BORSATTO**ORIENTADOR:** Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO) pela Comissão Examinadora:

  
Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI  
Dr. ALBERTO CARVALHO FILHO  
Dr. WILSON JOSÉ OLIVEIRA DE SOUZA  
Dr. ROVERSON PEREIRA DA SILVA  
Dr. AFONSO LOPES

Data da realização: 06 de fevereiro de 2009.

  
Presidente da Comissão Examinadora  
Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Para

Márcia, minha esposa e

Mariana e Juliana, minhas filhas.

**Dedico**

A meus pais

José Borsatto (in memorian)

Aurora Baruffi Borsatto

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP, Campus de Jaboticabal, em especial ao Departamento de Engenharia Rural;

Ao Professor Doutor Carlos Eduardo Angeli Furlani, pela orientação, ensino e amizade;

Aos Professores Afonso Lopes e Rouverson Pereira da Silva pela amizade e ensinamentos transmitidos;

A todos docentes da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho;

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural que contribuíram para a realização deste trabalho, especialmente à Aparecido Alves (Cido), Valdecir Aparício (Maranhão), Sebastião Francisco da Silva Filho (Tiãozinho) pelo apoio durante a execução do projeto;

Aos grandes amigos do curso de Pós-Graduação, Adilson José da Rocha Mello, Danilo César Checchio Grotta, Gustavo Naves dos Reis, Jorge Wilson Cortez e aos amigos Gustavo Prates Vigna e Lucas Antônio de Souza graduandos do curso de Agronomia.

Ao CNPq pelo apoio financeiro do projeto.

Agradecimento eterno a todos que contribuíram de forma direta ou indireta, para realização do curso de doutorado.

## SUMÁRIO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                | x             |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                | xii           |
| <b>LISTAS DE EQUAÇÕES.....</b>                              | xiii          |
| <b>1. RESUMO.....</b>                                       | 1             |
| <b>2. SUMMARY.....</b>                                      | 3             |
| <b>3. INTRODUÇÃO.....</b>                                   | 5             |
| <b>4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>                        | 8             |
| 4.1. Cultura do sorgo.....                                  | 8             |
| 4.2. Cultura do milho ( <i>Zea Mays</i> L.).....            | 9             |
| 4.3. Resistência mecânica do solo à penetração.....         | 11            |
| 4.4. Número médio de dias para emergência.....              | 15            |
| 4.5. Distribuição longitudinal das plantas.....             | 15            |
| 4.6. Manejo das culturas de cobertura do solo.....          | 17            |
| 4.7. Força de tração.....                                   | 18            |
| 4.8. Velocidade de deslocamento do conjunto.....            | 21            |
| 4.9. Capacidade de campo.....                               | 22            |
| 4.10. Consumo de combustível.....                           | 26            |
| 4.11. Patinagem do conjunto trator-semeadora-adubadora..... | 27            |
| 4.12. Pressão do pneu acionador da semeadora-adubadora..... | 29            |
| 4.13. Colheita mecânica.....                                | 30            |
| <b>5. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                           | 33            |

|   |    |
|---|----|
| 5.1. Caracterização geral do experimento.....                           | 33 |
| 5.2. Análise estatística e delineamento experimental.....               | 35 |
| 5.3. Descrição dos tratamentos.....                                     | 36 |
| 5.4. Seqüência cronológica da condução do experimento.....              | 39 |
| 5.5. Insumos agrícolas.....   | 40 |
| 5.6. Equipamentos agrícolas.....  | 41 |
| 5.6.1 Manejo de cobertura do solo.....                                  | 41 |
| 5.6.2 Semeadura.....  | 42 |
| 5.6.3 Colheita.....   | 44 |
| 5.7. Variáveis de caracterização da área experimental.....              | 45 |
| 5.7.1 Porcentagem de cobertura vegetal inicial do solo.....             | 45 |
| 5.7.2 Massa seca inicial e final dos resíduos das culturas.....         | 45 |
| 5.7.3 Umidade do solo.....  | 46 |
| 5.7.4 Resistência mecânica do solo à penetração.....                    | 46 |
| 5.8. Variáveis de caracterização das plantas.....                       | 47 |
| 5.8.1 Número médio de dias para emergência das plântulas.....           | 47 |
| 5.8.2 População inicial e final.....                                    | 48 |
| 5.8.3 Distribuição longitudinal de sementes.....                        | 49 |
| 5.8.4 Altura de inserção da espiga viável.....                          | 49 |
| 5.8.5 Produtividade de grãos.....                                       | 49 |
| 5.9. Análise desempenho do conjunto trator-semeadora-<br>adubadora..... | 50 |
| 5.9.1 Força de tração.....  | 50 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.9.2 Força de tração de pico.....   | 51        |
| 5.9.3 Velocidade de deslocamento do conjunto trator–<br>semeadora-adubadora..... | 51        |
| 5.9.4 Eficiência de deslocamento.....  | 51        |
| 5.9.5 Potência na barra de tração.....   | 52        |
| 5.9.6 Capacidade de campo operacional.....                                       | 52        |
| 5.9.7 Tempo efetivo.....   | 53        |
| 5.9.8 Consumo de energia.....  | 53        |
| 5.9.9 Consumo de energia de pico.....  | 54        |
| 5.9.10 Consumo horário de combustível.....                                       | 54        |
| 5.9.11 Consumo de combustível operacional.....                                   | 55        |
| 5.9.12 Consumo ponderal.....   | 55        |
| 5.9.13 Consumo específico.....   | 56        |
| 5.9.14 Patinagem do trator e semeadora-adubadora.....                            | 56        |
| 5.10. Parâmetros de análise para perdas quantitativas totais.....                | 58        |
| 5.10.1 Fluxo do material colhido.....  | 58        |
| <b>6. RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>7. CONCLUSÕES.....</b>  | <b>79</b> |
| <b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>  | <b>81</b> |

**LISTA DE TABELAS**

| <b>Tabela</b>  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Precipitação, temperatura média e umidade relativa (UR) no ano de 2006/07.....  | 34            |
| 2. Análise granulométrica simples do solo na camada de 0 a 20 cm.  | 35            |
| 3. Análise química do solo na camada de 0 a 20 cm.....   | 35            |
| 4. Seqüência cronológica de atividades realizadas durante a condução do experimento, no ano agrícola 2006/07.....                  | 39            |
| 5. Síntese análise variância para porcentagem de cobertura do solo (PCS), massa seca inicial e estande inicial.....                | 60            |
| 6. Síntese análise variância para força de tração (FT) e força de tração de pico (FTP) da semeadora-adubadora.....                 | 62            |
| 7. Síntese análise variância, para potência e potência de pico.....  | 64            |
| 8. Síntese da análise de variância, para patinagem trator e patinagem semeadora.....   | 65            |
| 9. Síntese da análise de variância, para velocidade real de deslocamento (VRD) e porcentagem de eficiência da velocidade (%V)..... | 66            |
| 10. Síntese da análise de variância, para capacidade de campo operacional (Cco) e tempo efetivo.....                               | 67            |
| 11. Síntese da análise de variância, para consumo de energia médio (CEM) e consumo de energia de pico (CEP).....                   | 68            |

|   |    |
|---|----|
| 12. Síntese da análise de variância, para consumo horário (Ch) e consumo operacional (Co).....  | 69 |
| 13. Síntese da análise de variância, para consumo ponderal (Cp) e consumo específico (Ce).....  | 70 |
| 14. Síntese da análise de variância, para porcentagem de espaçamento normal (PEN), porcentagem de espaçamento falho (PEF) e porcentagem de espaçamento duplo (PED)..... | 71 |
| 15. Síntese da análise de variância, para número médio de dias para emergência (NMDE), estande final e massa seca final.....  | 72 |
| 16. Síntese da análise de variância, para altura de inserção da espiga viável (AIEV), umidade do grão e produtividade de grãos.....                                     | 73 |
| 17. Síntese da análise de variância para fluxo de MOG e fluxo de grãos e perdas na colheita.....  | 75 |
| 18. Desdobramento da perda de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para o fator manejo.....   | 75 |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figuras</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Trator Ford 6600 e pulverizador de barras tratorizado utilizado em operação de manejo (A); trator Valtra BM 100 tracionando ro-faca na operação de manejo do sorgo (B) e trator Valtra BM 100 acoplado ao triturador de palhas no momento de manejo do sorgo..... | 37            |
| 2. Distribuição das parcelas experimentais no campo.....   | 38            |
| 3. Sensor de rotação acoplado ao eixo da semeadora-adubadora.....  | 43            |
| 4. Colhedora de grãos SLC utilizada na colheita do milho.....  | 44            |
| 5. Penetrômetro eletrônico utilizado no experimento.....   | 47            |
| 6. Debulhadora estacionária de milho.....  | 50            |
| 7. Relação de engrenagens e sensores instalados na semeadora-adubadora.....  | 57            |
| 8. Resistência do solo à penetração nos diferentes sistemas de manejo...   | 77            |
| 9. Resistência do solo à penetração nas diferentes pressões do pneu de acionamento da semeadora.....   | 78            |

**LISTAS DE EQUAÇÕES**

| <b>Equações</b>                                      | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Número médio de dias para emergência.....         | 48            |
| 2. Eficiência de deslocamento.....                   | 51            |
| 3. Potência na barra de tração.....                  | 52            |
| 4. Capacidade de campo operacional.....              | 53            |
| 5. Consumo de energia.....                           | 53            |
| 6. Consumo de combustível operacional.....           | 55            |
| 7. Consumo de combustível ponderal.....              | 55            |
| 8. Consumo de combustível específico.....            | 56            |
| 9. Patinagem do trator e da semeadora-adubadora..... | 57            |
| 10. Fluxo total, fluxo de MOG e fluxo de grãos.....  | 58            |

## 1. RESUMO

O trabalho teve como objetivo a análise operacional de uma semeadora-adubadora, avaliando-se a influência da pressão de inflação do pneu acionador da semeadora na cultura do milho (*Zea mays* L.), em sistema de plantio direto, em três tipos de manejo. O experimento foi implantado em área do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Rural - Unesp/Jaboticabal, em Latossolo Vermelho eutroférico.

O experimento foi composto por três sistemas de manejo da cultura do milho; combinados com três pressões de inflação do pneu de acionamento dos mecanismos dosadores da semeadora-adubadora em esquema fatorial 3 x 3 com 4 repetições. Os manejos utilizados foram: Controle Químico (dessecação);

Controle Químico mais Controle Mecânico (Triturador de Palhas) e Controle Químico mais Controle Mecânico (Rolo Faca).

Foram avaliados para caracterização da área experimental os parâmetros: porcentagem de cobertura vegetal no solo, massa seca da cobertura vegetal e resistência mecânica do solo a penetração. Para caracterização das plantas foram analisados: número de dias para emergência, população inicial e final, distribuição longitudinal, altura de inserção da espiga viável e produtividade. Para caracterização de desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora foram avaliados: força de tração, velocidade de real deslocamento, eficiência de deslocamento, potência, capacidade de campo operacional, tempo efetivo, consumo de energia, consumo horário, consumo operacional, consumo ponderal, consumo específico, patinagem do trator e patinagem da semeadora.

Os resultados indicam que a pressão do pneu da semeadora afetou a força de tração, potência, potência de pico, velocidade real de deslocamento, eficiência de deslocamento, capacidade de campo operacional, tempo efetivo, consumo de energia médio, consumo horário e o consumo ponderal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Patinagem, plantio direto, distribuição longitudinal.

# **PERFORMANCE OF A PRECISION SEEDERS-FERTILIZER IN OXISOL: INFLATION PRESSURE IN THE TIRE SHAREHOLDERS X MANAGEMENT PLANS FOR COVERAGE.**

Author: Edinan Augusto Borsatto

Adviser: Carlos Eduardo Angeli Furlani

## **2. SUMMARY**

The work had for objective the operational analysis of a seeder-fertilizer, evaluating the influence of the tire inflation pressure of the trigger seed in maize (*Zea mays* L.) in no till system in three types of management . The experiment was located in an area of the Laboratory of Agricultural Machinery and Mechanization Department of Rural Engineering - Unesp / Jaboticabal in Oxisol.

The experiment was composed of three management systems of the culture of sorghum, combined with three of the tire inflation pressures of drive mechanisms doser of seeder-fertilizer in a factorial 3 x 3 with 4 replications. The managements were: Chemical Control (desiccation); Mechanical Control Chemical Control more (Grinder of straw) and more control Chemical Control Mechanical (Roll Knife).

Were evaluated for characterization of the Experimental parameters: percentage of vegetation cover in soil, dry mass of vegetation cover and soil mechanical resistance to penetration. For characterization of the plants were analyzed: number of days to emergence, initial and final population, longitudinal

distribution, time of insertion of the spike viable and productivity. To characterize the performance of all tractor-seeder-fertilizer were evaluated: the force of traction, speed of displacement, the displacement efficiency, power, capacity of the operational field, effective time, energy consumption, time consumption, consumption operational, mass consumption, specific consumption, skating rink of the tractor and seeder.

The results indicate that the tire pressure of the seed affect the force of traction, power, peak power, real speed of displacement, the displacement efficiency, field capacity operational, effective time, average power consumption, time consumption and the consumption weight.

**KEYWORDS:** Skating, tillage, longitudinal distribution.

### **3. INTRODUÇÃO**

O milho é uma das principais culturas, com grande importância econômica e social no mundo. No Brasil a cultura vem batendo recordes de produtividade ano a ano, passando de 1.874 kg.ha<sup>-1</sup>, em 1990, para 3.600 kg.ha<sup>-1</sup>, em 2004 e para 4.114 kg.ha<sup>-1</sup> em 2007 (CONAB 2007), sendo cultivado em diferentes sistemas de manejo do solo.

Atualmente a busca pela redução de custos, torna-se necessária a procura de novas alternativas de produção que possam, além de propiciar condições de

palhada para o sistema plantio direto, resulte também em resultado financeiro. A cultura do sorgo vem se destacando neste sentido, pois embora da mesma espécie que o milho (gramínea) tem-se observado bons resultados na sucessão das culturas, pois o sorgo possui elevada produção de massa seca com elevada relação carbono/nitrogênio e tolerância ao déficit hídrico.

A precisão da sementeira é um importante fator para o sucesso da cultura, sendo o desempenho do conjunto trator-semeadora afetado pelas diferentes formas de manejo da cultura de cobertura, tipos de solo e pressão de inflação do pneu acionador da semeadora-adubadora.

Existem estudos sobre o comportamento dos pneus sobre condições adversas de pressão e cobertura, referentes a tratores e ao conjunto trator – semeadora, mas não há estudos sobre o comportamento dos pneus acionadores da semeadora-adubadora.

Devido a falta de informações tanto no meio científico como pelas empresas fabricantes de equipamentos agrícolas, no que diz respeito às alterações que a pressão de inflação do pneu acionador pode ocasionar em diferentes condições de cobertura do solo, e pelo fato da operação de sementeira estar relacionado com o sucesso ou fracasso da cultura, foi proposto a avaliar a distribuição longitudinal e o desempenho do conjunto trator-semeadora, submetida a interferência de três pressões de inflação do pneu acionador da semeadora, combinado com três formas de manejo da vegetação em sistema plantio direto.

Pressupõe-se que diferentes formas de manejo da cultura de cobertura, associado a diferentes pressões de inflação do pneu de acionamento da semeadora, possam ocasionar em resultados significativos que afetem o desempenho do conjunto trator-semeadora e a distribuição longitudinal.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Cultura do Sorgo**

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea anual que pode atingir de 3 a 5 m 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 & BUFARAH (1988). Os mesmos autores citam que o sorgo é utilizado, principalmente, como forrageira para corte e ensilagem, produzindo cerca de 30 a 40 t ha<sup>-1</sup>, podendo atingir de 60 a 70 t ha<sup>-1</sup> de matéria fresca. Atualmente, vem sendo utilizado na produção de palhada para o sistema plantio direto, 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 aproximada de 707 mil hectares. A produção nacional de sorgo, na safra 05/06, ficou em torno de 1,4 milhões de toneladas de grãos (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 próxima de 170 mil hectares, sendo que, 80 mil hectares plantados em Minas Gerais, e 90 mil hectares, em São Paulo.

#### **4.2. Cultura do Milho (*Zea Mays* L.)**

O milho (*Zea mays* L.) está entre as principais culturas cultivadas no Brasil, destacando-se a sua utilização 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 2007/2008, a produção esta estimada em 39,59 milhões de toneladas para a primeira safra superior à safra anterior em 8,2% (2.996,4 mil toneladas). Para a segunda safra a produção esta estimada em 18,28 milhões de toneladas superior à safra anterior em 23,8% (3.511 mil toneladas). O referido aumento foi em função das boas condições climáticas aliado à crescente utilização de tecnologias. A área cultivada com milho na primeira safra é de 9,62 milhões de hectares superior a plantada na safra anterior em 1,4% (129,7 mil hectares). Para a segunda safra houve um aumento de 9,2% passando de 4,56 para 4,98 milhões de hectares, tendo aumento de 13,3% na produtividade que passou de 3.239 para 3.670 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB 2008).

Rendimentos elevados de milho irrigado têm sido obtidos com a utilização de 55.000 a 72.000 plantas por hectare, adotando-se espaçamentos variáveis entre 55 a 88 cm entre fileiras, apresentando 4 a 5 plantas por metro devidamente arranjadas de forma a minimizar as relações de competição por fatores de produção. Para condições de sequeiro, populações de 45.000 a 55.000 plantas por hectare têm se mostrado mais adequadas, principalmente em função da probabilidade de veranico, da fertilidade do solo e do genótipo empregado. Observa-se que neste caso, a melhor distribuição de plantas na área se revestirá

de suma importância para a superação de limitações climáticas, sobretudo estresses hídricos (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

A densidade de plantas é uma das práticas que mais afeta o rendimento do grão de milho, que é a espécie da família das Poaceas mais sensível a sua variação (ALMEIDA & SANGOI, 1996). Isso porque os híbridos modernos não perfilham e, usualmente, produzem somente uma espiga por planta e, portanto, não possuem a capacidade de compensar eventuais falhas na emergência como as demais espécies da família. Sob altas densidades, aumenta a competição inter-planta por luz, água e nutrientes (SANGOI, 2000) o que afeta o rendimento final porque estimula a dominância apical, induz a esterilidade, decresce o número de espigas produzidas por planta e o número de grãos por espiga (SANGOI & SALVADOR, 1998). Portanto, o rendimento de grãos de milho aumenta com o incremento na densidade de planta até atingir um nível ótimo, que é determinado pelo genótipo e pelas condições do ambiente e diminui com posteriores aumentos de densidade.

#### **4.3. Resistência mecânica do solo à penetração**

Na agricultura moderna, quando se estuda a relação solo/planta/máquina percebe-se a necessidade de caracterizar o estado físico do terreno. Os parâmetros do solo são numerosos e as leis que regem são complexas. A resistência mecânica do solo à penetração tem sido usada, ao longo de muitos anos, com várias aplicações em diversos campos da pesquisa agrônômica

(VIEIRA & SIERRA, 1993). Atualmente várias aplicações estão consolidadas, tais como: detecção de camadas compactadas, estudo da ação de ferramentas de máquinas no solo, prevenção de impedimentos mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, predição da força de tração necessária para execução de trabalhos, conhecimento de processos de umedecimento e ressecamento, dentre outras.

A compactação do solo constitui um tema de crescente importância face a aumento da mecanização nas atividades agrícolas, que acarreta alteração no arranjo das partículas do solo, tornando-o mais denso. Existem diversos fatores que ocasionam um crescimento deficiente do sistema radicular de plantas cultivadas, como danos causados por insetos e moléstias, deficiências nutricionais, acidez do solo, drenagem insuficiente, baixa taxa de oxigênio, temperatura imprópria do solo, compactação do solo e dilaceramento radicular. Dentre essas limitações, a compactação do solo atinge, muitas vezes, dimensões sérias, pois, ao causar restrições ao crescimento e desenvolvimento radiculares, acarreta uma série de problemas que afetam a produção das plantas. Os problemas de ordem agrônômica devido à compactação do solo são aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor, e da disponibilidade de água e nutrientes.

Segundo DANIEL et al. (1995), não somente o sistema de utilização das máquinas no campo, mas também as características físicas do solo, o teor de água e a presença de resíduos culturais são fatores importantes ao entendimento do processo de compactação. As propriedades físicas e mecânicas dos solos

tornam-no mais ou menos propensos à compactação, influenciando, desta forma, a trafegabilidade e desenvolvimento radicular.

CUNHA et al. (2002) avaliando a resistência mecânica a penetração em solo argiloso (47% de argila) e umidade do solo de 20%, obteve resultado de índice do cone de 1188 kPa para uma densidade de  $1,30 \text{ kg.dm}^{-3}$ , concluindo que a resistência mecânica a penetração mostrou-se altamente relacionada com o teor de água e densidade do solo, sendo que o incremento da densidade do solo e a diminuição no teor de água provocaram aumento linear da resistência à penetração.

As operações de preparo do solo estão entre as técnicas que freqüentemente melhoram as produções das culturas, mas devem ser adaptadas às condições específicas para um distinto sistema de produção. MORAES & BENEZ (1996) observaram que um grande número de máquinas e implementos agrícolas, destinados à operação de preparo do solo, foi e continuam sendo desenvolvidos, porém, a utilização inadequada desses equipamentos pode criar condições físicas no solo adversas ao desenvolvimento das culturas, como é o caso da compactação.

De acordo com LANÇAS (2000), a compactação do solo não é uma propriedade do solo e sim um efeito da variação de algumas de suas propriedades, devido à ação de cargas externas, tais como o tráfego de máquinas e a ação de ferramentas agrícolas. DIAS JÚNIOR et.al. (1996), afirmaram que o efeito da compactação do solo em suas propriedades físicas aumenta a densidade do solo e sua resistência mecânica, diminuindo assim a porosidade total, tamanho

e continuidade dos poros, principalmente o volume de macroporos, enquanto que os microporos permanecem teoricamente inalterados.

RALISCH et.al. (2001) ressaltaram a importância da verificação da existência de camadas compactadas em solos com altos teores de argila, as quais incluem a compactação causada pelas operações agrícolas de efeito acumulativo em áreas exploradas pelo sistema de plantio direto. Para operação de descompactação do solo, escarificadores e subsoladores, são os implementos mais usados; devido sua maior capacidade de penetração e menor desagregação do solo em relação aos arados e grades de disco (ARAÚJO, 1999).

Quando se utiliza o preparo periódico do solo, há o fracionamento de agregados. Na semeadura direta, com ausência de preparo e adição de matéria orgânica, os agregados de mantêm mais estáveis (CORRÊA, 2002), diminuindo a suscetibilidade do solo à compactação, a qual pode ser referenciada pelo índice do cone (IC) obtido por meio de penetrometria.

MOLIN et al. 2006, constatou maiores valores de índice do cone nas profundidades de 0,10 a 0,15 m. Esses valores foram maiores nas regiões com menor teor de argila e matéria orgânica.

Para VEPRASKAS & MINER (1986), valores de resistência à penetração de 2,8 a 3,2 MPa retardam a elongação das raízes e com 4,0 MPa não há crescimento de raízes. O valor de 2,0 MPa tem sido aceito como o limite crítico de resistência mecânica do solo à penetração (TAYLOR et al., 1966; NESMITH, 1987).

#### **4.4. Numero médio de dias para emergência**

Estudo realizado por SILVA et. al. (2004a), os autores concluem que o número médio de dias para emergência foi afetado apenas pela profundidade de semeadura, no qual as sementes colocadas a 3 cm de profundidade necessitaram de menos dias para emergência, e apresentaram maior porcentagem de emergência do que aquelas colocadas em profundidades de 5 e 7 cm. Do total de sementes colocadas à profundidade de 3 cm, 49,5% emergiram aos quatro dias após a semeadura, enquanto, na mesma data, somente 19% e 13% das sementes colocadas às profundidades de 5 e 7 cm, respectivamente, atingiram a emergência.

#### **4.5. Distribuição longitudinal de sementes na semeadura**

BUTIERRES & CARO (1983) e KURACHI et al. (1989) constataram que a uniformidade de distribuição longitudinal das sementes é uma das características que mais contribui para a obtenção de estande adequado de plantas e de uma boa produtividade das culturas.

De acordo com SILVA et al. (2000), trabalhando com quatro velocidades de deslocamento (3, 6, 9 e 11,2 km h<sup>-1</sup>) e duas profundidades de adubação em milho (5 e 10 cm), verificaram que a densidade de semeadura não foi afetada pela velocidade da semeadora-adubadora, ficando evidente que as velocidades de 9 e

11,2 km h<sup>-1</sup>, propiciaram distribuição inferior de sementes de milho em relação às velocidades de 3 e 6 km h<sup>-1</sup>, ocasionando na velocidade mais elevadas uma eficiência reduzida nos mecanismos dosadores devido a diminuição do tempo para o preenchimento das células do disco com sementes, provocando falhas na distribuição. O percentual de espaçamentos entre sementes, por categoria de espaçamentos, variou com a velocidade de operação e não diferiu significativamente em função da profundidade de adubação, com exceção para o percentual de duplos, verificando que na velocidade de 3 km h<sup>-1</sup> o maior percentual de espaçamentos aceitáveis e, conseqüentemente, os menores de espaçamentos duplos e de falhas. Os menores percentuais de espaçamentos aceitáveis ocorreram nas velocidades superiores a 6 km h<sup>-1</sup>

MANTOVANI et al. (1992) avaliaram nove semeadoras de milho e concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes era irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregulares à medida que a velocidade de avanço aumentava. Estudos realizados por DELAFOSSE (1986) mostraram que a falta de regularidade de espaçamento entre plantas pode resultar em perdas superiores a 15% na cultura do milho.

Conforme TORINO & KLINGENSTEINER (1983), é considerado como ótimo desempenho a semeadora que distribuir de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, bom desempenho de 75 a 90%, regular de 50 a 75%, e insatisfatório abaixo de 50%.

#### **4.6. Manejo das culturas de cobertura do solo**

O manejo de culturas de cobertura pode ser feito de várias maneiras, dentre as quais se podem citar: a) mecânico (com triturador de palhas tratorizado, roçadora e rolo-faca), e b) químico, com herbicidas; cada um desses manejos deixa a vegetação sobre a superfície do solo de diferentes formas, acarretando decomposição diferenciada aos restos vegetais (BRANQUINHO et al. 2004).

O sistema de semeadura direta e a rotação de culturas promovem juntos inúmeras vantagens, dentre as quais se podem destacar: menor necessidade de água de chuvas para iniciar o plantio, economia de combustível, aumento da atividade biológica do solo em função do aumento do teor de matéria orgânica e menor perda por erosão.

O plantio direto (termo mais comum) na agricultura completamente mecanizada é definido como um sistema de semeadura no qual a semente é depositada diretamente em solo não preparado. Os resíduos vegetais da cultura anterior permanecem na superfície do solo e as plantas daninhas são controladas por meio de herbicidas (MUZILLI, 1985 e DERPSCH et al., 1991).

A expansão da semeadura direta no Brasil tornou-se possível somente após a intensificação do uso de herbicidas apropriados que permitissem um controle adequado das plantas daninhas antes e depois da semeadura. Para DERPSCH et al. (1991), a semeadura direta intensificou-se após o início da fabricação de semeadoras-adubadoras capazes de penetrar em solos

compactados, providos de discos para corte dos restos vegetais remanescentes na superfície. O uso do solo, com maior número de cultivos por ano, tem sido intensificado para aumentar a renda dos agricultores e a oferta de alimentos, resultando em maior produtividade da área, principalmente quando se adotam tecnologias apropriadas, como melhor manejo do solo e tratos culturais adequados para cada tipo de solo e cultura (FERREIRA, 1997).

Do ponto de vista agrícola, os sistemas de manejo que utilizam o preparo do solo para a produção vegetal resultam em perdas de matéria orgânica pela ruptura dos agregados e sua exposição (BRUCE et al., 1999). A diminuição da matéria orgânica causa o adensamento do solo, influenciando por isso no aumento da sua resistência à penetração. Contudo o solo não será adensado quando, por outro lado, houver o incremento de matéria orgânica decorrente de maiores adições do que as perdas por oxidação de carbono, o que ocorre em áreas sob semeadura direta (BRUCE et al., 1999).

#### **4.7. Força de tração**

NETO et al. (2004), trabalhando em área de plantio direto com três velocidades de deslocamento ( 5,6, 8,3 e 10,8 km h<sup>-1</sup>) e três cobertura de solo, verificou que a força de tração foi maior para a velocidade de 10,8 km h<sup>-1</sup> , o consumo de combustível não diferiu em função do tipo de cobertura do solo, somente em função da velocidade, sendo maior na velocidade de 10,8 km h<sup>-1</sup> e

menor em  $5,6 \text{ km h}^{-1}$ . O deslizamento dos rodados não diferiram tanto para o tipo de cobertura do solo quanto para as velocidades empregadas.

De acordo com FURLANI et al. (2004), os tratamentos com semeadura direta e preparo convencional apresentaram menor força de tração, com diferenças significativas em relação ao tratamento com escarificador, onde a força de tração foi 22% superior aos demais tratamentos, obtendo-se valores para força de tração média de 12,9 kN para plantio direto; 13 para o preparo convencional e 14,5 kN para a escarificação.

FURLANI et al. (2004) relataram a exigência de força de tração foi maior em solo preparado com escarificador em relação ao plantio direto e preparo convencional. Para a potência, em solo escarificado, a demanda foi maior em relação ao convencional, e o plantio direto ficou em posição intermediária. No preparo do solo com escarificador, o consumo de energia e o consumo horário de combustível foram maiores em relação ao convencional e ao plantio direto; o inverso ocorreu com a capacidade de campo efetiva. A patinação e o consumo por área foram aumentando do plantio direto para o convencional e, por último o escarificador.

A força de tração para semeadoras de precisão varia em função do tipo de solo, leito de semeadura e número de linhas. Para solos argilosos, os valores variam de 1,1 a 2,0 kN por linha de semeadura da máquina (ASAE, 1996).

Segundo a ASAE (1999); a força de tração estimada para operar semeadora-adubadora de fluxo contínuo é de 400 N e de 700 N por linha de

semeadura, respectivamente para preparo convencional do solo e para plantio direto, independente do tipo de solo.

Segundo ASAE (1999), a força de tração específica necessária para operar semeadora-adubadora de fluxo contínuo em solo preparado, é de 0,50 kN por linha e para as de arrasto, pode variar entre 0,90 a 1,55 kN por linha de semeadura. Para as semeadoras utilizadas em semeadura direta, os valores variam entre 1,67 a 1,82 kN por linha de semeadura, dependendo do tipo de solo. Em ambos os casos, os valores citados variam aproximadamente de 25%. COLLINS & FOWLER (1996), em solo argiloso, obtiveram valores de força de tração de 0,20 e de 0,42 a 1,12 kN por linha, quando as semeadoras estavam equipadas com sulcadores tipo discos duplos e facão, respectivamente.

LEVIEN et al. (1999) encontraram valores de força de tração de 3,24 a 3,64 kN por linha de semeadura, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos de preparo do solo (convencional, escarificação e semeadura direta). Os mesmos autores encontraram, ainda, que a necessidade de potência na barra a operação de semeadura foi de 19,9 (26,5); 21,4 (28,5) e 23,7 (31,6) kW (cv) para o preparo do solo convencional, escarificação e no sistema de plantio direto, respectivamente. CHAPLIN et al. (1988) relataram que a semeadora (quatro linhas para plantio direto, necessita de 3,3 kN de força de tração; 7,5 kW (10,0 cv) de potência na barra; 6,6 L ha<sup>-1</sup> de consumo de óleo diesel; 2,5 ha h<sup>-1</sup> de capacidade de campo teórica, e 3,0 kW h ha<sup>-1</sup> de consumo de energia, enquanto a semeadora, operando em solo preparado, utilizou 1,9 kN; 5,1 kW (6,8 cv); 6,8 L h<sup>-1</sup>; 2,9 ha h<sup>-1</sup>, e 1,7 kW h ha<sup>-1</sup>).

A demanda total de potência na barra de tração do trator, em operação de semeadura, é influenciada pelo tipo de solo, leito de semeadura, velocidade de deslocamento e número de linhas da semeadora-adubadora. Em função de novos modelos de semeadoras, outros fatores também podem ter influência sobre aquela variável, tais como seu peso total, configuração dos órgãos ativos em contato com o solo (especialmente o tipo, formato e profundidade de atuação dos sulcadores), condições de superfície e teor de água no solo (JASA et al. 1992).

#### **4.8. Velocidade de deslocamento do conjunto**

De acordo com SILVA et al. (2000) na semeadura realizada com semeadoras adubadoras, diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e, com freqüência, na produtividade da cultura, destacando-se entre eles a velocidade de operação da máquina no campo e a profundidade de deposição do adubo no solo.

PORTELLA et al. (1998) estudaram o efeito de quatro velocidades de trabalho de doze semeadoras sobre o desempenho dos mecanismos dosadores, na semeadura de milho. Nessa pesquisa utilizaram-se de 12 semeadoras, concluindo que o melhor desempenho foi observado para semeadoras equipadas com mecanismo dosador alveolado horizontal e velocidade de deslocamento de 3,7 km h<sup>-1</sup>. De acordo com EMBRAPA (1997), um dos parâmetros de grande influência na precisão de distribuição de sementes no solo é a velocidade de

deslocamento da máquina. De modo que se não existir uniformidade na distribuição de sementes, ficarão comprometidas as operações de controle de pragas e doenças, manutenção da fertilidade, entre outros.

A velocidade de semeadura afeta o desempenho da semeadora-adubadora; de acordo com SILVEIRA (1989), as máquinas dotadas de mecanismo dosador de disco horizontal devem ser operadas a uma velocidade máxima em torno de 5 km h<sup>-1</sup>; em velocidade superior, o preenchimento das células ou furos é problemático, podendo aumentar as lesões nas sementes. O ideal é operar à velocidade de 4 km h<sup>-1</sup> ou menos.

KURACHI et al. (1993) verificou que semeadoras-adubadoras são sensíveis ao aumento da velocidade de operação, a ponto de diminuir as quantidades de sementes distribuídas por unidade de área, independente da máquina ser equipada com dosador de disco perfurado horizontal, inclinado ou pneumático.

#### **4.9. Capacidade de campo**

Segundo FURLANI et al. (2004), a capacidade de campo efetiva na operação de semeadura foi influenciada pela patinação das rodas motrizes do trator (menor velocidade), em que o deslizamento foi maior, ou seja, na semeadura direta, a capacidade de campo foi maior. No solo preparado pelo método convencional e com escarificador, também foram encontradas diferenças significativas; verificando-se que quanto maior o grau de desagregação do solo

obtido nos tratamentos de preparo, menor foi à capacidade de campo dos conjuntos mecanizados.

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 & FRANZ, 1990, citados por SILVEIRA et al., 2006).

Segundo ASAE (1999), CAÑAVATE & HERNANZ (1989), MANTOVANI (1987) 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).

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.

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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> a 5,2 e 7,3 km h<sup>-1</sup>, respectivamente.

MAHL et al. (2004) observaram, para a capacidade de campo efetiva, valores de 1,68 e 1,67 ha h<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, para 8,1 km h<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> para semeadura convencional, direto e solo escarificado, respectivamente.

LEVIEN et al. (1999) obtiveram média de 2,1 ha h<sup>-1</sup> de capacidade de campo, enquanto que MARQUES et al. (1999) encontraram 1,45 ha h<sup>-1</sup>. CHAPLIN et al. (1988) relataram que uma semeadora de quatro linhas para semeadura direta obteve 2,5 ha h<sup>-1</sup> de capacidade de campo teórica, enquanto a semeadora, operando em solo preparado obteve 2,9 ha h<sup>-1</sup> de capacidade de campo teórica.

#### **4.10. Consumo de combustível**

CHAPLIN et al. (1988), encontraram valores de consumo de combustível de  $6,8 \text{ L h}^{-1}$  para uma semeadora-adubadora de precisão de quatro linhas em preparo convencional. Já CORDEIRO et al. (1988), utilizando tratores de  $82,4 \text{ kW}$  na operação de semeadura e adubação, com semeadora de fluxo contínuo, encontraram valores de consumo de combustível de  $8,5 \text{ L h}^{-1}$ .

O consumo de combustível de diversos tratores na operação de semeadura foi estudado durante quatro anos por CORDEIRO et al. (1988), encontrando-se valores médios, para um trator de potência no motor de  $82,4 \text{ kW}$  ( $110 \text{ cv}$ ) foi de  $8,5 \text{ L h}^{-1}$ . LEVIEN et al. (1999) obtiveram valores de  $13,0$ ;  $12,9$  e  $12,3 \text{ L h}^{-1}$  de óleo diesel para semeadura em solo classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, preparado pelo método convencional, reduzido (escarificação) e plantio direto, respectivamente.

FURLANI et al. (2004), conclui que o consumo horário de combustível na operação de semeadura foi maior no preparo do solo com escarificador ( $13,04 \text{ L h}^{-1}$ ), sendo quase 2 litros a mais em relação aos valores obtidos na semeadura direta ( $11,07 \text{ L h}^{-1}$ ) e o preparo convencional ( $11,40 \text{ L h}^{-1}$ ), devendo-se ao fato da maior rugosidade superficial e da maior profundidade da camada mobilizada, uma vez que estando o solo mais solto, foi exigido mais dos rodados do trator.

#### **4.11. Patinagem do conjunto trator-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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup> e de 8,6% a 8,0 km h<sup>-1</sup>.

OLIVEIRA et al. (2000) não encontrou diferenças significativas na patinagem do rodado do trator; todavia, obteve-se um índice médio de patinagem maior, na velocidade de 7 km h<sup>-1</sup> em solo Podzólico e um índice médio menor em latossolo, podendo esse comportamento contrário ter ocorrido devido à menor densidade e resistência do solo à penetração, possibilitado o aprofundamento da roda, aumentando a resistência ao seu deslocamento. Para a patinagem da semeadora, a análise de variância não indicou diferenças significativas, entretanto as maiores patinagens foram obtidas na maior velocidade.

Em operação de semeadura do milho, SILVA (2000) obteve aumento de 47% na patinagem das rodas motrizes do trator ao desligar a tração dianteira auxiliar (TDA), passando os valores médios de patinagem de 4,83; 6,92; 5,59 e 5,17%, respectivamente, para 8,67; 8,30; 9,61 e 6,57%. Também constatou que para um aumento de 32% no requerimento de força, houve um aumento de 41% na patinagem do trator.

#### **4.12. Pressão de pneu acionador da semeadora-adubadora**

A maioria dos equipamentos dosadores de sementes e fertilizantes são acionados pelo rodado, que também é responsável pelo deslocamento do conjunto semeadora-adubadora. A eficiência desses mecanismos tem relação direta com as condições de contato rodado-solo, principalmente quando se fala em patinagem do rodado, podendo ser influenciado pela pressão dos pneus afetando a distribuição de sementes e adubos durante a semeadura.

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 patinagem 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 patinagem para rodas de borracha ranhurada, 8% para rodas de borracha lisa e 12% para rodas de ferro liso (BALASTREIRE, 1990).

#### **4.13. Colheita Mecânica**

A colheita mecanizada de cereais passa tem passado por um intenso processo de modernização. As tecnologias que surgiram para o setor agrícola no Brasil, a partir de meados da década de 90, como a agricultura de precisão, os

Sistemas GPS e os conjuntos eletrônicos embarcados, bem como o tamanho e a sofisticação das máquinas e dos equipamentos, tornam o investimento em bens de capital não durável crescente, e elevam os riscos financeiros envolvidos.

Vários são os processos onde ocorrem as perdas quali-quantitativas dos grãos, desde a colheita até o consumo do grão. Dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento apresentam valores médios de perdas, por problemas mecânicos, nas culturas de soja igual a 10%; de milho, igual a 15% e, de trigo, igual a 5% (BRASIL, 1993). De acordo com GIRO (2005), analisando a interferência de dois tipos de cobertura do solo (Milheto e sorgo) com três sistemas de manejo (Triturador, rolo faca e herbicida) na cultura da soja, constatou que o fluxo de material não grão (MOG) e de plantas daninhas, não foram influenciados em nenhum dos fatores avaliados, concluindo que as perdas da colhedora aumentaram linearmente com o fluxo de MOG.

Segundo PORTELLA (2003), 66% das perdas realizadas durante a colheita mecânica esta localizada na plataforma de corte. De acordo com SILVA et al. (2004b) a velocidade de deslocamento influencia significativamente as perdas de grãos de milho em faixas de velocidade de 4,0 a 6,0 km h<sup>-1</sup> apresentando perdas superiores àquelas encontradas para máquinas com velocidades de deslocamento superiores a 7 km h<sup>-1</sup>. O que pode ser explicado pelo fato das colhedoras axiais trabalharem com velocidades de deslocamento mais altas (8,0 km h<sup>-1</sup>). Quanto ao sistema de trilha, foram encontradas diferenças significativas para as médias de grãos perdidos, com as colhedoras de fluxo axial apresentando menores perdas (21,6 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparadas com as máquinas de fluxo radial (77,4 kg ha<sup>-1</sup>).

MELLO et al. (2006) trabalhou com três populações de plantas (55,6; 60,6 e 67,9 mil plantas ha<sup>-1</sup>) na seqüência de um consórcio de crotalária com guandu, manejados com herbicida, rolo faca e roçadora. As perdas na colheita mecanizada do cultivar híbrido de milho DKB 350 (triplo), 26 kg ha<sup>-1</sup> (0,3 %), não diferiram em função dos fatores estudados, provavelmente devido ao alto valor do coeficiente de variação (52%). O valor médio das perdas totais (0,3%) ficou abaixo do limite de tolerância (2%), segundo SLC (1988), citado por MOLIN et al. (1998).

MELLO et al. (2006) verificaram que os diferentes fluxos (de grãos, MOG e total) não sofreram influência dos manejos (herbicida, rolo faca e roçadora) ou populações de plantas na semeadura (55,6; 60,6 e 67,9 mil plantas ha<sup>-1</sup>), ainda que os manejos e as populações iniciais tenham resultado em diferenças significativas nos valores da variável altura de plantas e na variável população final de plantas.

BORSATTO et al. (2006) verificaram que, embora tenham encontrado diferenças estatísticas para altura de plantas e diâmetro do colmo em função de tipos de coberturas do solo e seus respectivos manejos, esses fatores não influenciaram as perdas na colheita e os fluxos de grãos, MOG e total, na colheita mecanizada do DKB 350.

VALLERIO (2005) trabalhou com perdas na colheita do DKB 350, semeado na seqüência de diferentes manejos das culturas de cobertura e não encontrou influência dos fatores sobre as perdas na colheita, fluxo de grãos, de material não grão (MOG) e total. Também encontraram altos valores de coeficiente de variação (74%) para a variável perdas na colheita.

SGARBI (2006) avaliou as perdas na colheita mecanizada do cultivar híbrido de milho DKB 350 com duas umidades (17,5 e 14,4%) e três rotações do cilindro trilhador (500, 600 e 700 rpm). Encontraram perda total de grãos de 1,2 % e 0,57 % para a maior e menor umidade e não encontraram diferenças para as rotações dos cilindros.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Caracterização geral do experimento**

O experimento foi conduzido em área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Rural - Unesp/Jaboticabal, Estado de São Paulo, localizado nas coordenadas geodésicas 21°14' latitude Sul e 48°17' longitude Oeste. A área apresenta altitude média de 559 m, declividade média de 4% e clima Aw (subtropical), de acordo com a classificação

de Köeppen, com médias de temperatura e precipitação de 23,4 °C e 48,2 mm, respectivamente.

O solo da área experimental foi classificado por ANDRIOLI e CENTURION (1999) como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, relevo suave ondulado, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Os dados de precipitação pluviométrica, referentes ao período de janeiro de 2006 a julho de 2007, foram obtidos na Estação Agroclimatológica da Universidade Estadual Paulista, Câmpus Jaboticabal e são apresentados nas Tabelas 1.

TABELA 1. Precipitação, temperatura média e umidade relativa (UR) no ano de 2006/2007.

| Meses     | Precipitação<br>(mm) | Temperatura<br>(°C) | UR<br>(%) |
|-----------|----------------------|---------------------|-----------|
| Janeiro   | 237,0                | 25,0                | 74,7      |
| Fevereiro | 416,4                | 24,2                | 82,9      |
| Março     | 136,9                | 24,5                | 81,4      |
| Abril     | 10,4                 | 22,4                | 74,8      |
| Maio      | 4,0                  | 18,7                | 70,1      |
| Junho     | 10,3                 | 18,9                | 66,4      |
| Julho     | 3,3                  | 20,0                | 60,2      |
| Agosto    | 19,1                 | 22,0                | 52,5      |
| Setembro  | 37,6                 | 22,1                | 60,4      |
| Outubro   | 184,5                | 23,7                | 72,0      |
| Novembro  | 166,8                | 24,1                | 69,3      |
| Dezembro  | 221,0                | 24,4                | 82,2      |
| Janeiro   | 644,6                | 23,9                | 88,4      |
| Fevereiro | 154,7                | 24,4                | 78,6      |
| Março     | 156,3                | 24,9                | 73,9      |
| Abril     | 53,7                 | 23,6                | 75,1      |
| Maio      | 105,7                | 19,5                | 73,7      |
| Junho     | 2,5                  | 19,5                | 69,1      |

As análises granulométrica e química do solo foram amostradas na profundidade de 0 a 20 cm, sendo a análise granulométrica apresentada na Tabela 2 e a análise química do solo na Tabela 3, realizadas antes da implantação do experimento.

TABELA 2. Análise granulométrica simples do solo na camada de 0 a 20 cm.

| Argila             | Limo | Areia |        | Classe   |
|--------------------|------|-------|--------|----------|
|                    |      | Fina  | Grossa |          |
| $\text{g kg}^{-1}$ |      |       |        |          |
| 550                | 250  | 100   | 100    | Argiloso |

TABELA 3. Análise química do solo na camada de 0 a 20 cm.

| pH              | M.O.               | P.resina            | K                               | Ca | Mg | H+Al | SB   | T    | V  |
|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|----|----|------|------|------|----|
| $\text{CaCl}_2$ | $\text{g dm}^{-3}$ | $\text{mg dm}^{-3}$ | $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ |    |    |      |      |      |    |
| 4,9             | 27                 | 37                  | 3,9                             | 24 | 9  | 42   | 36,9 | 78,9 | 47 |

## 5.2. Análise estatística e delineamento experimental

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância, segundo PIMENTEL GOMES (1978), com auxílio do programa para microcomputador ESTAT (Sistema para Análises Estatísticas, v. 2.0), desenvolvido pelo Pólo Computacional do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, Jaboticabal. Quando o valor do teste F foi significativo a 5% de probabilidade, foi realizado o teste de Tukey para a comparação de médias.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcela subdividida em esquema fatorial 3x3 (3 pressões de inflação do pneu acionador da

semeadora-adubadora e 3 manejos de cobertura do solo com 4 repetições), totalizando 36 parcelas.

### **5.3. Descrição dos tratamentos**

O experimento foi instalado em área ocupada com sistema plantio direto instalada aproximadamente há 6 anos, no qual nos últimos dois anos a cultura do milho vem sendo cultivada sobre a resteva da crotalaria e por último sobre restos da cultura do sorgo.

O experimento foi composto por três sistemas de manejo da cultura do sorgo, combinados com três pressões de inflação do pneu de acionamento dos mecanismos dosadores da semeadora-adubadora. Os manejos utilizados foram: Controle Químico (Herbicida); Controle Químico mais controle mecânico (Rolo Faca) e controle químico mais controle mecânico (Triturador de palhas), designados de dessecação (Figura 1A), rolo faca (Figura 1B) e triturador de palhas (Figura 1C). As pressões foram: Pressão 1 – 517,11 kPa; Pressão 2 – 448,16 kPa e Pressão 3 – 379,22 kPa.



FIGURA 1. Trator Ford 6600 e pulverizador de barras tratorizado utilizado em operação de manejo (A); Trator BM 100 tracionando rolo-faca na operação de manejo do sorgo (B) e Trator BM 100 acoplado ao triturador de palhas no momento do manejo do sorgo (C).

O experimento constou com 36 parcelas de 65 m de comprimento por 4 m de largura, com intervalo entre parcelas de 15 m para realização de manobras e estabilização dos equipamentos. Possui declividade de 4% conforme apresentado na Figura 2

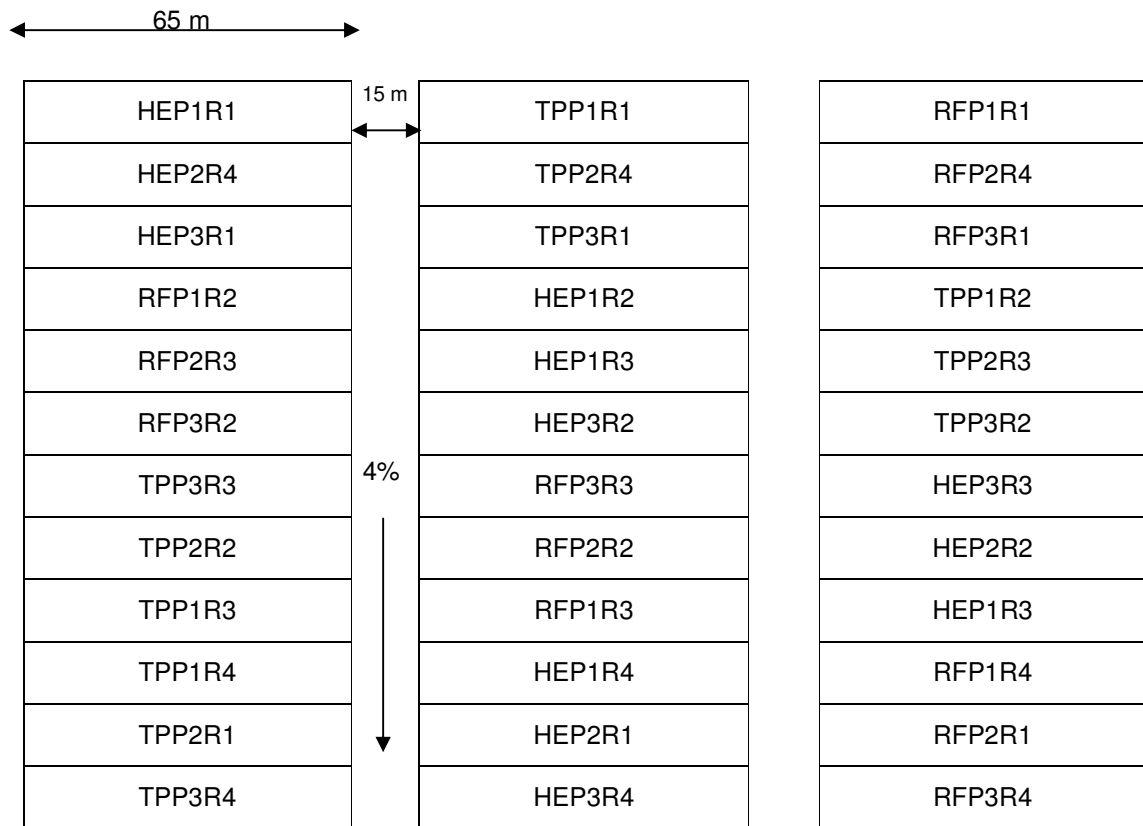


FIGURA 2. Distribuição das parcelas experimentais no campo.

em que:

|   |                |
|---|----------------|
| Tratamento com Herbicida                        | HE;            |
| Tratamento com Herbicida + Rolo Faca            | RF;            |
| Tratamento com Herbicida + Triturador de Palhas | TP;            |
| Pressão de inflação de 517,11 kPa (75 psi)      | P1;            |
| Pressão de inflação de 448,16 kPa (65 psi)      | P2;            |
| Pressão de inflação de 379,22 kPa (55 psi)      | P3, e          |
| Repetições                                      | R1, R2, R3, R4 |

#### 5.4. Seqüência cronológica da condução do experimento

A seqüência cronológica de atividades realizadas durante a condução do experimento encontra-se apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4. Seqüência Cronológica de atividades realizadas durante a condução do experimento, no ano agrícola 2006/07.

| <b>Atividade</b>  | <b>Data</b> |
|---|-------------|
| Amostragem de solo e demarcação das parcelas  | 10/10/2006  |
| Dessecação da cultura do sorgo  | 15/11/2006  |
| Realização das operações de manejo da cobertura do solo   | 25/11/2006  |
| Aplicação glyphosato antes plantio  | 03/12/2006  |
| Semeadura e adubação do milho com coleta simultânea de dados de desempenho do conjunto trator-semeadora.        | 04/12/2006  |
| Contagem do número de plântulas emergidas   | 08/12/2006  |
| Contagem do número de plântulas emergidas   | 09/12/2006  |
| Contagem do número de plântulas emergidas   | 10/12/2006  |
| Determinação da porcentagem de cobertura vegetal  | 10/12/2006  |
| Contagem do número de plântulas emergidas   | 11/12/2006  |
| Contagem do número de plântulas emergidas   | 12/12/2006  |
| Determinação da massa seca inicial  | 12/12/2006  |
| Aplicação de Herbicida Pós-Emergente  | 15/12/2006  |
| Aplicação de Inseticida   | 22/12/2006  |
| Adubação em cobertura   | 04/01/2007  |
| Aplicação de Inseticida   | 15/01/2007  |
| Avaliação da população final, altura de inserção da espiga e coleta de dados para determinação da produtividade | 16/04/2007  |
| Colheita e coleta de dados da colhedora   | 20/04/2007  |
| Determinação da produtividade   | 24/04/2007  |

|  |            |
|--|------------|
| Avaliação de perdas totais e coleta de material para determinação da massa seca final. | 02/05/2007 |
| Determinação da resistência mecânica do solo a penetração e umidade do solo            | 11/05/2007 |

---

## 5.5. Insumos agrícolas

Antes da realização dos manejos foi realizada uma aplicação de glyphosato na dosagem de 5 L.ha<sup>-1</sup> na cultura de sorgo, semeado com intuito de formação de palhada para a cultura do milho. Após a realização dos manejos e antes da semeadura, foi realizada nova aplicação de glyphosato na dosagem de 5 L.ha<sup>-1</sup> para o controle de plantas daninhas reinfestantes de capim amargoso (*Digitaria insulares* (L.)).

Para a instalação da cultura de milho (*Zea mays* L.), foi utilizado o híbrido simples DKB 390, mantendo-se população aproximada de 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com a semeadora-adubadora trabalhando a velocidade de 6,5 km h<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,90 m entre fileiras.

Para a adubação de semeadura foram utilizados 320 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula N-P-K (4-20-20), distribuídos no sulco e para a adubação em cobertura foram utilizados 200 kg ha<sup>-1</sup> de uréia (90 kg de N), em única aplicação mecanizada em superfície no estágio de 5 folhas.

Foi utilizado mistura de herbicidas pré e pós-emergentes Sanson 40 SC (atrazina + nicosulfuron) 0,75 L ha<sup>-1</sup>; Calisto (mesotrione) 0,20 L ha<sup>-1</sup> e Atrazina

(atrazine)  $2,0 \text{ L ha}^{-1}$  em 15/12/2006 (após a semeadura) no controle de plantas daninhas.

Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foram realizadas duas aplicações de inseticida. A primeira realizada em 22/12/2006, utilizando os produtos Match CE (Lufenuron)  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$  e Karate 50 EC (Lambda-cialotrina (Piretróide))  $0,2 \text{ L ha}^{-1}$  e na segunda aplicação Match CE ( $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ ) e Decis 25 EC (Deltametrina)  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ .

## **5.6. Equipamentos agrícolas**

### **5.6.1. Manejo de cobertura do solo**

Na operação de manejos da cultura do sorgo foram utilizados três conjuntos mecanizados: no manejo com herbicida foi utilizado um trator 4x2 marca Ford modelo 6600, com 66,2 kW (90 cv) e para as operações de manejo com triturador de palhas e rolo-faca utilizou-se o trator Valtra, Modelo BM 100, 4x2 TDA com 73,6 kW (100 cv).

Os equipamentos utilizados nas operações de manejo foram:

- Herbicida – Pulverizador de barras marca Jacto (Condor), Modelo M12/75 série 9300, montado, com capacidade do tanque de 600 litros, massa de 255 kg e

barra de 12 m, equipado com pontas tipo leque (XR Teejet – 110.02VS) para aplicação de glyphosato (Figura 8A)..

- Rolo Faca – Construído pelo Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), possuindo 13 facas dispostas na extremidade, largura de corte de 2,10 m e massa total de 720 kg (Figura 8B)
- Triturador de Palhas – Marca Jumil, Modelo 2300, montado, com rotor horizontal de 0,61 m, largura de corte 2,3 m com 32 pares de facas curvas oscilantes e reversíveis e sistema de regulagem de altura de corte, possuindo massa total de 735 kg (Figura 8C).

### **5.6.2. Semeadura**

Foi utilizado na operação de semeadura-adubação o trator VALTRA, modelo BM 100, 4x2 TDA com 73,6 kW (100 cv) de potência no motor; equipado com sistema de aquisição de dados (micrologger CR23X) da marca CAMPBELL SCIENTIFIC, com placa multiplexadora de 8 canais, modelo SDM-INT8 SN:2094; programado para obter 1 leitura por segundo e uma semeadora-adubadora de precisão marca Marchesan, modelo PH3 plus com 4 linhas espaçadas de 0,90 m e largura útil de 3,60 m, capacidade de 40 kg por linha para sementes e 700 kg de adubo, com peso aproximado de 2212 kg, com disco de corte oscilante de 18 polegadas e haste escarificadora para o adubo, linhas de sementes e adubo desencontradas com disco duplo de 15 polegadas e pneus compactadores em “V”.

Os mecanismos dosadores de semente e adubo foram acionados por pneus marca Firestone tamanho 650-16 LT e pressão recomendada de 65psi. Junto a semeadora foram acoplados dois sensores, modelo GIDP-60-12 volts (Figura 3) para avaliar a interferência dos manejos de cobertura da cultura do sorgo e diferentes pressões do pneu acionador no desempenho da semeadora-adubadora. A relação de transmissão do pneu acionador aos eixos de engrenagens onde foram instalados os sensores foi de 20/19 (movida/motora), sendo utilizada para o cálculo da patinação dos rodados acionadores da semeadora-adubadora.



FIGURA 3. Sensor de rotação acoplado ao eixo das engrenagens da semeadora-adubadora.

### 5.6.3. Colheita

Foi utilizada uma colhedora de cereais marca SLC (Figura 12), modelo 1165, ano 1996/97, com potência de 103 kW (140 cv), plataforma de 3,8 m (4 linhas de 0,90 m), operando em velocidade média de 3,7 km h<sup>-1</sup>.

A colhedora foi regulada para trabalhar com rotação do cilindro em 550 rpm e folga entre cilindro e côncavo de 30 x 35 mm.



FIGURA 4. Colhedora de grãos SLC utilizada na colheita do milho.

## **5.7. Variáveis de caracterização da área experimental**

### **5.7.1. Porcentagem de cobertura inicial do solo**

A porcentagem de cobertura inicial do solo por resíduos vegetais foi determinada pelo método descrito por LAFLEN et al. (1981). Foram realizadas duas medidas nas diagonais de cada parcela, sendo a média das mesmas que definiu a cobertura do solo por resíduos (%).

### **5.7.2. Massa seca inicial e final dos resíduos das culturas**

A determinação da massa seca de resíduos culturais foi realizada após a semeadura da cultura do milho, coletando-se os restos vegetais remanescentes, com uma armação de 0,25 m<sup>2</sup>, sendo coletado todo material vegetal encontrado. Este material foi seco em estufa a 70 °C por 48 horas, para obtenção da massa seca inicial. Após a colheita do milho, foram coletados os restos vegetais remanescentes da colheita e o que por ventura ainda estava presente na superfície do solo. O material colhido foi seco em estufa por 48 horas, obtendo-se a massa seca final.

Para a coleta das amostras e determinação da massa seca, foram utilizados: quadrado de ferro com 0,25 m<sup>2</sup>, sacos de papel, estufa elétrica com circulação forçada de ar e balança de precisão de 0,01 g.

### **5.7.3. Umidade do solo**

Para determinação da umidade do solo foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 50 cm, sendo retiradas a cada 10 cm, seguindo metodologia descrita por EMBRAPA (1979), foram retiradas uma amostra por profundidade por parcela.

### **5.7.4. Resistência mecânica do solo à penetração**

A resistência mecânica do solo a penetração (RMSP), foi determinada com auxílio de um penetrômetro motorizado da Marca DLG modelo PNT-2000/motor (Figura 5), com sistema de acionamento elétrico da haste penetradora, possuindo controle eletrônico de aquisição de dados adquirindo a resistência do solo a cada 10 mm. A RMSP foi fornecida diretamente por meio de célula de carga do aparelho.



FIGURA 5. Penetrômetro eletrônico utilizado no experimento.

## **5.8. Variáveis de caracterização das plantas**

### **5.8.1. Número de dias para emergência das plântulas**

O número médio de dias para a emergência das plântulas de milho, foi determinado com contagens diárias, desde a primeira plântula emergida até a estabilização das mesmas. Utilizou-se uma trena de 2 m de comprimento. As contagens foram realizadas em cada parcela nas duas linhas centrais com 2 m de comprimento.

Destas contagens, expressou-se este parâmetro de acordo com a equação (1) proposta por EDMOND & DRAPALA (1958):

$$M = \frac{[(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)]}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)} \quad (1)$$

em que:

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

$N_1$  = Número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

$G_1$  = Número de plantas emergidas na primeira contagem;

$N_2$  = Número de dias decorridos entre a primeira e a segunda contagem;

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

$N_n$  = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas, e

$G_n$  = Número de plântulas emergidas entre a sétima e última contagem.

### 5.8.2. População inicial e final

A determinação da população inicial de plantas de milho foi realizada nas mesmas linhas utilizadas para o número médio de dias para emergência. Estes valores foram posteriormente transformados em plantas por hectare, a população final foi determinada no mesmo local no dia da colheita.

### **5.8.3. Distribuição longitudinal de sementes**

A porcentagem de espaçamentos aceitáveis foi calculada considerando todos os espaçamentos entre plantas e/ou, sementes não germinadas de 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento médio esperado (EM). Os valores obtidos fora desse limite foram considerados como falha de semeadura (acima de 1,5 vezes EM) ou duplos (abaixo de 0,5 vezes EM), conforme ABNT (1989).

### **5.8.4. Altura de inserção da espiga viável**

Avaliou-se a altura de inserção da espiga viável com uso de trena graduada em milímetros, medindo-se do nível do solo até o ponto de inserção da espiga. Este parâmetro foi determinado para avaliação da qualidade da operação de colheita.

### **5.8.5. Produtividade de grãos**

A produtividade de grãos foi obtida pela coleta manual em duas linhas centrais de 2 m por parcela. As espigas foram despalhadas manualmente e debulhadas em máquina estacionária (Figura 6), obtendo separadamente a massa da palha, sabugo e grãos. Os valores obtidos foram transformados em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .



FIGURA 6. Debulhadora estacionária de milho.

## 5.9. Análise de Desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora

### 5.9.1. Força de tração

Para determinação de força de tração na barra, foi utilizada célula de carga de 100 kN, marca M.SHIMIZU, Modelo TF400 colocada entre a barra de tração do trator e o cabeçalho da semeadora-adubadora.

A célula de carga foi conectada a um sistema de aquisição de dados, o qual armazenava a força em kgf, que posteriormente foi transformada para kN. A força de tração média foi determinada pela média de todas as leituras na parcela.

### 5.9.2. Força de tração de pico

A força de tração de pico (kN) foi obtida levando-se em conta o maior valor coletado (célula de carga/sistema de aquisição de dados) durante o percurso na parcela experimental.

### 5.9.3. Velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora

Para a medição da velocidade real de deslocamento foi utilizada a unidade de radar (modelo RVS II) localizada na lateral esquerda do trator, fornecendo a velocidade instantânea em  $\text{km h}^{-1}$ . Utilizou-se para os cálculos a média da velocidade durante o percurso na parcela.

### 5.9.4. Eficiência de deslocamento

Obtida pela relação entre a velocidade real média obtida em cada parcela e a velocidade teórica de acordo com a equação (2). A velocidade teórica é a que consta do manual do trator, para a marcha selecionada.

$$ED = \frac{V_o}{V_t} * 100 \quad (2)$$

em que:

ED = Eficiência de deslocamento (%),

$V_o$  = Velocidade média obtida ( $\text{km h}^{-1}$ ),

$V_t$  = Velocidade teórica ( $\text{km h}^{-1}$ ).

### 5.9.5. Potência na barra de tração

O cálculo da potência na barra de tração foi determinada de forma indireta, utilizando-se a equação (3):

$$PB = \left( FT \cdot \frac{v}{3,6} \right) \quad (3)$$

em que,

PB = potência na barra de tração (kW);

FT = força de tração na barra (kN);

v = velocidade de deslocamento ( $\text{km h}^{-1}$ ), e

3,6 = fator de conversão.

### 5.9.6. Capacidade de campo operacional

A capacidade de campo operacional foi determinada com base na largura útil de trabalho da semeadora-adubadora e da velocidade real de deslocamento do conjunto. A largura de trabalho da semeadora-adubadora é de 3,60 m para o espaçamento de 0,90 m entre fileiras.

Para o cálculo da capacidade de campo operacional foi utilizada a equação (4):

$$CCO = \frac{L.v}{10} \cdot 0,65 \quad (4)$$

em que,

CCO = capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>);

v = velocidade de deslocamento (km h<sup>-1</sup>);

L = largura de trabalho da semeadora (m);

10 = fator de conversão para ha h<sup>-1</sup>, e

0,65 = eficiência da operação da semeadora-adubadora (MIALHE, 1996)

### 5.9.7. Tempo efetivo

O tempo efetivo foi considerado como o inverso da capacidade de campo operacional (Cco), sendo dado em h ha<sup>-1</sup>.

### 5.9.8. Consumo de energia

O consumo de energia foi obtido de forma indireta pela equação (5):

$$Ce = PTE \quad (5)$$

em que:

Ce = Consumo energia (kWh ha<sup>-1</sup>);

P = Potência (kW), e

TE = Tempo efetivo ( $\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

#### **5.9.9. Consumo de energia de pico**

O consumo de energia de pico foi obtido da mesma forma que o consumo de energia, porém utilizando-se dos maiores valores obtidos durante a coleta de dados.

#### **5.9.10. Consumo horário de combustível**

O consumo de combustível foi determinado em todas as parcelas experimentais em unidade de volume (mL), por meio da diferença entre os volumes de combustível medidos antes da bomba injetora e no retorno, obtendo-se o volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso.

Para medir o consumo de combustível foi utilizado um protótipo desenvolvido por LOPES et al. (2003); tal protótipo possui 2 medidores de fluxo instalados em série para monitorar o débito e o retorno da bomba injetora. Para não comprometer o sistema de alimentação original do trator, o protótipo mencionado conta ainda com filtragem independente.

### 5.9.11. Consumo de combustível operacional

O consumo de combustível operacional foi obtido pela equação (6):

$$CO = \frac{CHr}{Cco} \quad (6)$$

em que:

CO = Consumo Operacional (L ha<sup>-1</sup>);

CHr = Consumo Horário de Combustível (L h<sup>-1</sup>), e

Cco = Capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>)

### 5.9.12. Consumo ponderal

O consumo ponderal foi calculado de acordo com a equação (7):

$$CP = \frac{((CE.DE) - (CR.DS))}{1000} \quad (7)$$

em que:

CP = Consumo ponderal (kg h<sup>-1</sup>);

CE = Consumo na linha de alimentação;

DE = Densidade na linha de alimentação;

CR = Consumo na linha de retorno;

DS = Densidade na linha de retorno, e

1000 = fator de conversão.

### 5.9.13. Consumo específico

O consumo específico foi calculado indiretamente pela equação (8):

$$CE_{sp} = \frac{CP}{P} * 1000 \quad (8)$$

em que:

CEsp = Consumo específico (g kWh<sup>-1</sup>);

CP = Consumo ponderal (kg h<sup>-1</sup>);

P = Potência (kW), e

1000 = Fator de conversão.

### 5.9.14. Patinação do trator e da semeadora-adubadora

Para determinar a patinação dos rodados do trator, utilizou-se de sensores modelo GIDP-60-12 v em cada um dos pneus e obteve-se a média dos giros para o trator, sem e com carga.

Para o cálculo da patinação da semeadora-adubadora foram utilizados os mesmos sensores instalados no eixo das engrenagens movidas dos pneus acionadores da direita e esquerda. Os sensores instalados no eixo de engrenagens (Figura 7) emitem os dados na forma de sinal ou pulsos, estando conectados ao um sistema de aquisição de dados. Para os cálculos de patinação do trator/semeadora foi utilizada a equação (9):

$$P = \left(1 - \frac{NPS}{NPC}\right) * 100 \quad (9)$$

em que:

P = Patinação (%);

NPC = Número de pulsos do pneu, operando com carga na barra de tração,

e

NPS = Número de pulsos do pneu, operando sem carga na barra de tração.



Figura 7. Relação de engrenagens e sensores instalados na semeadora-adubadora.

## 5.10. Parâmetros de análise para perdas quantitativas totais de grãos

As perdas quantitativas totais foram determinadas após a colheita mecanizada do milho de acordo com metodologia descrita por MESQUITA e GAUDÊNCIO (1997), utilizando-se armação de 2 m<sup>2</sup>.

### 5.10.1. Fluxo do material colhido

O fluxo total, fluxo de material não grão (MOG) e fluxo de grãos na colhedora foram determinados utilizando-se a equação (10).

$$\varphi = \frac{L.V.Ms}{10000} \quad (10)$$

em que,

$\varphi$  = Fluxo (kg s<sup>-1</sup>);

L = Largura da plataforma (m);

V = Velocidade de deslocamento da colhedora (m s<sup>-1</sup>); e

Ms = Quantidade de matéria seca total, MOG ou grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos serão apresentados na forma de Tabelas e Figuras. Nas Tabelas, as médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na existência de interação significativa, realizou-se o desdobramento dos graus de liberdade. As designações ns e \* indicam, não significativo e significativo, a nível de 5% de probabilidade para o teste F, respectivamente.

Na Tabela 5 são apresentados a porcentagem de cobertura do solo, massa seca inicial e estande inicial.

TABELA 5. Síntese da análise de variância, para porcentagem de cobertura do solo (PCS), massa seca inicial e estande inicial.

| Fatores              | PCS<br>(%) | Massa seca<br>inicial<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Estande Inicial<br>(plantas ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|------------|---|--|
| <b>Manejo (M)</b>    |            |   |  |
| Herbicida            | 76         | 5572  | 70833b   |
| Rolo Faca            | 77         | 4980  | 74537a   |
| Triturador de Palhas | 74         | 4752  | 73611ab  |
| <b>Pressão (P)</b>   |            |   |  |
| 517,11 kPa           | 76         | 5136  | 74074  |
| 448,16 kPa           | 75         | 5084  | 72685  |
| 379,22 kPa           | 75         | 5084  | 72222  |
| <b>Teste F</b>       |            |   |  |
| M                    | 1,4662ns   | 1,9787ns  | 3,6494*  |
| P                    | 0,1592ns   | 0,0100ns  | 0,9122ns                                       |
| MxP                  | 0,1002ns   | 0,0176ns  | 0,2807ns                                       |
| C.V.(%)              | 7,10112    | 0,4326  | 4,7885   |

A porcentagem de cobertura do solo apresentou uniformidade e percentuais de cobertura desejadas para a realização do experimento, já que de acordo com a ASAE (1992), um sistema é considerado conservacionista quando mantém 30 % ou mais de resíduos sobre a superfície após operação de semeadura. Os valores observados indicam que não há diferenças significativas entre os tratamentos analisados. No entanto, o manejo com triturador de palhas apresentou numericamente menor porcentagem de cobertura do solo, possivelmente devido ao fato do menor tamanho das partículas proporcionado pelo equipamento, visto que a palhada se decompõe com maior velocidade (FURLANI, 2000).

A massa seca inicial (coletada após a semeadura do milho) não apresentou diferença tanto para os manejos como para as pressões analisadas, demonstrando a uniformidade da área por ocasião da semeadura quanto a cobertura do solo nos tratamentos. A massa seca inicial apresentou o mesmo comportamento da porcentagem de cobertura do solo. Salienta-se que a massa seca inicial possui, além de restos culturais da cultura anterior (sorgo), alta infestação de plantas daninhas.

Embora não ocorra interação significativa para o estande inicial observa-se que o fator manejo influenciou a população de plantas, encontrando-se diferença de 5,2% entre o manejo químico em relação ao rolo faca, sendo que as diferentes pressões de inflação utilizadas no pneu acionador da semeadora não afetaram estatisticamente este fator.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de demanda de força de tração na barra, na operação de semeadura do milho.

TABELA 6. Síntese da análise de variância, para força de tração (FT) e força de tração de pico (FTP) da semeadora-adubadora.

| Fatores              | FT<br>(kN)        | FTP<br>(kN) |
|----------------------|-------------------|-------------|
| <b>Manejo (M)</b>    |                   |             |
| Herbicida            | 18,8              | 21,0        |
| Rolo Faca            | 18,7              | 21,4        |
| Triturador de Palhas | 18,4              | 20,9        |
| <b>Pressão (P)</b>   |                   |             |
| 517,11 kPa           | 19,1 <sup>a</sup> | 21,5        |
| 448,16 kPa           | 18,6b             | 20,9        |
| 379,22 kPa           | 18,2b             | 20,9        |
| <b>Teste F</b>       |                   |             |
| M                    | 2,2093ns          | 1,4874ns    |
| P                    | 9,9347*           | 1,8223ns    |
| MxP                  | 1,5509ns          | 2,2114ns    |
| C.V.(%)              | 2,6658            | 3,9199      |

Os valores encontrados são superiores aos observados por FURLANI et. al (2004) que trabalhando com uma semeadora de 6 linhas obteve valores para força de tração, que variaram de 12,87 a 14, 52 kN, estando estes próximos aos indicados por ASAE (1996) onde variam em solos argilosos de 1,1 a 2,2 kN por linha de semeadura, em função do tipo de solo, leito de semeadura e número de linhas. Ainda tais valores aqui obtidos contrariam os verificados por CHAPLIN et. al (1998) que relataram necessidade de 3,3 kN por linha de semeadura, podendo esta diferença ter ocorrido por uma maior resistência do solo. O fator pressão ocasionou diferenças estatísticas significativas entre as diferentes pressões estudadas encontrando-se a maior demanda de força de tração para a pressão de 517,11 kPa, ocasionando uma variação de 4,9% em relação a pressão de 379,22

kPa. O fator manejo para força de tração e os fatores manejo e pressão para força de tração de pico não apresentaram diferenças estatísticas.

De acordo com os valores descritos na tabela 7, a potência foi afetada estatisticamente pelos dois fatores em estudo, embora não ocorra interação significativa entre eles. Considerando-se o fator manejo, nota-se que a maior demanda de potência foi obtida com manejo químico, comparado o uso do triturador de palhas. Já para o fator pressão dos pneus, o uso de 448,16 kPa que é a pressão recomendada, e de 379,22 kPa proporcionaram maior demanda de potência. Estudando-se a potência de pico, nota-se que somente o fator pressão promoveu variação significativa, com maior valor para a pressão de 379,22 kPa quando comparado a maior pressão (517,11 kPa). Observa-se que, em relação a força de tração e potência na barra, o fator pressão provocou diferenças significativas que pode estar relacionado a resistência ao rolamento apresentado pelos pneus da semeadora. Porém, não se pode afirmar, visto que essa variável não foi medida.

Na Tabela 7 são apresentados os valores de demanda de potência na barra de tração.

TABELA 7. Síntese da análise de variância, para potência e potência de pico.

| Fatores              | Potência (kW)        | Potência de Pico (kW) |
|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Manejo (M)           |                      |                       |
| Herbicida            | 30,4 <sup>a</sup>    | 34,0                  |
| Rolo Faca            | 29,7 <sup>ab</sup>   | 33,9                  |
| Triturador de Palhas | 28,9 <sup>b</sup>    | 32,8                  |
| Pressão (P)          |                      |                       |
| 517,11 kPa           | 28,9 <sup>b</sup>    | 32,5 <sup>b</sup>     |
| 448,16 kPa           | 30,2 <sup>a</sup>    | 33,9 <sup>ab</sup>    |
| 379,22 kPa           | 29,9 <sup>a</sup>    | 34,3 <sup>a</sup>     |
| Teste F              |                      |                       |
| M                    | 8,9329*              | 2,3103 <sup>ns</sup>  |
| P                    | 7,3717*              | 4,8203*               |
| MxP                  | 1,6221 <sup>ns</sup> | 1,1732 <sup>ns</sup>  |
| C.V.(%)              | 2,7822               | 4,5889                |

Na Tabela 8 encontram-se os valores de patinagem do trator e patinagem da semeadora.

Os valores de patinagem do trator estão dentro da faixa recomendada pela ASAE para solos não mobilizados, A ASAE (1989) recomenda, para a obtenção de máxima eficiência de tração, patinagem de 8 a 10% em solos não mobilizados e de 11 a 13% em solos mobilizados. Como os pneus da semeadora não são motrizes, seus valores são negativos (pneus tracionadas), sendo semelhantes ao de FURLANI et.al. (2004) que encontrou valores na patinagem do trator de 9,75% utilizando rolo faca, 10,47% com triturador de palhas e 10,03% no manejo com herbicida.

TABELA 8. Síntese da análise de variância para patinagem do trator e patinagem da semeadora-adubadora.

| Fatores              | Patinagem Trator (%) | Patinagem Semeadora (%) |
|----------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Manejo (M)</b>    |                      |                         |
| Herbicida            | 10,8 <sup>a</sup>    | -1,7                    |
| Rolo Faca            | 9,5 <sup>b</sup>     | -2,2                    |
| Triturador de Palhas | 9,5 <sup>b</sup>     | -3,1                    |
| <b>Pressão (P)</b>   |                      |                         |
| 517,11 kPa           | 10,0                 | -1,9                    |
| 448,16 kPa           | 10,2                 | -2,6                    |
| 379,22 kPa           | 10,6                 | -2,6                    |
| <b>Teste F</b>       |                      |                         |
| M                    | 4,4680*              | 2,6451ns                |
| P                    | 0,6300ns             | 0,8979ns                |
| P                    | 1,6586ns             | 0,9443ns                |
| C.V.(%)              | 12,9719              | 63,9338                 |

A patinagem dos rodados do trator foi maior no manejo com herbicida comparado com rolo-faca e triturador de palhas. Esse fato pode ser explicado pelo fato que neste manejo as plantas apenas dessecadas, permitem maior facilidade no deslizamento dos pneus.

A patinagem dos rodados da semeadora, não foi influenciada pelos manejos e pressão. Entretanto nota-se, que apesar da não diferença significativa, a patinagem sobre manejo com triturador de palhas quando comparado ao manejo com herbicida foi de 82%. O que se pode observar é que ocorreu efeito contrário da patinagem com rodado motriz e com rodado arrastado.

Na tabela 9 estão expressos os valores de velocidade real de deslocamento e porcentagem de eficiência de deslocamento.

TABELA 9. Síntese da análise de variância, para velocidade real de deslocamento (VRD) e eficiência da deslocamento (%ED).

| Fatores              | VRD<br>(km h <sup>-1</sup> ) | %ED<br>(%) |
|----------------------|------------------------------|------------|
| <b>Manejo (M)</b>    |                              |            |
| Herbicida            | 5,5b                         | 89,6a      |
| Rolo Faca            | 5,7 <sup>a</sup>             | 87,8b      |
| Triturador de Palhas | 5,7 <sup>a</sup>             | 87,3b      |
| <b>Pressão (P)</b>   |                              |            |
| 517,11 kPa           | 5,5b                         | 83,8b      |
| 448,16 kPa           | 5,9 <sup>a</sup>             | 89,9a      |
| 379,22 kPa           | 5,9 <sup>a</sup>             | 90,9a      |
| <b>Teste F</b>       |                              |            |
| M                    | 7,7193*                      | 7,6073*    |
| P                    | 76,4657*                     | 766298*    |
| MxP                  | 0,7606ns                     | 0,7758ns   |
| C.V.(%)              | 1,7320                       | 1,7283     |

Nota-se que no fator manejo com herbicida obteve-se a menor valor para velocidade real de deslocamento resultando em 3,5% de redução em relação a maior velocidade. O fator pressão também foi afetado estatisticamente alcançando os maiores valores para 448,16 e 379,22 kPa. Em ambos os fatores tenham ocorrido diferenças estatísticas significativas, não houve interação significativa entre os fatores. As velocidades encontradas estão semelhantes as encontradas por FURLANI (2005), que trabalhou no mesmo tipo de solo e com o mesmo número de linhas de semeadura.

A porcentagem de eficiência de deslocamento segue a mesma tendência da velocidade de deslocamento, sendo possível que a resistência ao rolamento tenha contribuído para variação destes resultados. Observa-se que a eficiência de deslocamento apresenta valores próximos à patinação do trator, salientando uma

tendência para a eficiência de deslocamento ser um pressuposto para análise da patinação da semeadora ou qualquer outro equipamento.

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<sup>-1</sup> 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 conseqüência, a roda compactadora não pressionará suficientemente o solo sobre a semente (NAGAOKA & NOMURA, 2003).

A capacidade operacional de campo e o tempo efetivo estão expressos na Tabela 10.

TABELA 10 Síntese da análise de variância, para capacidade de campo operacional (Cco) e tempo efetivo.

| Fatores              | Cco<br>(ha h <sup>-1</sup> ) | Tempo Efetivo<br>(h ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|------------------------------|--|
| <b>Manejo (M)</b>    |                              |  |
| Herbicida            | 1,36a                        | 0,477b                                 |
| Rolo Faca            | 1,34b                        | 0,486ab                                |
| Triturador de Palhas | 1,33b                        | 0,490a                                 |
| <b>Pressão (P)</b>   |                              |  |
| 517,11 kPa           | 1,28b                        | 0,51a                                  |
| 448,16 kPa           | 1,37a                        | 0,47b                                  |
| 379,22 kPa           | 1,38a                        | 0,47b                                  |
| <b>Teste F</b>       |                              |  |
| M                    | 6,8926*                      | 5,9670*                                |
| P                    | 73,5809*                     | 68,8681*                               |
| MxP                  | 0,7710ns                     | 1,2198ns                               |
| C.V.(%)              | 1,7797                       | 1,8937                                 |

Observa-se maior capacidade de campo operacional para o manejo com herbicida, em virtude da menor velocidade de deslocamento desenvolvida neste manejo. Estes resultados acompanham a tendência dos resultados encontrados anteriormente na Tabela 9, pois a velocidade de deslocamento interfere diretamente na capacidade de campo operacional ao contrário do tempo efetivo, que quanto maior seu tempo menor a capacidade de campo operacional. Tanto a capacidade de campo operacional como o tempo efetivo foram afetados significativamente pelos fatores embora não tenham ocorrido interações entre eles que possam explicar ou determinar qual dos itens analisados está ocasionando maior desconformidade nos resultados.

Na Tabela 11 são apresentados os dados de consumo médio de energia e de pico.

TABELA 11. Síntese da análise de variância, para consumo de energia médio (CEM) e consumo de energia de pico (CEP).

| Fatores              | CEM<br>(kWh) | CEP<br>(kWh) |
|----------------------|--------------|--------------|
| <b>Manejo (M)</b>    |              |              |
| Herbicida            | 14,5         | 16,2         |
| Rolo Faca            | 14,5         | 16,5         |
| Triturador de Palhas | 14,2         | 16,1         |
| <b>Pressão (P)</b>   |              |              |
| 517,11 kPa           | 14,76a       | 16,6         |
| 448,16 kPa           | 14,32b       | 16,1         |
| 379,22 kPa           | 14,07b       | 16,1         |
| <b>Teste F</b>       |              |              |
| M                    | 1,935ns      | 1,4255ns     |
| P                    | 9,9711*      | 1,7368ns     |
| MxP                  | 1,5323ns     | 2,1566ns     |
| C.V.(%)              | 2,6543       | 3,9279       |

O consumo de energia médio (Tabela 11) não apresentou diferenças estatísticas significativas para o fator manejo. O aumento da pressão dos pneus de 379,22 para 517,11 kPa, promoveu acréscimo de 4,9% no consumo médio de energia. A interação existente entre a potência e o tempo efetivo, demonstrando assim que embora não tenha interação significativa entre os fatores estudados o parâmetro pressão ocasiona variações ainda não mensuradas. Para o consumo de energia de pico não ocorreu diferenças significativas.

Na Tabela 12 encontram-se os resultados da análise de variância para o consumo horário e consumo operacional de combustível.

TABELA 12. Síntese da análise de variância, para consumo horário (Ch) e consumo operacional (Co).

| Fatores              | Ch<br>(L h <sup>-1</sup> ) | Co<br>(L ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Manejo (M)           |                            |                             |
| Herbicida            | 12,3                       | 9,1                         |
| Rolo Faca            | 12,4                       | 9,3                         |
| Triturador de Palhas | 12,3                       | 9,3                         |
| Pressão (P)          |                            |                             |
| 517,11 kPa           | 11,8b                      | 9,3                         |
| 448,16 kPa           | 12,6a                      | 9,2                         |
| 379,22 kPa           | 12,6a                      | 9,1                         |
| Teste F              |                            |                             |
| M                    | 0,1959ns                   | 1,6231ns                    |
| P                    | 25,9494*                   | 0,5483ns                    |
| MxP                  | 0,3759ns                   | 0,3330ns                    |
| C.V.(%)              | 2,5557                     | 3,8905                      |

Nota-se que o consumo horário de combustível não foi afetado pelos manejos. Porém a pressão de 517,11kPa promoveu o consumo horário

significativamente menor, se comparado com as menores pressões. Já o consumo horário é menor no tratamento com pressão de 517,11 kPa. O consumo operacional de combustível não foi afetado significativamente pelos fatores analisados.

Na Tabela 13 são apresentados os dados de consumo ponderal e específico de combustível.

TABELA 13. Síntese da análise de variância, para consumo ponderal (CP), consumo específico (Ce)

| Fatores              | Consumo Ponderal<br>(kg h <sup>-1</sup> ) | Consumo Específico<br>(g kW h <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|---|---|
| <b>Manejo (M)</b>    |   |   |
| Herbicida            | 10,4                                      | 341,0b  |
| Rolo Faca            | 10,4                                      | 350,2ab                                       |
| Triturador de Palhas | 10,3                                      | 356,9 <sup>a</sup>                            |
| <b>Pressão (P)</b>   |   |   |
| 517,11 kPa           | 9,9b                                      | 342,9   |
| 448,16 kPa           | 10,6a                                     | 351,7   |
| 379,22 kPa           | 10,6 a                                    | 353,4   |
| <b>Teste F</b>       |   | <b>3,3000</b>                                 |
| M                    | 0,1893ns                                  | 5,7235*                                       |
| P                    | 26,9112*                                  | 2,8927ns                                      |
| MxP                  | 0,3705ns                                  | 0,5001ns                                      |
| C.V.(%)              | 2,4773                                    | 3,30  |

O consumo ponderal (Tabela 13), não foi afetado estatisticamente pelo manejo, enquanto no consumo específico houve diferença de 15,9 g kWh<sup>-1</sup> ou seja 4,7% em relação aos manejos com herbicida e triturador de palhas. Para o fator pressão não houve diferenças significativas para o consumo específico, entretanto, o consumo ponderal apresentou menor valor na pressão de 517,11 kPa.

Na Tabela 14 são apresentados os espaçamentos normais, duplos e falhos na operação de semeadura do milho (Distribuição longitudinal de sementes).

TABELA 14. Síntese da análise de variância para porcentagem de espaçamento normal (PEN), porcentagem de espaçamento falho (PEF) e porcentagem de espaçamento duplo (PED).

| Fatores              | PEN (%)  | PEF (%)  | PED (%)  |
|----------------------|----------|----------|----------|
| <b>Manejo (M)</b>    |          |          |          |
| Herbicida            | 88,7     | 10,0     | 1,3      |
| Rolo Faca            | 88,2     | 8,0      | 4,0      |
| Triturador de Palhas | 87,3     | 10,8     | 2,0      |
| <b>Pressão(P)</b>    |          |          |          |
| 517,11 kPa           | 89,3     | 8,3      | 2,6      |
| 448,16 kPa           | 89,6     | 8,3      | 2,3      |
| 379,22 kPa           | 85,4     | 12,2     | 2,4      |
| <b>Teste F</b>       |          |          |          |
| M                    | 0,1111ns | 0,688ns  | 1,0064ns |
| P                    | 1,1754ns | 1,5694ns | 0,0058ns |
| MxP                  | 0,6722ns | 1,6975ns | 1,2821ns |
| C.V.(%)              | 8,3989   | 63,2730  | 196,0450 |

Pode-se observar na Tabela 14 a distribuição longitudinal não foi influenciada pelos manejos e pelas pressões de inflação dos pneus da semeadora-adubadora, não havendo diferenças estatísticas nas variáveis analisadas. Observa-se ainda que embora não ocorram interações estatísticas significativas, os valores de PEN encontrados nos tratamentos com manejo de palhada estão muito próximos uns dos outros, ao contrário nos tratamentos com as pressões em que há uma diferença de 4,5% em relação às pressões de 517,11 e 379,22 kPa, podendo ser uma tendência de maior patinação para a menor pressão, dessa forma, pressões abaixo do recomendado tenderiam ao aumento

da porcentagem de espaçamentos falhos. Segundo ANDERSON (2001), valores ótimos de coeficientes de variação na semeadura estão abaixo de 10%, para espaçamentos normais. Os elevados valores de coeficiente de variação para a porcentagem de espaçamentos falhos e duplos, aqui encontrados, indicam que estes fatos ocorrem em pontos distantes, sendo comuns no processo de semeadura, estando associado ao erro da máquina.

Na Tabela 15 são apresentados os valores do número médio de dias para emergência, estande final de plantas e massa seca final.

TABELA 15. Síntese da análise de variância para número médio de dias para emergência (NMDE), estande final e massa seca final.

| Fatores              | NMDE<br>(Dias) | Estande Final<br>(plantas ha <sup>-1</sup> ) | Massa Seca<br>Final<br>(kg há <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|----------------|--|---|
| <b>Manejo (M)</b>    |                |  |   |
| Herbicida            | 4,28b          | 70139  | 3233  |
| Rolo Faca            | 4,44a          | 68518  | 3383  |
| Triturador de Palhas | 4,37ab         | 71528  | 3058  |
| <b>Pressão (P)</b>   |                |  |   |
| 517,11 kPa           | 4,38           | 72917a                                       | 2808  |
| 448,16 kPa           | 4,35           | 69676ab                                      | 3667  |
| 379,22 kPa           | 4,35           | 67593b                                       | 3200  |
| <b>Teste F</b>       |                |  |   |
| M                    | 3,8829*        | 1,5137ns                                     | 0,3945ns                                      |
| P                    | 0,1139ns       | 4,8022*                                      | 2,7533ns                                      |
| MxP                  | 0,1152ns       | 1,4241ns                                     | 1,7080ns                                      |
| C.V.(%)              | 3,2852         | 6,0532                                       | 27,8171                                       |

De acordo com a Tabela 15 o número médio de dias para a emergência mostrou-se significativo para o fator manejo, encontrando-se o maior número de dias para emergência no manejo com rolo faca, não apresentado nenhuma interação para a pressão de inflação do pneu acionador e interação entre os

fatores analisados. Possivelmente, a diferença entre os valores é muito pequenas e não tem influência no desenvolvimento do milho.

O estande final de plantas também não foi influenciado pelos manejos, porém observa-se (tabela 15) que a pressão de 517,11 kPa apresentou diferença significativa sendo maior que a pressão de (379,22 kPa) que por sua vez não diferiu da pressão de 448,16 kPa. A massa seca final não apresentou diferença estatística para os fatores estudados e também para a interação.

Na Tabela 16 estão apresentados os valores de altura de inserção da espiga viável, umidade dos grãos e produtividade.

TABELA 16. Síntese da análise de variância para altura de inserção da espiga viável (AIEV), umidade do grão e produtividade de grãos.

| Fatores              | AIEV<br>(cm) | Umidade<br>(%) | Produtividade<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|--------------|----------------|---|
| <b>Manejo (M)</b>    |              |                |   |
| Herbicida            | 122,8        | 14,9           | 9865                                    |
| Rolo Faca            | 121,7        | 14,2           | 9611                                    |
| Triturador de Palhas | 121,4        | 13,9           | 10031                                   |
| <b>Pressão (P)</b>   |              |                |   |
| 517,11 kPa           | 120,8        | 14,4           | 10137                                   |
| 448,16 kPa           | 122,8        | 13,8           | 9993                                    |
| 379,22 kPa           | 122,3        | 14,9           | 9377                                    |
| <b>Teste F</b>       |              |                |   |
| M                    | 0,3260ns     | 2,7752ns       | 0,4528ns                                |
| P                    | 0,5795ns     | 3,1138ns       | 1,6478ns                                |
| MxP                  | 0,9577ns     | 1,6967ns       | 0,1091ns                                |
| C.V.(%)              | 3,7610       | 7,3449         | 11,0673                                 |

Observa-se que a altura de inserção da espiga não apresentou diferença estatística significativa, demonstrando assim a uniformidade da cultura, visto que o material DKB 390 superou qualquer diferença. A umidade dos grãos no momento

da colheita também não apresentou diferenças significativas e estavam próximas do ponto ideal para colheita, o que contribuirá desta forma para uma colheita mecanizada adequada.

De acordo com a Tabela 16 a produtividade, embora não tenha ocorrido diferenças significativas, observa-se no fator pressão, que a pressão de 517,11 kPa proporcionou um aumento de produtividade na ordem de 8,09 % em relação a pressão de 379,22 kPa o que corresponde ao equivalente de 820 kg.ha<sup>-1</sup> de milho, sendo que estes valores vem sendo observados desde o estande inicial, embora sem diferenças estatísticas significativas, ou seja a pressão de 517,11 kPa possui maior população de plantas seguidas das pressões de 448,16 kPa e 379,22 kPa.

Na Tabela 17 são apresentados os valores de fluxo de MOG, fluxo de grãos e perdas de grãos, durante a operação de colheita mecanizada do milho.

TABELA 17. Síntese da análise de variância para fluxo de MOG, fluxo de grãos e perdas de grãos na colheita.

| Fatores              | Fluxo de MOG<br>(m s <sup>-1</sup> ) | Fluxo de grãos<br>(m s <sup>-1</sup> ) | Perda de Grãos<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|--------------------------------------|--|--|
| <b>Manejo (M)</b>    |                                      |  |  |
| Herbicida            | 0,30                                 | 4,5                                    | 8,4a                                     |
| Rolo Faca            | 0,29                                 | 4,3                                    | 7,8b                                     |
| Triturador de Palhas | 0,30                                 | 4,5                                    | 8,9a                                     |
| <b>Pressão (P)</b>   |                                      |  |  |
| 517,11 kPa           | 0,30                                 | 4,6                                    | 8,6                                      |
| 448,16 kPa           | 0,29                                 | 4,5                                    | 8,5                                      |
| 379,22 kPa           | 0,30                                 | 4,3                                    | 8,1                                      |
| <b>Teste F</b>       |                                      |  |  |
| M                    | 0,1753ns                             | 0,4379ns                               | 12,4841*                                 |
| P                    | 0,7437ns                             | 1,3226ns                               | 3,1940ns                                 |
| MxP                  | 0,5253ns                             | 0,1821ns                               | 11,9225*                                 |
| C.V.(%)              | 11,1037                              | 11,1086                                | 6,9927                                   |

Observa-se que os fluxos de MOG e grãos, não apresentaram diferença estatística para os fatores estudados, no entanto a perda de grãos apresentou diferença para os manejos, sendo que no manejo com rolo-faca a perda foi menor. Observando-se a interação (Tabela 18) o manejo com herbicida e 517,11 kPa, manejo com rolo-faca e 448,16 kPa e manejo com rolo-faca e 379,22 kPa, apresentaram as menores perdas.

TABELA 18. Desdobramento da perda de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) para o fator manejo.

| Manejo              | Pressão    |            |            |
|---------------------|------------|------------|------------|
|                     | 517,11 kPa | 448,16 kPa | 379,22 kPa |
| Herbicida           | 7,7Bb      | 9,Aa       | 8,15Bb     |
| Rolo Faca           | 8,Aa       | 7,7ABb     | 6,81Bc     |
| Triturador de Palha | 9,5Aa      | 8,2Bb      | 9,22Aa     |

As médias seguidas da mesma letras maiúsculas nas linhas e mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey de 5% de probabilidade.

Segundo FREDDI et al. (2007), o aumento da resistência mecânica do solo à penetração acima de 1,65 MPa restringe o crescimento da parte aérea e a produtividade das plantas de milho em Latossolo Vermelho.

Observa-se que não há diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos de manejo utilizados em nenhuma das profundidades analisadas, verificando-se aumento da mesma até aproximadamente a profundidade entre 16 a 20 cm, sendo que a partir deste ponto a resistência permanece praticamente estável. Resultados semelhantes foram encontrados por NAGAOKA et al. (2003), onde a menor resistência do solo à penetração ocorreu na profundidade de 0 a 10 cm e os maiores valores de resistência à penetração foram encontrados nos sistemas de plantio direto com e sem herbicida na profundidade de 10 a 20 cm.

Para FURLANI et al. (2003), estudando a resistência mecânica do solo a penetração, em função de diferentes sistemas de manejo da cobertura do solo, evidenciaram que o manejo da cobertura de inverno com triturador de palhas, o solo apresentou maior resistência a penetração em relação ao herbicida.

Na Figura 8 pode-se observar com maior clareza o comportamento da resistência mecânica do solo a penetração para o fator manejo.

Na Figura 8 é apresentada o gráfico da resistência mecânica do solo à penetração em função dos manejos estudados.

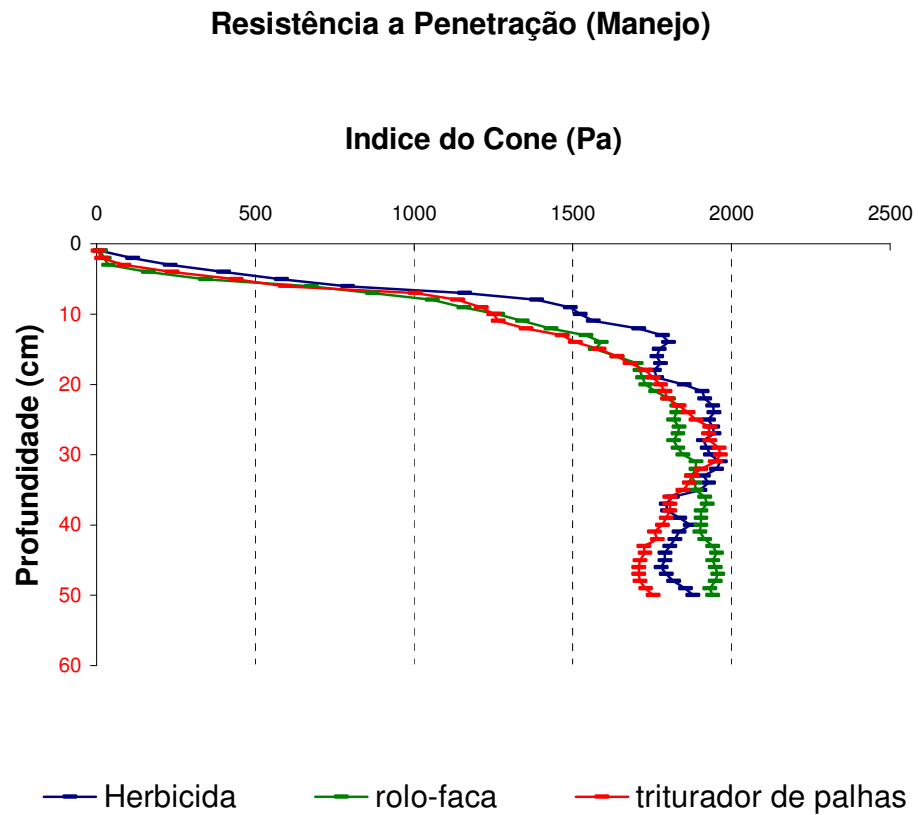


FIGURA 8. Resistência do solo a penetração nos diferentes sistemas de manejo do solo.

Na Figura 9 é apresentado o gráfico da resistência mecânica do solo à penetração em função da pressão de inflação dos rodados da semeadora-adubadora.

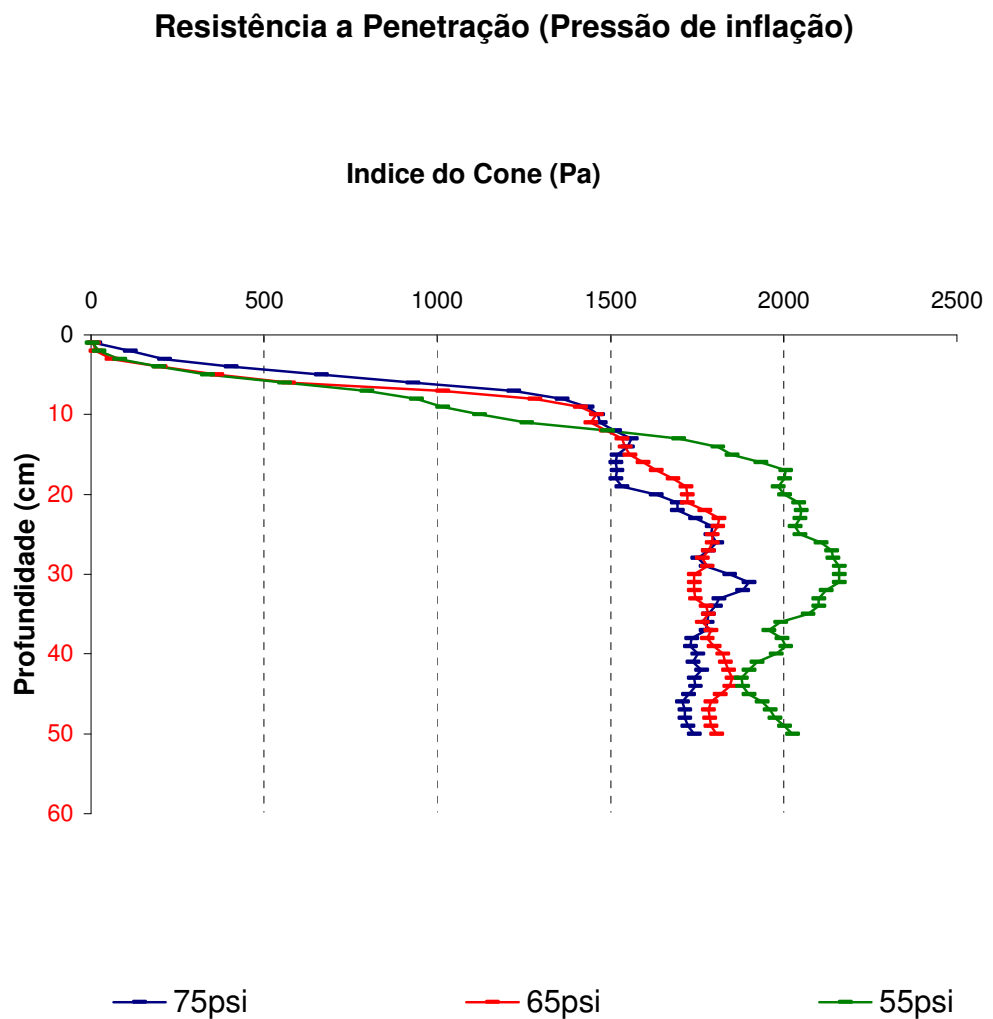


FIGURA 9. Resistência do solo a penetração nos diferentes pressões do pneu de acionamento da semeadora.

A Figura 9 é semelhante a Figura 8, pois a pressão de inflação tem pouca influência na resistência mecânica do solo à penetração em profundidades maiores.

## **7. CONCLUSÕES**

As variáveis de caracterização da área experimental não foram influenciados de forma significativa em nenhum dos fatores analisados, confirmando a uniformidade da área.

Para as variáveis de caracterização da cultura o estande inicial é diferente entre os manejos, uniformizando-se até o final do cultivo, já que o estande finalé semelhante.

A pressão de inflação promove comportamento contrário, com estande inicial semelhante e estande final maior quando se trabalha com 517,11 kPa de pressão

O fator manejo das culturas de cobertura afetou isoladamente a patinação do trator e o consumo específico.

A pressão de inflação do pneu acionador da semeadora-adubadora afetou isoladamente a força de tração, potência de pico, consumo de energia médio, consumo horário e consumo ponderal.

Os fatores manejo e pressão afetaram a potência, velocidade real de deslocamento, eficiência de deslocamento, capacidade de campo operacional e o tempo efetivo.

Não foram afetados pelo manejo e pressão os fatores força de tração de pico, patinação da semeadora, consumo de energia de pico e consumo operacional.

Em virtude destes aspectos analisados, a pressão de inflação do pneu da semeadora afetou o desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora, mas não interferiu significativamente a ponto de prejudicar a operação de semeadura e o desenvolvimento da cultura do milho.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*. 5.ed. São Paulo: Nobel, p.162, 1988.

ALMEIDA, M. L. DE; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 179-183, 1996.

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

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27. 1999, Brasília. *Anais...*, Brasília: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 1999. T025 CD\_ROM.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural tractor test code. In: *ASAE standards 1989*. standards engineering practices data. St. Joseph, 1989. p.44-8. (ASAE S209.5)

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. IN: *ASAE standards 1992: standards engineering practices data*. San Joseph, 1992. p. 105 (ASAE EP 291.2)

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural Machinery Management Data. In: *ASAE standards 1996: standards engineering practices data*. San Joseph, 1996. p. 332-39. (ASAE D-497.2).

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data. In: *ASAE standards 1999: Standards engineering practices data*. St. Joseph, 1999. p.359-66. (ASAE D497.4 JAN98).

ARAÚJO, A.G. Máquinas para descompactação de solos. *Circular Técnica Instituto Agrônomo do Paraná*, n.108, p.168-77, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Semeadora de precisão:ensaio de laboratório/método de ensaio, projeto de norma 12:02.06-004*. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 21p.

BALASTREIRE, L. A. *Máquinas Agrícolas*. São Paulo: L. A. Balastreire, p. 307. 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária (Brasília, DF). Perdas na agropecuária brasileira; relatório preliminar da Comissão Técnica para Redução das Perdas na Agropecuária. [Brasília], 1993. 1v.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. da; GROTTA, D. C. C.; BORSATTO, E. A. 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. 2004.

BORSATTO, E. A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; MELLO, A. J. R.; CORTEZ, J. W.; REIS, G. N. Perdas quantitativas na colheita do milho (*Zea mays* L.) em diferentes manejos e coberturas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006, CD.

BUTIERRES, E.; CARO, S. M. Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., Brasília, 1981. *Anais*. Brasília: SBEA, v.3, p. 1161-1168, 1983.

BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soils. *Journal of soil and water conservation*, Ankeny, v.54, n.1, p.382-9, 1999.

CAÑAVATE, J. O.; HERNANZ, J. L. *Tecnica de la mecanizacion agraria* 3. ed. Madrid: Mundi Prensa, p.643, 1989.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G. DE; RALISCH, R. Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 35, n. 3 p. 523-532. março 2000.

CHAPLIN, J.; JENANE, C.; LUEDERS, M. Drawbar energy use for tillage operations on Loamy sand. *Transactions of the Asae*, St Joseph, v.31, p.1692-4, 1988.

COLLINS, B. A.; FOWLER, D. B. Effects of soil characteristics, seeding depth, operating speed, and opener design on draft force during direct seeding. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.39, p.199-211, 1996.

CONAB – Acompanhamento da safra brasileira: grãos: oitavo levantamento, maio 2008 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2008. Disponível em [http://www.conabweb/download/safra/estudo\\_safra.pdf](http://www.conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf). Acesso em 12/05/2008. Conab 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação de safra Agrícola 2006/2007: oitavo levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 23/04/2007. Conab 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/politica-agricola/safra/avalia.html>. Acesso em: julho 2006. Conab 2006.

CORDEIRO, M .A L.; BENEZ ,S. H.; SOUZA, A. P. Consumo de combustível em tratores agrícolas trabalhando com semeadoras adubadoras e com pulverizadores. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 17., 1988, Iperó. *Anais...* Sorocaba: Sociedade Brasileira Engenharia Agrícola, 1988. p.339-49.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um latossolo Vermelho-Amarelo em Querência – MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.2, p.203-9, fev. 2002.

CUNHA, J. P. A.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores. *Engenharia na Agricultura*, v. 10, n. 1 – 4, Jan/Dez, 2002.

DANIEL, L.A.; LUCARELLI, J.R.; CARVALHO, J.F. Efeito do método de preparo do solo na formação e localização de camadas compactadas. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. *Anais...Viçosa*: SBEA/UFV, 1995. p.370.

DELAFOSSÉ, R.M. *Máquinas semeadoras de grano grueso*. Santiago: FAO, 1986. 48p.

DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N., KOPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: *Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn: GTZ, 1991. 272p.

DIAS JÚNIOR., M. S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 20, p. 175-182, 1996.

EDMOND, J.B., DRAPALA, W.L. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* , v.71, p.428-34, 1958.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Parte I. Análises físicas, 1979.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2.ed. ver.atual. Rio de Janeiro, 212p, 1997

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 412p, 1999

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

FERREIRA, P. A. Tecnologias aplicadas ao planejamento de projetos hidroagrícolas. In: Silva, D.D.; PRUSKI, F.F. (Rds.) Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA, SRH; ABEAS. Viçosa: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, p. 191-207, 1997

FURLANI, C. E. A.. *Sistemas de manejo e rotação de culturas de cobertura em plantio direto de soja e milho*. Tese (Livre-docência em Máquinas Agrícolas), Jaboticabal, SP, Universidade Estadual Paulista, Unesp, p.99, 2005.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.458-464, 2005a.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. *Ciência Rural* [online]. 2005b, vol. 35, no. 4 [citado 2007-09-10], pp. 920-923. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782005000400027&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000400027&lng=pt&nrm=iso)>. ISSN 0103-8478.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA, R. P. da. 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, 2004.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; LOPES, A. Resistência do solo à penetração em preparo convencional e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.23, n..3, p. 579-587, 2003.

FURLANI, C. E. A. *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, 2000.

FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F; BEUTLER, A. N.. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo no crescimento e na produtividade da cultura do milho.

*Bragantia* [online]. 2007, vol. 66, no. 3 [citado 2007-11-21], pp. 477-486. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052007000300015&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000300015&lng=pt&nrm=iso)>. ISSN 0006-8705.

GIRO, G. *Influencia do manejo de culturas de cobertura nas perdas quantitativas da colheita mecanizada de soja (Glicine Max (L.) Merrill)* Trabalho de graduação. Unesp Jaboticabal- SP. 2005.

HUNT, D. Machine performance. In: *Farm Power and Machinery Management*. Ames, Iowa. Iowa State University Press. Chapter 1, p.5, 1974.

JASA, P. J.; SIEMENS, J. C.; PFOST, D. L. No-Till drills. IN: *Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till*. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p.102-8.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamentos de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal. *Bragantia*, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

KURACHI, S. A. H.; SILVEIRA, G. M. da; COSTA, J. A. de S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D. *Avaliação tecnológica: resultados de ensaios de mecanismos*

*dosadores de sementes de semeadoras-adubadoras de precisão*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. 47p. (Boletim Científico, 28).

LANÇAS, K. P.. Diagnóstico e controle localizado da compactação do solo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO AGRONEGOCIO DO ALGODÃO/SEMINÁRIO ESTADUAL DA CULTURA DO ALGODÃO, 5.2000. Cuiabá, *Anais...* Cuiabá: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2000. p. 25-32.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A.. Measuring crop residue cover. *Soil an Water Conserv.*, v.36, n.6, p. 341-3, 1981.

LEVIEN, R.; MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. Desempenho de uma semeadora adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais...*Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. CD ROM.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; MELLO, J. G. S. Protótipo de sistema instrumental para medição de consumo de combustível em tratores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS SOCIEDADES BRASILEIRAS DE INFORMATICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E A AGROINDUSTRIA, 4, 2003. Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 2003.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.150-157, 2004.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.12, p.1579-1586, dez. 1992.

MANTOVANI, E. C. Seleção de equipamentos agrícolas. *In: Curso Planejamento da mecanização para pequenos e médios estabelecimentos*. Santa Catarina: EMATER, p.26-27, 1987

MARQUES, J. P.; PONTES, J. R. V.; BENEZ, S. H. 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, 1999, CD-ROM.

MESQUITA, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A. *Medidor de perdas na colheita de soja e trigo*. Londrina. EMBRAPA/CNPSo. 1997. 28p. (Comunicado Técnico,15).

MELLO, A. J. R.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; BORSATTO, E. A. Desempenho do milho (*zea mays* l.) e perdas na colheita mecanizada em função do manejo da cultura de cobertura e população de plantas. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa - PB. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006, CD.

MIALHE, L.G. Ensaio e certificação de tratores. In: MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: Ensaio & certificação. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p.385-462.

MOLIN, J.P.; MAGALHÃES, R.P.; FAULIN, G.D.C. Análise espacial da ocorrência do índice de cone em área sob semeadura direta e sua relação com fatores do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.442-452, maio/ago. 2006

MORAES, M. H., BENEZ, S. H.. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada e na produção de milho para um ano de cultivo. *Eng. Agric.*, v.16, n.2, p.31-41, 1996.

MUZILLI, O. O plantio direto na Brasil. In: FANCELLI, A.L., TORRADO, P.V., MACHADO, J. (Coord). *Atualização em plantio direto*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.3-16.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C.; JASPER, S. P.; SILVEIRA, R. A.; NETO, A. T. Avaliação da resistência à penetração em diferentes profundidades, em três tipos de manejo do solo na cultura do sorgo. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2003. Goiânia – Go.

NETO, R. P.; BORTOLOTTI V. C.; BORTOLOTTI M. C.. Demanda energética de uma semeadora-adubadora pneumática submetida a três velocidades e diferentes coberturas do solo. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2004, São Pedro - SP. CD.

NESMITH, D. S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Utissol. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.51, p.183-186, 1987.

OLIVEIRA, M. L. de ; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M. DE; DIAS, G. P. 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, jul. 2000.

PIMENTEL GOMES, F. *Estatística experimental*. 8.ed. São Paulo, Nobel, 1978. p.295-322.

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

PORTELLA, J. A. Influência do ponto de colheita nas perdas de grãos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. CD.

RALISCH, R., TAVARES FILHO, J., ALMEIDA, M.V.P. Avaliação em um solo argiloso sob plantio direto de uma escarificação na evolução da resistência do solo à penetração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (CD-ROM).

REIS, E. F.; VIEIRA, L. B.; SOUZA, C. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H.C. 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, 2002.

SANGOI, L.; SALVADOR, R. J. Influence of plant height and leaf number on maize production at high plant densities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.3, p.297-306, 1998.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2000.

SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; NASCIMENTO, A.; CÂMARA, F. T. 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, 2006.

SILVA, R. P. da; CORÁ, J. E.; FILHO, A. C.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Efeito de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais em profundidades de semeadura sobre o desenvolvimento do milho. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.2, p.396-404, 2004a.

SILVA, R. P.; CAMPOS, M. A. O.; MESQUITA, H. C. B.; ZABANI, S. Perdas na colheita mecanizada de milho no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. *Fazu em Revista*. Uberaba, v.1, n.1, p.3-10, 2004b.

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

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. 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, 2006.

SILVEIRA, G. M. da. *As máquinas para plantar*. Rio de Janeiro: Globo, 1989.257 p. (Coleção do Agricultor - Mecanização).

SGARBI, V. P. *Perdas na colheita de milho (Zea mays L.) em função da rotação do cilindro trilhador e umidades dos grãos*. 2006. 33p. Trabalho de Graduação (Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2006.

SMITH, H. P. Economics and management of farm equipment. In: *Farm Machinery and Equipment*. New York: McGraw-Hill Book Co. Chapter 26, p.473, 1965.

TAYLOR, H. M.; ROBERTSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. *Soil Science*, New York, v.102, p.18-22, 1966.

TORINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIS AGRÍCOLA, 13., Rio de Janeiro, 1983 *Anais*. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983. v.2, p. 103-116.

VALLERIO, F. A. *Perdas na colheita do milho (Zea mays L.) em função do manejo de culturas de cobertura e população de plantas*. 2005. 42p. Trabalho de Graduação (Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2005.

VIERA, L.B.; SIERRA, J.G. Uso do penetrômetro e programa de computador para traçado de perfil penetrométrico do solo. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. *Anais...Ilhéus:SBEA*, 1993. p.1825-1837.

VEPRASKAS, M.J., MINER, G.S. Effects of subsoiling and mechanical impedance on tobacco root-growth. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.50, p.423-427, 1986.