

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DE ENSAIO PARA AVALIAÇÃO DE
MECANISMOS DOSADORES DE SEMENTES

LUCIANO APARECIDO KEMPSKI

CASCADEL – Paraná - Brasil

Mai - 2006

LUCIANO APARECIDO KEMPSKI

**CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DE ENSAIO PARA AVALIAÇÃO DE
MECANISMOS DOSADORES DE SEMENTES.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Suedêmio de Lima
Silva

CASCADEL – Paraná - Brasil

Maio - 2006

Luciano Aparecido Kempski

“Construção de uma bancada de ensaio para avaliação de mecanismos dosadores de sementes”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação “stricto sensu” em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Suedêmio de Lima Silva
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos
UTFPR – Medianeira - PR

Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Joaquim Odilon Pereira
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Cascavel, 19 de junho de 2006.

Ofereço este trabalho, primeiramente:

A Deus, pela sabedoria, saúde e amor
e por tudo de bom que aconteceu e está acontecendo em minha vida.

A meus pais João e Mercedes de Melo,
A minha filha Aline: estrutura, compreensão,
amor e graça da minha vida.

E aos meus irmãos Wanderley e Marlene (*in memorium*).

Ao Prof. Dr. Suedêmio de Lima Silva, pelo apoio e exemplo,
por suas orientações pertinentes, um exemplo de amizade,
compromisso, ética dedicação e competência.

A meu amigo e companheiro, Ivair Marchetti
que nos momentos difíceis e nos alegres também sempre me apoiou.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola e a Universidade Tecnológica Federal - UTFPR, pela oportunidade para realizar o Curso.

Ao Professor Dr. Suedêmio de Lima Silva, pelo apoio e minha aceitação no mestrado, como meu orientador.

Aos professores: Dr. Antonio Gabriel Filho, Dr. Reinaldo Prandini Ricieri, Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza, Dr. Miguel Angel Uribe Opazo, Dr. Joaquim Odilon Pereira, pelas aulas ministradas, orientações e contribuições.

Aos amigos de mestrado Almiro, Ivair, Andréia, Dirceu, Liane, Euro, Flavio, Marcos Fernandes (*in memorium*) e João Cléber, pelo companheirismo.

Aos funcionários e técnico-administrativos da Unioeste que cooperaram na obtenção e alcance dos meus objetivos.

Aos professores da UTFPR, *campus* Medianeira, antigo CEFET/PR: Edward Kavanagh, Estor Gnoatto, Marlos Wander Grigoletto, Milton Soares, Marco Aurélio dos Santos, Paulo Job Brenneisen, Almiro Weiss, Antonio Luís Baú, Carlos Mucelin e Jorge Kawahara; e aos laboratoristas do Curso de Eletromecânica: Osvaldo Soares da Silva e Ivair Marchetti, pelo apoio e incentivo para a conclusão deste trabalho.

Aos professores Dr. José Airton de Azevedo e Dr. Edward Kavanagh, pelo incentivo, sugestões e leituras quando da fase de redação da dissertação.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR – *campus* Medianeira, que oportunizou a integração com a UNIOESTE para a realização deste curso de Mestrado.

À empresa JACTO S. A. pelo apoio, doando uma válvula reguladora de fluxo, a qual permitiu com sua importância no sistema, a realização dos ensaios com precisão.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e divulgação deste trabalho.

SUMÁRIO

<u>LISTA DE FIGURAS.....</u>	<u>vi</u>
<u>LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS.....</u>	<u>ix</u>
<u>2 INTRODUÇÃO.....</u>	<u>1</u>
<u>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</u>	<u>3</u>
<u>3.1 SISTEMAS DE SEMEADURA.....</u>	<u>3</u>
<u>3.1.1 O Sistema Plantio Direto</u>	<u>3</u>
<u>3.2 DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE PLANTAS.....</u>	<u>5</u>
<u>3.3 DESENVOLVIMENTO DAS SEMEADORAS.....</u>	<u>6</u>
<u>3.3.1 Máquinas para Semeadura.....</u>	<u>7</u>
<u>3.4 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SEMEADORAS.....</u>	<u>9</u>
<u>3.5 MECANISMOS DOSADORES.....</u>	<u>13</u>
<u>3.6 VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO.....</u>	<u>18</u>
<u>3.7 ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....</u>	<u>19</u>
<u>3.7.1 Ensaios Obrigatórios e Facultativos.....</u>	<u>20</u>
<u>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</u>	<u>23</u>
<u>4.1 LOCAL DE MONTAGEM E ENSAIO DA BANCADA.....</u>	<u>23</u>
<u>4.2 MONTAGEM DA BANCADA DE ENSAIOS.....</u>	<u>23</u>
<u>4.2.1 Estrutura Metálica.....</u>	<u>23</u>
<u>4.2.2 Bancada de Ensaio.....</u>	<u>24</u>
<u>4.2.3 Rodas Dentadas.....</u>	<u>26</u>
<u>4.2.4 Motor Hidráulico, Válvula Reguladora e Conexões.....</u>	<u>28</u>
<u>4.3 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....</u>	<u>30</u>
<u>4.4 MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS.....</u>	<u>32</u>
<u>4.5 ENSAIO DA BANCADA</u>	<u>33</u>
<u>4.6 DETERMINAÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR DO TRATOR.....</u>	<u>35</u>
<u>4.7 DETERMINAÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO A VAZIO....</u>	<u>35</u>
<u>4.8 DETERMINAÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO COM CARGA</u> <u>.....</u>	<u>36</u>
<u>4.9 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO.....</u>	<u>37</u>

<u>4.10 ENSAIO DE CAMPO</u>	<u>38</u>
<u>4.11 ESTRUTURA ALTERNATIVA.....</u>	<u>39</u>
<u>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	<u>41</u>
<u>5.1 A BANCADA DE ENSAIO.....</u>	<u>41</u>
<u>5.2 ENSAIO DE ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO EM LABORATÓRIO.....</u>	<u>42</u>
<u>5.3 ENSAIO DE CAMPO.....</u>	<u>44</u>
<u>5.4 VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO ROLO.....</u>	<u>44</u>
<u>6 CONCLUSÕES.....</u>	<u>47</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>48</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura metálica montada para a bancada de ensaio.....	24@~
Figura 2 - Rolo motriz com o mancal de rolamento.....	25@~
Figura 3 - Conjunto de rolos motriz e movido com as rodas dentadas e correntes.....	26@~
Figura 4 - Jogo de engrenagens de aço carbono com diferentes espaçamentos entre elos (asa 40 e 60).....	26@~
Figura 5 - Vista superior da bancada de ensaio com: motor hidráulico (1), engrenagens (2 e 3), rolos (4), mancais de rolamento (5) e estrutura metálica (6).....	27@~
Figura 6 - Vista em perspectiva da bancada, após a montagem dos conjuntos cilindros/motor hidráulico.....	28@~
Figura 7 - Motor hidráulico, vista superior e em perspectiva.....	28@~
Figura 8 - Válvula de regulação de vazão de óleo hidráulico.....	29@~
Figura 9 - Esquema de ligação e funcionamento do circuito hidráulico.....	30@~
Figura 10 - Motor hidráulico com as conexões e mangueiras.....	30@~
Figura 11 - Sistema de aquisição de dados “Micrologger CR23X”.....	31@~
Figura 12 - Conjunto trator- semeadora utilizado para o ensaio de campo.	32@~
Figura 13 - Esquema da bancada montada sobre o rodado da semeadora-adubadora para a coleta dos dados.....	34@~
Figura 14 - Sensor indutivo montado na estrutura de fixação do motor hidráulico para o ensaio de rotação do motor hidráulico a vazio (sem carga).	36@~
Figura 15 - Sensor ótico no eixo do rolo motriz da bancada e sensor indutivo no rodado da semeadora.....	36@~
Figura 16 - Ensaio de campo da bancada utilizando a semeadora-adubadora.	38@~
Figura 17 - Simulação das velocidades de deslocamento do conjunto trator/semeadora pela bancada estacionária.....	39@~
Figura 18 - Estrutura alternativa para ensaio de campo.....	40@~

Figura 19 - Bancada de ensaios para regulagens de velocidade de deslocamento em sua configuração final e a disposição dos componentes.....	42@~
Figura 20 - Valores médios das rotações do motor do trator e rotações do motor hidráulico, em função da abertura da válvula reguladora (A1 a A7).....	44@~
Figura 21 - Gráfico dos valores médios das rotações do motor hidráulico e os valores médios da velocidade de deslocamento, em função da abertura da válvula reguladora, e valores médios da rotação do motor do trator para o escalonamento das velocidades.....	46@~
Figura 22 - Gráfico dos valores médios das rotações do motor hidráulico e da velocidade de deslocamento, em função da abertura da válvula reguladora.....	46@~

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores médios de rotação do motor sem carga, em função da abertura da válvula e da rotação do motor do trator.....42@~
- Tabela 2 - Valores médios de rotação do rolo motriz em rpm, velocidade de deslocamento obtida em (km.h-1) em função da abertura da válvula (A1 a A6) e da rotação do motor do trator em rpm.....45@~

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SPD	Sistema Plantio Direto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EMBRAPA	Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa
	Agropecuária
IAPAR	Instituto Ambiental do Paraná
Tnp	Total número de pulsos
Hz.	Frequência
Vd	Velocidade de deslocamento (km.h ⁻¹)
Nfd	Número de furos do disco do <i>encoder</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
te	Tempo de ensaio (s)
Cr	Comprimento do rodado (m)
DP	Desvio padrão
TRW do Brasil S.A.	Fabricante de equipamentos hidráulico
SKF 6205 -2RSH	Rolamentos com blindagem dupla
(CV)	Coefficiente de variação
NEEA	Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola
L.min-	Litros por minuto
TDA	Tração dianteira auxiliar
rpm	Rotações por minuto
CV	Cavalo vapor, unidade de potência.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a construção de uma bancada para simulação de velocidades de deslocamento de semeadoras. O simulador de velocidades foi projetado e montado no laboratório de processos mecânicos da UTFPR - *campus* Medianeira. Os ensaios de avaliação do sistema foram realizados no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola - NEEA, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* Cascavel. A bancada de ensaio ou “simulador de velocidades” é formada por dois rolos: um acionado por meio de um motor hidráulico marca TRW e o outro utilizado como apoio para o rodado da semeadora. O motor hidráulico foi conectado ao comando hidráulico do trator por meio de engates rápidos, o que facilita o acoplamento e retirada das mangueiras, no momento da realização do ensaio estacionário de velocidades de deslocamento. Os ensaios foram realizados para a determinação da rotação máxima do motor hidráulico sem carga e com a semeadora sobre os rolos a fim de obter faixas de velocidade de deslocamento de forma precisa e rápida. Os resultados obtidos sobre a relação da abertura e fechamento da válvula reguladora (A1 a A7), em função da rotação do motor hidráulico e da velocidade de deslocamento, são apresentados em forma de figuras, tabelas e gráficos. As tabelas apresentam os valores médios e a comparação entre as médias está representada nos gráficos 21 e 22. Com o motor hidráulico sem carga podem-se alcançar velocidades desde 20 rpm até 375 rpm, conforme os resultados obtidos que se relacionam com as velocidades de deslocamento. A bancada de ensaio apresentou-se funcional e de estrutura compacta, com a faixa de escalonamento de velocidades verificada pelos pares de engrenagem. Sua versatilidade é evidenciada pelo uso do circuito hidráulico do trator como fonte de energia para acionamento do simulador de velocidades. Observou-se que a válvula reguladora de vazão foi eficiente na regulagem da velocidade do motor hidráulico quando ensaiado com carga, ou seja, com a semeadora sobre os cilindros. Os resultados obtidos permitem apresentar as seguintes conclusões: a bancada mostrou-se um recurso bastante adequado, considerando-se a facilidade, rapidez e a capacidade de conseguir várias regulagens, permitindo a simulação de velocidades de deslocamento de 3,23 a 13,89 km.h⁻¹; adapta-se perfeitamente à semeadora com rodado pneumático, o peso e tamanho permitem o transporte sem dificuldades; fornece condições de avaliação de mecanismos distribuidores de sementes e fertilizantes; e avaliar a distribuição longitudinal de sementes, de acordo com os critérios de avaliação de desempenho em espaçamentos: normal, duplos e falhos.

Palavras-chave: simulador de velocidade, velocidade de deslocamento, estande.

ABSTRACT

The current work aimed the construction of a benches group for simulating displacement speeds of sowers. The speeds simulator was performed and was carried out in the mechanical trials laboratory located at UTFPR - *campus* Medianeira, and the assays of system's evaluation were performed at the Agricultural Engineering Experimental Nucleous - AEEN, which belongs to West of the Paraná State University- *campus* Cascavel. The benches group of assay or "speeds simulator" is composed by two rolls: one of this set through a hydraulic engine brand TRW, and other one used as support for the wheels system of the sower. The hydraulical engine was connected to the hydraulical command of the tractor through fast connection, which become the coupling and withdraws of hoses easier when stationary assay of displacement speeds is performed. The assays were performed aiming the determination of the maximum rotation for the hydraulical engine without load and also with the sower on the rolls, in order to get ranges of displacement speeds in a fast and accurated form. The results obtained of the regulating valve's opening and closing (A1 the A7) forms, in function of the hydraulic engine's rotation and the displacement speed, are presented in figures, tables and relation's graphs. The tables present the average values and the hydraulical engine without load is presented by the comparision between the averages. For the hydraulical engine without load can be reach speeds ranged from 20 to 375 rpm in accordance to the results obtained, which is linked to the enough displacement speeds. The benches group essay was showed as functional and also presented compact structure, with the flowing rangel of speeds verified through the pairs of gear. Its versatility is evidenced by the use of the hydraulic circuit of the tractor as energy source for the speeds simulator. It was observed that the regulating valve of outflow was efficient for the regulation of the hydraulical engine's speed when it was assayed with load; it means that, with the sower on the cylinders. The results obtained allow to present the following conclusions: it is a too much suitable resource, considering the easiness, quickness and the capacity for obtaining several regulations, allowing the simulation of displacement speeds from 3,23 to 13,89 km.h⁻¹; it fits perfectly in sowers with pneumatic wheels; the weight and size allow the transport without difficulties, provide conditions to evaluate the distribution mechanisms of the seeds or fertilizer, and avaluation the longitudinal distribution of seeds, in accordance to the evaluation criteria of performing in spacements: normal, double and defective.

Keywords: simulator, displacement speed, stand.

2 INTRODUÇÃO

No Brasil, um país de dimensões continentais e grandes diferenças regionais, existem marcantes variações em demandas por pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área de Mecanização Agrícola, especialmente neste momento, em que todo o setor produtivo passa pelo grande desafio da busca de produtividade com aumento de qualidade e preservação do meio ambiente.

A mecanização dos processos agrícolas, ocorrida nos últimos anos, foi o fator que mais contribuiu para o aumento da produção de grãos. Um dos fatores que pode contribuir para a otimização do processo de semeadura mecanizada é a seleção correta do equipamento.

A disponibilidade de instrumentação eletrônica, a um custo razoável, montada no trator e nos implementos, possibilita a aquisição automática dos dados, propiciando, com isso, maior facilidade na realização dos ensaios, com melhorias na obtenção de dados, tornados mais precisos, medidos em campo e com um conseqüente aumento na quantidade de testes de campo.

A utilização de instrumentação eletrônica para ensaios de desempenho de equipamentos no campo requer calibração constante, em laboratório, de todos os sensores utilizados na cadeia de medições, para garantir a precisão e a acurácia da medida. Por isso, o objetivo das pesquisas e ensaios de máquinas e implementos é obter informações e dados concretos de seu desempenho operacional, a fim de alcançar o melhor rendimento e o uso racional dessas máquinas nas operações agrícolas.

A regulagem de uma semeadora-adubadora é realizada, normalmente, em condição estacionária, com a roda motriz acionada manualmente, gerando uma velocidade de deslocamento irregular e não controlada. Portanto, é necessário realizar os ensaios para a regulagem da máquina em condições similares às da operação no campo, em faixas de velocidades de

deslocamento variadas e controladas, com resultados confiáveis e com coleta de dados de maneira rápida e prática.

Considerando essa realidade, foi estabelecido como objetivo para esta pesquisa desenvolver e construir um sistema versátil o suficiente para ser utilizado nas diferentes configurações de semeadora-adubadora que existem no setor agrícola, para avaliação dos dispositivos de distribuição de sementes graúdas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMAS DE SEMEADURA

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

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

3.1.1 O Sistema Plantio Direto

Segundo HERNANI e SALTON (1997), o Sistema Plantio Direto (SPD) baseia-se em sistema de rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em terreno coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado. Nesse sistema, utilizam-se semeadoras específicas para o

corte da palha, abertura de pequeno sulco e deposição de sementes e fertilizantes.

Em regiões com problemas similares, como a região Sul do Brasil, o plantio direto foi uma alternativa encontrada para minimizar a perda de solo. O sucesso da implantação de uma cultura depende, além de sementes de boa qualidade e do implemento adequado e bem regulado, das condições de solo, temperatura e umidade, época de semeadura, população e densidade de semeadura.

Os aspectos mais relevantes para o sucesso da cultura no plantio direto estão relacionados ao desempenho da semeadora-adubadora, no que se refere ao corte eficiente dos restos culturais, à abertura do sulco e à disposição da semente e do fertilizante em profundidades corretas e em contato com o solo. Também é importante que as máquinas apresentem adequada regularidade, com distribuição precisa de sementes e fertilizante (EMBRAPA, 1993).

Com a necessidade de produzir cada vez mais alimentos, vários sistemas de produção agrícola foram desenvolvidos pelo homem, entretanto observa-se que alguns desses sistemas vêm esgotando e empobrecendo os solos, pois estão sendo usados de maneira inadequada. Por isso, as pesquisas atuais visam o desenvolvimento de sistemas e práticas para a conservação do solo. Nesse contexto, estão enquadradas as semeadoras, especialmente quando se refere à técnica de semeadura direta.

A semeadura direta é o sistema de produção agrícola que mais se aproxima de um sistema ecológico natural, tendo em vista que quase não há revolvimento do solo e prioriza-se a manutenção de uma cobertura (verde e/ou morta) permanente no solo. Como consequência, o sistema plantio direto constrói ao longo do tempo um solo estratificado que promove um acúmulo acentuado de matérias orgânicas e nutrientes na superfície, formando um gradiente de distribuição com a diminuição da concentração e com o aumento da profundidade do solo (PEIXOTO, 1997).

Segundo PORTELLA, CHANG e KUMAGAI (1983), a inadequação de equipamentos importados às condições regionais de solo e da topografia do sul do Brasil, foi um dos aspectos que levaram o Centro Nacional de Pesquisa de Trigo a iniciar pesquisas para desenvolver semeadoras para plantio direto de

parcelas experimentais, quando então um primeiro protótipo foi construído. A crescente adoção do sistema plantio direto exige que muitas das pesquisas agronômicas, realizadas sob sistemas convencionais de preparo de solo, passem a ser conduzidas também sob sistemas de semeadura direta. Implementar experimentos em semeadura direta, além de demandar o desenvolvimento de equipamentos específicos conduziu também ao desenvolvimento de adaptações, visando transformar equipamentos de semeadura convencional para semeadura direta.

3.2 DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE PLANTAS

Segundo MANTOVANI E BERTAUX (1990), a densidade de semeadura (número de plantas por hectare) é um dos fatores que mais afetam a produtividade do milho e depende basicamente do tipo e da regulagem da semeadora empregada.

Carneiro e Gerage (1991), citados por JUSTINO (1998), relatam que a densidade abaixo do ideal contribui em grande parte para os baixos rendimentos para a cultura do milho, pois cada planta constitui componente importante na produção final, devido à baixa capacidade de compensação de produção e de que a densidade ideal é aquela que proporciona a exploração mais eficiente da área de cultivo.

Para SILVA (1992), a densidade de plantas é um dos fatores mais importantes para o sucesso da cultura do milho, pois pequenas alterações implicam modificações relativamente grandes na produtividade de grãos. Dessa forma, a escolha do espaçamento é uma decisão que deverá ser tomada em cada caso, conforme a disponibilidade dos equipamentos e da forma de condução da cultura.

Segundo BALASTREIRE (1987), para a cultura de milho, existe um intervalo estreito de densidade (plantas por unidade de área) que dará o

máximo rendimento. A densidade obtida após a semeadura é função da viabilidade das sementes, da pureza e da porcentagem de sobrevivência das sementes germinadas, até que atinjam a idade de produção.

Para CASÃO JÚNIOR (1991), a falta de uniformidade na distribuição de sementes no sulco e as falhas de germinação comprometem o desenvolvimento da cultura do milho, alterando os componentes de rendimento e gerando queda na produtividade de grãos.

Porém, essas mudanças requerem o emprego de práticas diferenciadas, adaptadas às condições de cultivo, indispensáveis para elevar os níveis de produtividade. Uma delas é o emprego de espaçamentos e densidades que proporcionem uma população de plantas compatível ao nível de tecnologia empregado (IAPAR, 1991).

Uma implicação da utilização de espaçamentos menores está na necessidade de adaptação das máquinas. Segundo EMBRAPA (1993), ao adaptá-las para espaçamentos menores o produtor deve considerar as características do maquinário de plantio e de colheita, principalmente, pois em alguns casos essas máquinas não estão preparadas para serem ajustadas e é necessária à aquisição de novas máquinas para efetuarem essa prática.

3.3 DESENVOLVIMENTO DAS SEMEADORAS

O processo produtivo agrícola fundamentado na produção de grãos por meio de sistemas sustentáveis, com o uso de práticas conservacionistas adequadas, exigiu o desenvolvimento de máquinas e equipamentos agrícolas cada vez mais eficientes e precisos. Nesse contexto, estão enquadradas as semeadoras, que passaram a assumir importância fundamental nesse moderno sistema de produção.

Dentre as máquinas usadas na moderna agricultura, a semeadora apresentou várias alterações desde sua concepção no século XVII. Apesar de

toda a sua utilidade o desenvolvimento das semeadoras foi lento, pois, na verdade, não representava uma economia na execução do trabalho, pois utilizava tanta mão-de-obra quanto na semeadura manual. A operação tornou-se vantajosa quando foi considerada a economia de sementes e a regularidade de distribuição, cujos benefícios vinham na forma de maior produtividade das culturas (MODOLO, 2003).

OLIVEIRA et al. (2000) relatam que houve grande evolução das semeadoras-adubadoras utilizadas nesse sistema, principalmente quanto à sua concepção e utilização. As principais mudanças ocorreram nos mecanismos rompedores de solo (sulcadores), que eram constituídos basicamente por discos duplos e, atualmente, são formados por hastes rompedoras.

Existe no Brasil muita discussão em torno do termo adequado para caracterizar as máquinas destinadas à semeadura das diferentes culturas. É muito comum na prática a utilização dos termos semeadeira, plantadeira, dentre outros com o mesmo significado. Semeadora é utilizada como termo correto, para designar as máquinas que dosam e colocam no solo exclusivamente os grãos utilizados na instalação de culturas comumente chamados de sementes.

3.3.1 Máquinas para Semeadura

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

Se a máquina, ao mesmo tempo em que dosa e coloca as sementes no solo, também executa a mesma operação para o adubo ou fertilizante, ela será então designada por semeadora-adubadora (BALASTREIRE; GOMES, 1990).

Segundo COELHO (1996), as semeadoras de precisão são máquinas agrícolas destinadas a promover a dosagem de sementes e a deposição destas em fileiras sob a superfície do solo, seguindo densidade de semeadura pré-estabelecida, em função das características agronômicas da cultura. De acordo com BALASTREIRE (1987) as semeadoras de fluxo contínuo são equipamentos que dosam e distribuem as sementes na linha de semeadura de forma contínua, não havendo precisão nessa colocação, ocorrendo variação no número e posição das sementes na linha.

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

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

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

Avaliações realizadas por ARAÚJO, CASÃO JUNIOR e SIQUEIRA (2001) demonstraram que o desempenho de semeadoras múltiplas, que executam operações de semeadura de precisão e de fluxo contínuo, foi semelhante às demais, apresentando a vantagem de viabilizar a introdução de novas espécies vegetais, requisito para o sistema de rotação de culturas.

3.4 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SEMEADORAS

Segundo MANTOVANI e BERTAUX (1990), os fabricantes de semeadoras-adubadoras, com a finalidade de proteger o mecanismo dosador de sementes, têm optado pela sua colocação o mais distante possível do solo. Isso implica o uso de tubos mais compridos, proporcionando às sementes um caminho mais longo para percorrer e aumentando a possibilidade de rebotes, o que contribui para aumentar a desuniformidade na distribuição das sementes. Numa avaliação de nove semeadoras de milho, os autores verificaram que, de uma maneira geral, a distribuição longitudinal das sementes era irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular à medida que a velocidade de avanço aumentava.

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.

Para MACHADO et al. (1996), a regulagem da quantidade de sementes, a ser depositada por metro linear, pode ser obtida de duas formas: pela variação da velocidade tangencial do disco dosador em relação à velocidade de deslocamento da semeadora (maior velocidade tangencial do disco para uma mesma velocidade de deslocamento da semeadora, resulta num menor espaçamento entre sementes na linha de semeadora); pela troca do disco por outro com menor ou maior número de furos ou recortes. Trocando-se por um de menor número de furos ou recortes, resulta num maior

espaçamento entre sementes na linha de semeadura. Os autores citam como vantagem do mecanismo dosador de disco perfurado horizontal, o fato de não sofrer influência da trepidação da máquina.

MODOLO (2003) estudou o comportamento da demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora com diferentes números de unidades de semeadura e mecanismos sulcadores do tipo haste. Avaliou os seguintes parâmetros: patinagem do rodado motriz, velocidade de deslocamento, profundidade de sulco, área de solo mobilizado, consumo de combustível, força de tração por centímetro de profundidade, força de tração por linha de semeadura, força de tração máxima, potência média e máxima e concluiu que a demanda energética de força de tração na barra, solicitada pela semeadora-adubadora de precisão, variou em função do número de linha de semeadura, bem como a profundidade do sulco, o consumo horário de combustível, a área de solo mobilizado e a força de tração específica por área de solo mobilizado.

Segundo DELAFOSSE (1986), os resultados de ensaios de semeadoras de precisão em diferentes espécies e variedades de sementes têm manifestado, em linhas gerais, uma relação inversa de deslocamento da semeadora (refletindo na velocidade tangencial dos dosadores) e a uniformidade de distribuição de sementes, destacando, contudo, que o decréscimo no grau de precisão não é uniforme para a série de velocidades ensaiadas.

Roth e Porterfield (1960), citados por JUSTINO (1998), realizaram um ensaio utilizando esferas plásticas para avaliar a relação entre a precisão de distribuição e a velocidade tangencial do disco dosador, variando o espaço não preenchido pelas esferas no orifício. Também foram avaliados os efeitos na precisão de distribuição com relação à velocidade tangencial do dosador e a distância percorrida pelo orifício com a semente em contato, ou seja, a quantidade de tempo que o orifício está em contato com a semente. As conclusões destacadas foram as seguintes: o aumento da velocidade tangencial foi acompanhado por uma redução no índice de enchimento do disco dosador, após uma determinada velocidade tangencial ser atingida. Essa velocidade foi relativa ao espaço de enchimento do dosador; utilizando-se sementes de tamanhos menores, sem aumentar o orifício do disco, elevou-se à

velocidade de enchimento do dosador em 100%; o aumento no tamanho do orifício do disco dosador fez a precisão de distribuição menos sensível às alterações de velocidades tangenciais; para um dado tempo de contato do orifício com a semente, melhorou o resultado do índice de enchimento do dosador, ou seja, a utilização de uma menor distância de exposição e baixa velocidade tangencial.

COSTA et al. (1984), ensaiaram três semeadoras comerciais com mecanismo dosador tipo disco perfurado horizontal, com velocidades de deslocamento simuladas de 4, 6, 8 e 10 km/h, utilizando sementes de milho. Os resultados mostraram que: a velocidade de deslocamento apresentou efeitos estaticamente significativos sobre a taxa de descarga em dois dos mecanismos estudados e sobre a regularidade de distribuição longitudinal; a danificação mecânica não foi afetada; a taxa de descarga mostrou tendências declinantes com o aumento da velocidade de deslocamento, para dois mecanismos, com redução de cerca de 10%; e o aumento da velocidade de deslocamento provocou elevação dos coeficientes de variação de espaçamentos entre sementes, que apresentaram grandezas diferentes para cada mecanismo.

MANTOVANI e BERTAUX (1990) avaliaram o desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo e observaram que, de uma maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes é irregular e fora dos limites aceitáveis (de 10 a 30 cm entre sementes), tendendo a se tornar mais irregular à medida que a velocidade de deslocamento aumenta, porém uma das máquinas avaliadas melhorou bastante seu desempenho com o aumento da velocidade de deslocamento. Os autores comentam que a possível explicação para esse fato é que a relação entre a velocidade de deslocamento e a velocidade tangencial do disco dosador pode ter se aproximado da sua melhor proporção, associado com a altura de queda da semente.

Na avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho no campo em três velocidades (5,0 km/h, 6,5 km/h) e velocidade livre (> 7,5 km/h), MANTOVANI, BERTAUX e ROCHA (1992) verificaram que todas as máquinas foram sensíveis ao aumento da velocidade de deslocamento e conseqüentes aumentos da velocidade de distribuição de semente, sendo que somente uma delas apresentou população de plantas adequada. Também verificaram que, independentemente do

equipamento, não houve efeito significativo sobre a profundidade de semeadura nas velocidades ensaiadas e que em nenhuma das semeadoras houve redução da qualidade das sementes, após a passagem pelo mecanismo dosador.

ROCHA et al. (1992) compararam semeadoras-adubadoras de milho, dotadas de mecanismo dosador de sementes tipo disco horizontal perfurado, dedos prensos e pneumático, com relação ao preço de aquisição, eficiência de seus sistemas de distribuição de sementes, fertilizantes e controle de profundidade de semeadura. Os autores concluíram que não houve diferença na eficiência operacional entre os referidos sistemas, independentemente da velocidade de deslocamento que o elevado preço da aquisição das semeadoras que utilizam o sistema pneumático e de dedos prensos em relação às outras não é justificável pela sua eficiência, considerando somente os critérios utilizados neste trabalho.

PACHECO et al. (1996) avaliaram uma semeadora-adubadora de precisão em laboratório, na sua forma comercial e com modificações no tubo condutor de sementes quanto à altura de queda de sementes (400, 300 e 200 mm), com duas posições de saída de sementes (longitudinal e lateral), com duas conformações do tubo (reto e curvo), com três velocidades de deslocamento simuladas (5, 6 e 9,3 km/h) e com dosagem fixas de 8 sementes de milho por metro linear. Os resultados indicaram que ocorreu um decréscimo significativo no índice de enchimento do disco dosador com o aumento da velocidade de deslocamento, valores que foram considerados bons; as modificações efetuadas na máquina não resultaram em melhoria de desempenho quanto à regularidade da semeadora estudada.

BALASTREIRE e GOMES (1990), ao avaliarem o desempenho de quatro semeadoras em laboratório e em campo, em três velocidades de avanço (4, 6 e 8 km h⁻¹), chegaram a obter valores de 100% de espaçamentos aceitáveis, com sementes de milho na menor velocidade (4 km h⁻¹) e 75% na maior (8 km h⁻¹). Para esta última, as porcentagens de duplos e falhos foram de 6,3 e 18,8%, respectivamente.

Avaliando duas semeadoras para plantio direto em duas velocidades de deslocamento (5,2 e 8,4 km h⁻¹), SILVA, KLUTHCOUSKI e SILVEIRA (2000)

constataram que não houve influência das velocidades sobre a uniformidade de distribuição longitudinal.

Analisando o desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho, MANTOVANI et al. (1999) verificaram que, independente dos mecanismos, o melhor desempenho foi obtido com as sementes lubrificadas com uma dose mínima de grafite 4g kg^{-1} e para o sistema de dedos prensores a de 7 km h^{-1} apresentou o melhor desempenho.

3.5 MECANISMOS DOSADORES

Para COSTA et al. (1984), o mecanismo dosador da semeadora de precisão deve apresentar três características básicas:

- reduzida percentagem de danificação mecânica (quebras);
- adequada taxa de descarga;
- homogênea distribuição longitudinal de sementes.

Os autores apontam que, de um maneira geral, a velocidade tangencial dos discos horizontais das semeadoras é um dos fatores que mais afeta as três características acima mencionadas.

Segundo Bayner et al. (1955), citados por KURACHI et al. (2000), o tempo disponível para que as sementes se alojem nos orifícios dos mecanismos dosadores, seria um dos fatores de maior influência na precisão da semeadura, citam também que esse tempo estaria em função da velocidade tangencial, a qual afetaria o índice de enchimento dos orifícios.

Uma análise da relação entre sementes de milho e orifícios de discos dosadores horizontais, por meio de imagens, foi realizada por FEY (2000). Considerando-se o sistema de semeadura direta como um processo é preciso conhecer essa relação. Para facilitar esse conhecimento, WEIRICH NETO (1999) sugere a divisão das causas de um processo em cinco fatores: método, material, mão-de-obra, máquina e meio. No caso do fator máquina, o processo

de semeadura é realizado, geralmente, com semeadoras de precisão dotadas com mecanismo dosador tipo disco perfurado (ROCHA et al., 1992).

Entre as deficiências de qualidade do processo, KRZYŻANOWSKI, FRANÇA NETO e COSTA (1991), FEY (1998) e SANTOS et al. (1999) relataram problemas quanto à homogeneidade das sementes, bem como sua adequação aos orifícios do disco dosador e problemas relativos à falta ou excesso de sementes, danos e distribuição longitudinal.

As semeadoras-adubadoras podem ser providas de diferentes mecanismos dosadores de sementes, sendo os mais utilizados: disco perfurado, rotor acanalado, dedo prensor, copo distribuidor e dosador pneumático. Geralmente, esses mecanismos são posicionados na máquina numa altura distante do solo fazendo com que as sementes, após serem dosadas, tenham de percorrer uma grande distância em queda livre, dentro de um tubo condutor, até o solo.

Em trabalhos realizados com semeadora de precisão, Bjerkan (1947), citado por JUSTINO (1998), observou que as irregularidades na taxa de semeadura devem-se ao deslizamento da roda motriz:

- alta velocidade de semeadura: aumentando a velocidade tangencial do mecanismo dosador, diminui o índice de enchimento do disco, portanto a taxa de semeadura;
- tamanho das sementes: devem ter tamanho uniforme e adequado ao tamanho dos orifícios do disco dosador.

Roth e Porterfield (1960), citados por JUSTINO (1998), apresentam os fatores que podem exercer influência no desempenho do mecanismo dosador do tipo disco perfurado:

- tamanho da semente e do orifício;
- forma da semente e do orifício;
- orientação da semente no orifício;
- velocidade da semente e orifício;
- distância percorrida pela semente no orifício;
- intervalo de tempo que a semente está exposta no orifício;
- tipo de raspador e ejetor utilizado;

- quantidade de sementes em cima do mecanismo dosador;
- superfície característica da semente;
- densidade da semente.

Tourino e Klingensteiner (1983), citados por COELHO (1996), propõem os seguintes critérios para a avaliação do desempenho de uma semeadora em laboratório:

- ótimo: semeadora que distribui 90% das sementes na faixa de 0,5 a 1,5 do espaçamento nominal;
- bom: semeadora que distribui de 75 a 90% das sementes na faixa de 0,5 a 1,5 do espaçamento nominal;
- regular: semeadora que distribui de 50 a 75% das sementes na faixa de 0,5 a 1,5 do espaçamento nominal;
- insatisfatório: semeadora que distribui abaixo de 50% das sementes na faixa de 0,5 a 1,5 do espaçamento nominal.

O espaçamento nominal é obtido por meio de cálculo, considerando as características do mecanismo dosador e da relação de transmissão entre a roda motriz da semeadora e o mecanismo do dosador.

De acordo com ROCHA et al. (1998), a altura de queda das sementes afeta o desempenho dos mecanismos dosadores. Durante o deslocamento dentro do tubo condutor, as sementes sofrem vibrações provocadas pela movimentação da máquina, o que altera o tempo de queda até o solo e, conseqüentemente, a uniformidade no espaçamento no sulco de semeadura.

Essa vibração associada à possibilidade de ocorrência de repique da semente ao ser descarregada no solo é fortemente influenciada pela velocidade de operação da semeadora-adubadora.

Estudando discos dosadores, JUSTINO, WEIRICH NETO e SANTOS (1998) realizaram uma análise da distribuição longitudinal de sementes de milho utilizando um conjunto de sete híbridos e sete discos perfurados do tipo horizontal oferecidos no mercado, submetidos a diferentes velocidades tangenciais do mecanismo dosador. Os autores relatam que é preocupante a adequação de discos dosadores horizontais com as sementes de híbridos de milho encontrados no mercado.

WEIRICH NETO et al. (1998), estudando a distribuição de sementes de milho sob discos e velocidades tangenciais diferentes, comentam que para os espaçamentos aceitáveis entre sementes, mostrando que o melhor resultado ocorreu na menor velocidade tangencial do disco utilizada e obteve-se melhores resultados na distribuição longitudinal das sementes, devido ao maior tempo disponível para as sementes se alojarem nos orifícios.

A dificuldade reside na identificação de qual a relação existente entre as sementes e os orifícios dos discos que proporciona a obtenção da adequada população de plantas, menores danos nas sementes e distribuição uniforme ao longo da linha de semeadura.

De acordo com Kepner et al. (1978), citados por MANTOVANI et al. (1999) o diâmetro dos orifícios dos discos dosadores deve ser 10% maior que a máxima dimensão das sementes e a espessura dos discos igual à espessura média das sementes.

Bainer et al. (1963), citados por JUSTINO, WEIRICH NETO e SANTOS (1998), também apresentaram requisitos para uma semeadura de precisão, destacando a uniformidade de tamanho e a forma das sementes, tamanho apropriado dos orifícios, bem como a necessidade das sementes terem tempo suficiente para se alojarem nos orifícios.

COSTA et al. (1984) estudaram o desempenho de mecanismos dosadores, tipo disco perfurado de três semeadoras de tração tratorizada às velocidades simuladas de 4, 6, 8 e 10 km.h⁻¹, empregando sementes de amendoim. Nesse estudo, destacam-se as seguintes conclusões, dentre outras: a velocidade foi o parâmetro que mais influenciou o desempenho do mecanismo dosador; se a semente tiver mais tempo disponível para ser liberada, o desempenho da máquina tende a melhorar; diminuir tanto quanto possível a velocidade tangencial do mecanismo dosador, mediante a adoção de relação de transmissão mais adequada entre a roda motriz e o disco dosador. Deve-se, portanto, considerar: uma menor velocidade tangencial deve ser compensada com o aumento do número de orifícios do disco dosador, o qual tem um limite; em uma mesma semeadora, que normalmente serve para várias culturas, a redução da velocidade tangencial do mecanismo dosador não deverá diminuir a vazão até níveis tais que os números de sementes obtidos por metro linear estejam aquém dos valores recomendados, para cada cultura.

BALASTREIRE, VASARHELYI e MARQUES (1990), compararam o desempenho de dosadores de disco perfurado horizontal com sementes de milho e concluíram que as duas semeadoras ensaiadas deixaram muito a desejar quanto à distribuição longitudinal de sementes e que o número de sementes por metro linear foi sempre diretamente proporcional à porcentagem de enchimento dos discos dosadores, dentro de uma mesma relação de transmissão, mesmo em diferentes velocidades.

PACHECO (1994) avaliou em laboratório uma semeadora-adubadora da marca Jumil modelo Magnum 2800. Os parâmetros avaliados foram: 3 alturas de queda das sementes (400, 300, 2000 mm); duas posições de saída das sementes (longitudinal e lateral) e duas conformações do tubo (reto e curvo).

Utilizando-se uma bancada de avaliação de semeadora capaz de simular diferentes velocidades de avanço e distribuição longitudinal de sementes, constituída de uma esteira sem fim de borracha, coberta por uma fina camada de graxa para fixação das sementes, que são dosadas e ejetadas pelo mecanismo dosador e que, ao se movimentar, simula a velocidade de avanço horizontal da semeadora em relação ao solo.

A avaliação da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes de cada tratamento, nas três velocidades de avanço, teve por base o coeficiente de variação dos espaçamentos observados em relação à regulagem requerida de 12,5 cm, os espaçamentos aceitáveis foram determinados conforme norma da ABNT (1994), que considera aceitável o intervalo: $0,5 \times X_{ref} < x_i < 1,5 \times X_{ref}$.

Verificou-se que, aumentando a velocidade de avanço de 5,0 para 9,3 km.h⁻¹, ocorre a diminuição de 6% na média da % de enchimento das células, estando dentro dos limites aceitáveis. PACHECO (1994) concluíram que as modificações feitas no tubo condutor não resultaram em melhoria do desempenho quanto à uniformidade de distribuição longitudinal das sementes, e o aumento de velocidade de avanço piorou o desempenho da semeadora estudada.

SILVA, KLUTHCOUSKI e SILVEIRA (2000) avaliaram o desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura de milho, por meio de uma semeadora-adubadora da marca Semeato

PAR 2800, com dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado, 4 linhas de semeadura e operada em 4 velocidades de deslocamento (3, 6, 9 e 12 km.h⁻¹), em duas profundidades de adubação (5 e 10 cm). Foi avaliada a densidade de semeadura, que foi afetada pela velocidade de deslocamento da semeadora. Nas velocidades mais elevadas os mecanismos apresentaram eficiência reduzida devido à diminuição do tempo para enchimento das células dos discos com sementes, provocando falhas na distribuição. Os autores concluíram que as sementes de milho não foram sensivelmente danificadas pelo aumento da velocidade de operação da semeadora ou pelo mecanismo dosador de disco perfurado horizontal.

3.6 VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO

Estudando o processo de semeadura, DELAFOSSE (1986) relata que o aumento da velocidade conduz a uma diminuição de precisão e que, quanto maior a velocidade que se deseja semear, maior será a exigência da homogeneidade da semente. Fator que Ortiz-Cañavate (1993), citado por JUSTINO (1998), também considera essencial para uma boa distribuição de sementes, principalmente quando a semeadura foi realizada com mecanismo dosador tipo disco perfurado, pois os orifícios devem ser correspondentes ao tamanho das sementes.

De acordo com a EMBRAPA (1997), um dos parâmetros de grande influência na precisão de distribuição de sementes no solo é a velocidade de deslocamento da máquina, entre os parâmetros estudados foi o que mais influenciou o desempenho da semeadora.

Trabalhos realizados por COSTA et al. (1984), DELAFOSSE (1986) e MANTOVANI e BERTAUX (1990) mostraram que o aumento da velocidade de deslocamento (sucendo o aumento na velocidade tangencial do mecanismo dosador) foi o parâmetro que mais afetou o desempenho de semeadoras de milho que apresentam o mecanismo dosador do tipo disco perfurado.

Para SILVEIRA (1989), a obtenção do espaçamento desejado entre as sementes é obtida alterando-se o número de orifícios dos discos, com a conseqüente variação da distância entre elas. Outra opção é mudar a relação de transmissão ou a velocidade entre a roda motriz e o disco dosador. A velocidade tangencial dos discos pode causar lesões mecânicas, afetando a germinação, porém utilizando-se discos de náilon praticamente eliminam-se os danos às sementes duras como as do milho. O autor recomenda ainda operar a uma velocidade máxima de 5 km/h com máquinas providas de mecanismo dosador tipo disco horizontal, para não comprometer o índice de enchimento dos orifícios, apontando como velocidade ideal 4 km/h ou menos.

BALASTREIRE e GOMES (1990) avaliaram quatro semeadoras-adubadoras de milho, em condições de laboratório e campo com duas velocidades de deslocamento e apresentaram as seguintes conclusões: os efeitos da velocidade de deslocamento e da relação de transmissão foram significativos. A relação de transmissão é mais efetiva que a relação de velocidade de deslocamento na variação do número de sementes por metro linear; à medida que é aumentada a relação de transmissão, de um modo geral, aumenta-se o número de sementes por metro linear; à medida que é aumentada a velocidade de deslocamento, diminui-se o número de sementes por metro linear.

3.7 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Os ensaios de laboratório são realizados com o auxílio de bancadas que reproduzem, artificialmente, as condições operacionais sob as quais a máquina efetua a semeadura no campo. Existem vários tipos de bancadas de ensaio. As mais comuns são constituídas de estrutura metálica com suportes para fixação completa da máquina ou, simplesmente, da unidade semeadora. Além disso, possuem motores elétricos equipados com variadores eletromagnéticos, para acionamento controlado dos mecanismos dosadores a velocidades operacionais simuladas pré-estabelecidas (MIALHE, 1996).

As bancadas de ensaio mais antigas utilizam esteira rolante recoberta com graxa ou tecido adesivo, visando à fixação da semente no exato local em que foi depositada, para posterior medição dos espaçamentos entre as sementes consecutivas. Mais recentemente, algumas instituições de pesquisa iniciaram projetos visando à aquisição informatizada dos dados. Para isso, têm sido utilizados sensores infravermelhos instalados no tubo de descarga, sensibilizados com a queda das sementes, que provoca interrupções no feixe de luz. Essas interrupções geram pulsos que, processados num determinado intervalo de tempo, já fornecem diretamente a distância entre sementes e o correspondente arquivo digital dos dados. A grande vantagem desse sistema é a velocidade e confiabilidade com que os dados são obtidos, pois dispensam a etapa braçal do ensaio que é lenta e também, pela própria natureza repetitiva, sujeita a erros.

3.7.1 Ensaios Obrigatórios e Facultativos

Segundo o projeto de norma de ensaio de semeadoras em estudo na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 1994), os ensaios de laboratório das semeadoras são subdivididos em ensaios obrigatórios e ensaios facultativos. Os ensaios obrigatórios, como o próprio nome indica, são

realizados compulsoriamente pelo Laboratório de Ensaio que adotar a respectiva norma técnica. Corresponde a certo número mínimo de determinações que devem ser realizadas no espécime apresentado para ensaios no laboratório. Os ensaios facultativos visam complementar a avaliação do desempenho, ampliando o número de parâmetros e informações obtidas nos ensaios obrigatórios, porém, não podendo substituí-los em hipótese alguma.

Como condição geral para os ensaios obrigatórios em semeadoras de precisão, deve-se proceder a um mínimo de quatro repetições para cada determinação, combinando-se os seguintes fatores:

a) Regulagem do mecanismo dosador: selecionar três regulagens básicas do mecanismo dosador para obter:

- densidade mínima de semeadura especificada pelo fabricante para o tipo de semente utilizado no ensaio;
- densidade máxima de semeadura especificada pelo fabricante;
- densidade de semeadura média, agronomicamente recomendada, ou a mais próxima, possível de ser obtida.

b) Velocidade simulada de deslocamento: escolher três velocidades simuladas de deslocamento da semeadora, considerando:

- semeadoras temporizadas, 5,0 e 7,0 Km/h e na velocidade máxima admissível em operação de campo, fornecida pelo fabricante;
- para semeadoras de tração animal: 2,5 e 4,0 Km/h e a velocidade máxima admissível em operação de campo, fornecida pelo fabricante;

c) nível das sementes no reservatório: realizar os ensaios obrigatórios com três possíveis níveis de sementes no reservatório, a saber:

- nível de sementes de 1/1 (reservatório cheio de sementes);
- nível de sementes de 1/2 (metade do reservatório vazio);
- nível de sementes de 1/4 (reservatório $\frac{3}{4}$ vazio).

O nível das sementes deve ser mantido constante, durante cada determinação.

d) Posições da semeadora durante a execução dos ensaios:

- nivelada longitudinal e transversalmente;
- nivelada longitudinalmente e inclinada 11°, à direita;
- nivelada longitudinalmente e inclinada 11°, à esquerda;

e) Reutilização de sementes: as sementes que foram submetidas à ação dos mecanismos dosadores da semeadora não devem ser reutilizadas.

Os objetivos e a respectiva interpretação para os resultados obtidos nos ensaios de laboratório, de caráter obrigatório, podem ser considerados como se descreve a seguir:

a) Ensaio de calibração do mecanismo dosador.

Permite determinar a vazão das sementes nas diferentes regulagens e velocidades simuladas. Por meio desse ensaio é possível obter a quantidade real de sementes a ser depositada por unidade de área, nas diversas condições.

Interpretação: comparação dos resultados obtidos com a recomendação agrônômica para as culturas em questão.

b) Ensaio de avaliação da regularidade de distribuição transversal.

Permitem determinar as variações na vazão entre os diversos mecanismos dosadores de uma mesma semeadora. Esses ensaios geram dados que possibilitam a comparação com valores percentual limites para o afastamento em relação à média das diversas vazões. As condições gerais de ensaio permanecem as mesmas descritas no item anterior.

Interpretação: comparação dos resultados obtidos com os valores percentuais dos limites preconizados.

c) Ensaio de avaliação da regularidade de distribuição longitudinal.

Permitem determinar a uniformidade de espaçamento entre as sementes depositadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE MONTAGEM E ENSAIO DA BANCADA

A bancada de ensaio foi desenvolvida e montada no Laboratório de Processos Mecânicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, *campus* de Medianeira. Foram realizados os ensaios de regulagem e de funcionamento da bancada no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola - NEEA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* de Cascavel. O Núcleo Experimental está localizado geograficamente pelas coordenadas 24°48' de Latitude Sul e 53°26' de Longitude Oeste, com uma altitude média de 760 metros e declividade menor que 0,03 m/m.

4.2 MONTAGEM DA BANCADA DE ENSAIOS

4.2.1 Estrutura Metálica

A estrutura metálica da bancada de ensaio foi elaborada conforme projeto e dimensionamento, utilizando-se de conhecimentos e de equipamentos destinados a unir as peças metálicas por meio de processos de soldagem

MIG-MAG e posterior fixação com parafusos. O material utilizado suporta a carga e os esforços a que forem submetidos nos pontos de contato entre o solo e o rodado da semeadora.

Foram utilizadas cantoneiras de aço com dimensões de 1 ¼" x 1 ¼" com espessura de ¼ " e tubo industrial quadrado 30 x 30 mm e espessura de 1,5 mm.

A Figura 1 ilustra a estrutura metálica que serve de base para receber os rolos com seus mancais e o motor hidráulico.



Figura 1 - Estrutura metálica montada para a bancada de ensaio.

4.2.2 Bancada de Ensaio

A bancada de ensaio ou “simulador de velocidades” é formada por dois rolos: um acionado por um motor hidráulico e outro utilizado como apoio para o rodado da semeadora. Os rolos foram montados e apoiados em mancais de rolamento, que transmitem o movimento de giro ao rodado.

A Figura 2 mostra o rolo confeccionado em aço carbono com seu respectivo mancal de rolamento.



Figura 2 - Rolo motriz com o mancais de rolamento.

Os rolos foram confeccionados utilizando-se: tubo industrial com diâmetro externo de 166 mm, comprimento de 345 mm e espessura de parede de 5 mm, soldado a um eixo de aço maciço com 30 mm de diâmetro e 580 mm de comprimento.

Para que o rolo tenha sua função de tracionar o rodado, ele foi recartilhado na sua superfície, para aumentar o atrito do rodado com o rolo.

No eixo foram assentados os rolamentos SKF 6205 - 2RSH, que foram alojados em mancais de rolamentos fabricados em ferro fundido e fixados à estrutura por meio de parafusos.

A Figura 3 mostra a estrutura metálica da bancada de ensaio com os dois rolos montados em suas posições.

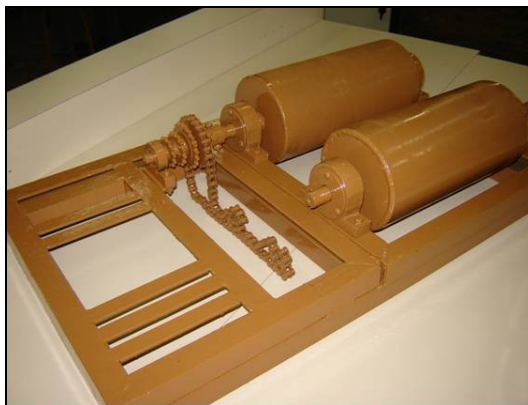


Figura 3 - Conjunto de rolos motriz e movido com as rodas dentadas e correntes.

4.2.3 Rodas Dentadas

Foram confeccionadas rodas dentadas (engrenagens) de aço carbono com diferentes números de dentes, para obtenção do escalonamento das velocidades desejadas do sistema. A Figura 4 mostra as rodas dentadas (engrenagens), de aço, confeccionadas para correntes com elos espaçados do tipo asa 40 e asa 60.



Figura 4 - Jogo de engrenagens de aço carbono com diferentes espaçamentos entre elos (asa 40 e 60).

A transmissão de movimento do motor hidráulico para os rolos é realizada pelo engrenamento da corrente de elos com a roda dentada (engrenagem).

A Figura 5 apresenta a vista superior da bancada de ensaio ou "simulador de velocidades", com a posição dos rolos, a posição do motor hidráulico e a forma de transmissão de movimento, por engrenagens, ao rolo motriz.

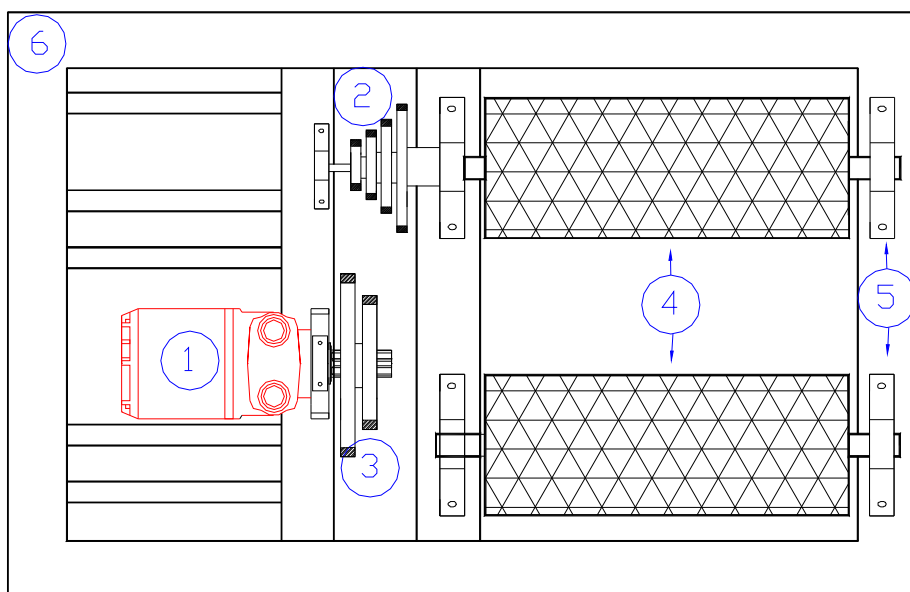


Figura 5 - Vista superior da bancada de ensaio com: motor hidráulico (1), engrenagens (2 e 3), rolos (4), mancais de rolamento (5) e estrutura metálica (6).

A Figura 6 mostra uma vista em perspectiva da bancada, após a montagem, contendo os dois rolos de apoio do rodado, o motor hidráulico e o seu acionamento por rodas dentadas (engrenagens).

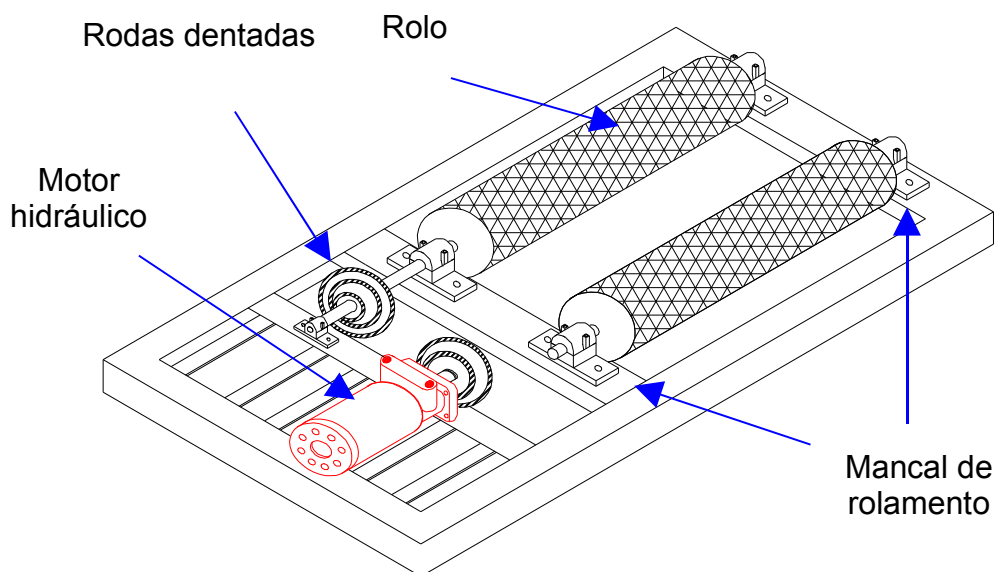


Figura 6 - Vista em perspectiva da bancada, após a montagem dos conjuntos cilindros/motor hidráulico.

4.2.4 Motor Hidráulico, Válvula Reguladora e Conexões

A Figura 7 mostra o motor hidráulico da marca TRW do Brasil S. A.*, modelo MAB-08, utilizado para o acionamento da bancada, ou seja, transferir movimento aos rolos, através de rodas dentadas.

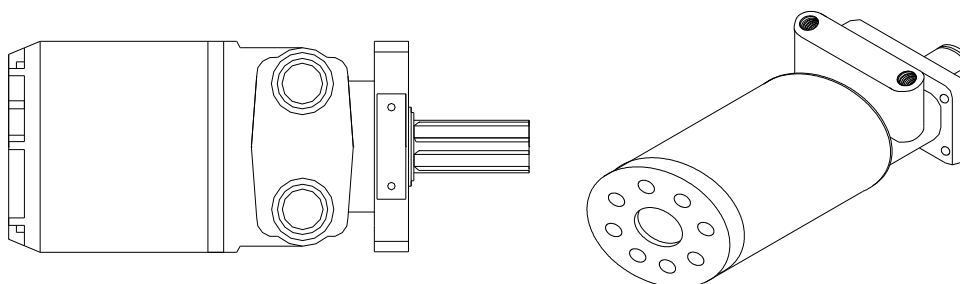


Figura 7 - Motor hidráulico, vista superior e em perspectiva.

*A citação de marcas comerciais neste trabalho não constitui recomendação de compra ou uso, mas somente a descrição efetiva das máquinas e equipamentos utilizados na pesquisa.

A Figura 8 ilustra a válvula reguladora de vazão utilizada, marca Flutec e a simbologia utilizada para ilustrar seu esquema de acionamento. Essa válvula tem a finalidade de restringir, com seu acionamento, a passagem do fluido hidráulico proveniente do circuito hidráulico do trator, no sentido de A para B.



Simbologia

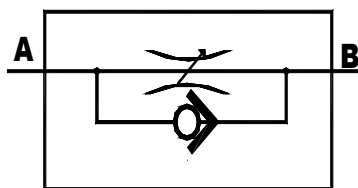


Figura 8 - Válvula de regulação de vazão de óleo hidráulico.

A Figura 9 mostra o esquema de ligação e funcionamento do circuito hidráulico do experimento, composto por: motor hidráulico, válvula reguladora de vazão, sistema hidráulico do trator e linha das mangueiras de alimentação (saída) e de retorno para o tanque de óleo hidráulico do trator.

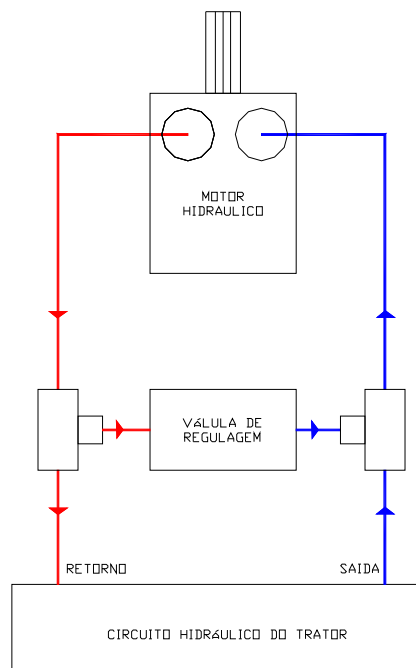


Figura 9 - Esquema de ligação e funcionamento do circuito hidráulico.

A Figura 10 ilustra o motor hidráulico, as conexões e as mangueiras, na forma a ser conectada ao comando hidráulico do trator por engates rápidos, facilitando o acoplamento e a retirada no momento da realização do ensaio.

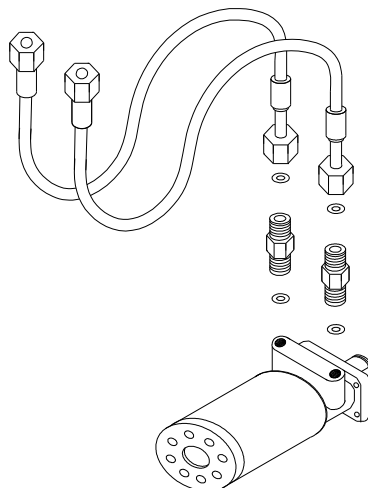


Figura 10 - Motor hidráulico com as conexões e mangueiras.

4.3 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Para análise do comportamento do dispositivo simulador de velocidades de deslocamento foi utilizado um sistema de aquisição de dados com os seguintes componentes:

- 1 sistema de aquisição de dados computadorizado, "Micrologger CR23X", fabricado pela CAMPBELL SCIENTIFIC;
- 1 sensor indutivo para monitorar a rotação do rodado da semeadora, e determinar a velocidade de deslocamento;
- 1 sensor ótico infravermelho acoplado ao eixo do cilindro motriz.

A Figura 11 ilustra o sistema de aquisição de dados “Micrologger CR23X” utilizado na coleta dos dados dos ensaios de campo e de laboratório.



Figura 11 - Sistema de aquisição de dados “Micrologger CR23X”.

O sistema de aquisição de dados “Micrologger CR23X” da CAMPBELL SCIENTIFIC foi utilizado neste experimento para monitorar e armazenar continuamente, a uma frequência previamente definida, os sinais gerados pelos transdutores instalados no sistema simulador de velocidades.

Todos os transdutores foram alimentados a partir da bateria interna do “Micrologger” e monitorados a uma frequência de aquisição de 10 Hz, previamente definida por programação. Os dados foram posteriormente transferidos para um computador para serem analisados.

4.4 MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Foi utilizado um conjunto trator-semeadora para os ensaios de avaliação do funcionamento da bancada, formado por um trator marca Massey Ferguson, modelo 5285, 4X2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência no motor de 85 CV a 2100 rpm, massa em ordem de embarque de 3580 kg e 6196 kg como lastro máximo, utilizando o circuito hidráulico com vazão de 40 L.min⁻¹ como fonte de energia para o acionamento do simulador de velocidades.



Figura 12 - Conjunto trator- semeadora utilizado para o ensaio de campo.

Utilizou-se de uma semeadora-adubadora de precisão da marca Vence - Tudo, modelo SMT 6414 de arrasto, com suas configurações e especificações técnicas:

- unidades de semeadura: 3 linhas individuais com regulagens de altura e pressão das molas independentes;
- espaçamento entre unidades: 900 mm;
- mecanismo dosador de sementes: tipo disco perfurado horizontal;
- mecanismo dosador de adubo: tipo rotor dentado;

- condutor de sementes: reto, em plástico rígido com 455 mm de comprimento, montado entre os discos desencontrados, conduzindo a semente por gravidade;
- capacidade de semente/unidade: 40 litros ou, aproximadamente, 30 kg;
- rodado: articulado com pneus de 8 lonas 650/16 LT, marca Firestone, com diâmetro de 740 mm e largura de 140 mm .

Para fins de experimento os depósitos de sementes e adubo da semeadora foram colocados com 50% de sua capacidade, descrita conforme COELHO (1996).

4.5 ENSAIO DA BANCADA

Foram realizados os ensaios preliminares (sem carga) de ajuste do sistema projetado para a análise do comportamento da estrutura e do conjunto de engrenagens e das relações de transmissão possíveis para obtenção do escalonamento de velocidades desejado. Posteriormente, foram realizados os ensaios para obtenção dos dados de desempenho da bancada construída para ensaiar a semeadora. A Figura 13 mostra como foi feito o ensaio da bancada em campo, posicionando o rodado da semeadora-adubadora em cima dos rolos da bancada.

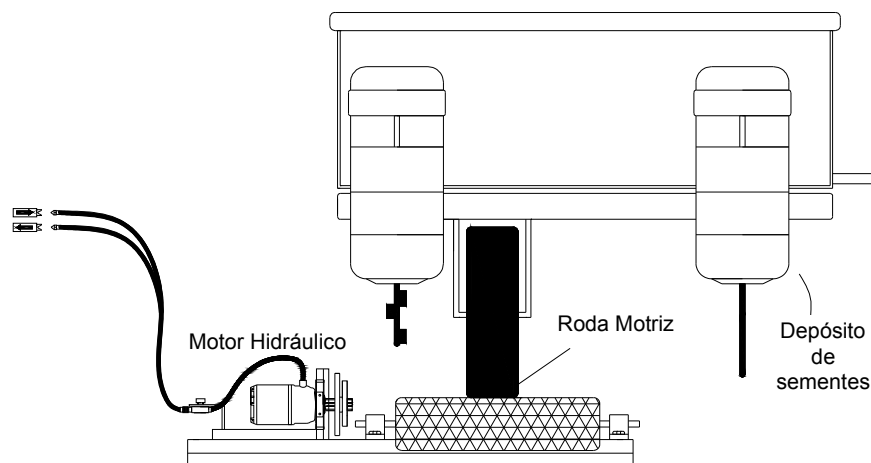


Figura 13 - Esquema da bancada montada sobre o rodado da semeadora-adubadora para a coleta dos dados.

A coleta de dados foi realizada pelo sistema de aquisição de dados e o tempo de coleta foi fixado no início da execução dos ensaios e mantido constante durante todas as determinações.

O ensaio foi iniciado após o acionamento do trator e somente depois de um período mínimo de 60 segundos de funcionamento do sistema foram realizadas as coletas dos dados, permitindo a sua estabilização operacional. O tempo total de coleta não deve ser inferior a 30 segundos.

A coleta de dados foi realizada no rodado que aciona o dispositivo de distribuição de sementes da semeadora para facilitar a conexão dos sensores no tubo de descarga. Foi monitorada no experimento a velocidade de deslocamento e a distribuição longitudinal de sementes.

As informações geradas pelos sensores foram processadas pelo sistema de aquisição e por meio de totalizadores mostrada em indicadores (*display*) a quantidade de sementes totalizada pelo intervalo de tempo de ensaio.

4.6 DETERMINAÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR DO TRATOR

Foram obtidos os valores de rotação do motor em rpm, por meio de um sensor indutivo, posicionado para a coleta dos dados junto ao eixo do virabrequim do motor do trator.

4.7 DETERMINAÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO A VAZIO

A Figura 14 ilustra o posicionamento do sensor indutivo e como foram realizados os ensaios preliminares de aquisição dos dados de rotação nominal do motor hidráulico sem carga e como foi montado o sensor indutivo, observando a sua proximidade com o material ou ressalto preso ao eixo com fita dupla face.

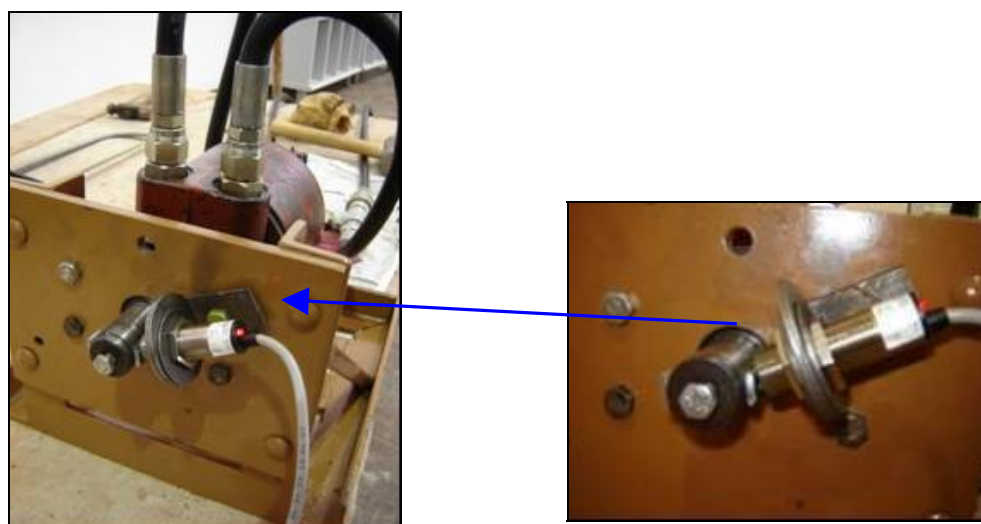


Figura 14 - Sensor indutivo montado na estrutura de fixação do motor hidráulico para o ensaio de rotação do motor hidráulico a vazio (sem carga).

4.8 DETERMINAÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO COM CARGA

Para análise do funcionamento do conjunto foram montados sensores na estrutura da semeadora e da bancada de ensaio (no eixo).

Os sensores têm a finalidade de receber as informações (pulsos) geradas pelo movimento de rotação do eixo e do rodado da semeadora. A Figura 15 ilustra a posição dos sensores ótico e indutivo.

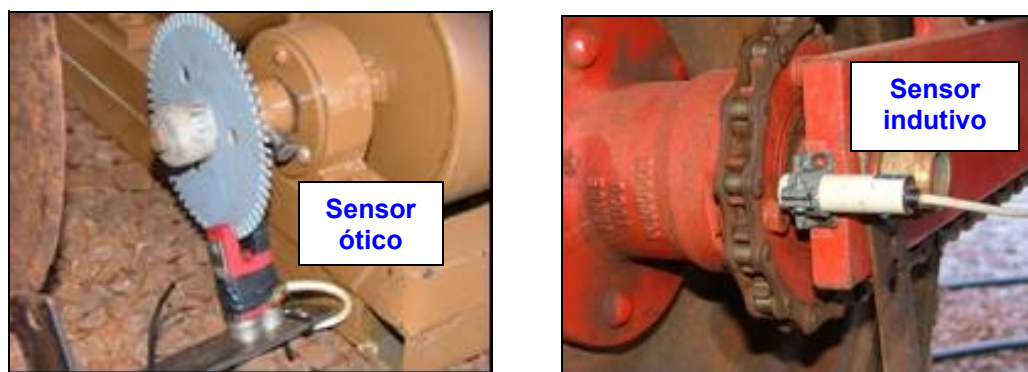


Figura 15 - Sensor ótico no eixo do rolo motriz da bancada e sensor indutivo no rodado da semeadora.

Os dados ou pulsos obtidos são transferidos para o sistema de aquisição dos dados "Micrologger CR23X" que os armazena. Os dados foram transferidos para um computador para serem processados, fornecendo uma planilha eletrônica pela qual é possível analisar e visualizar os valores do ensaio.

4.9 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO

Os transdutores utilizados na bancada de ensaio ou simulador foram conectados ao “Micrologger CR23X” por um cabo elétrico com engates rápidos. O cabo é responsável pela alimentação e pelo retorno do sinal gerado até o “Micrologger”. Desse modo, realizou-se a coleta dos dados necessários para a determinação da velocidade de deslocamento do conjunto.

Usando um sensor ótico preso ao eixo do rolo motriz da bancada simuladora de velocidades obtiveram-se os valores das rotações do rodado de acionamento do dispositivo dosador de sementes.

O número total de pulsos gerados pelo sensor ótico, durante o ensaio depende do número de furos do disco do *encoder* que, multiplicados pelo comprimento do perímetro do rodado e dividido pelo tempo de realização do ensaio, determina a velocidade de deslocamento para a semeadora em condição de ensaio estacionário.

A velocidade de deslocamento foi obtida pela equação 1:

$$V_d = \frac{T_{np} \cdot C_r}{t_e \cdot N_{fd}} \quad (1)$$

Em que:

V_d = velocidade de deslocamento (km.h^{-1});

T_{np} = total número de pulsos;

N_{fd} = número de furos do disco do *encoder*;

C_r = comprimento do rodado (m);

t_e = tempo de ensaio (s).

Para determinação da velocidade simulada do deslocamento da semeadora em estado estacionário, deve-se conhecer a relação de transmissão de rotação entre o cilindro motriz da bancada e o eixo de acionamento do conjunto semeador.

O controle da velocidade tangencial do rodado é dado pela variação da rotação do motor hidráulico acoplado ao cilindro motriz da bancada por uma roda dentada e corrente.

A transmissão por corrente tem algumas vantagens, quando se refere à transmissão de força ou torque, pois não permite que ocorram deslizamentos que influenciem o controle da distribuição da quantidade correta das sementes.

4.10 ENSAIO DE CAMPO

A Figura 16 ilustra como foram realizados os ensaios de campo que possibilitaram analisar o sistema desenvolvido e seu comportamento quando em funcionamento, o posicionamento do rodado motriz da semeadora sobre os dois rolos, as mangueiras do circuito hidráulico são ligadas por engates rápidos na entrada e saída da válvula reguladora.



Figura 16 - Ensaio de campo da bancada utilizando a semeadora-adubadora.

Foram aplicadas várias regulagens de vazão para obtenção da variação das rotações do rolo motriz da bancada, representando a velocidade de deslocamento simulada (condição estacionária) do conjunto semeadora/trator.

Portanto, quando foi alterada a vazão do fluido que passa pelo motor hidráulico, ocasionando uma variação na sua rotação (rpm), pelo acionamento

da válvula reguladora, representada pelos tratamentos A1, A2, A3, A4, A5, A6 (nº. de voltas de abertura da válvula), obteve-se a mesma variação linear sobre a velocidade de deslocamento simulada do sistema, como mostra a Tabela 2.

A Figura 17 ilustra a realização do ensaio com a variação da rotação do motor hidráulico e, como consequência, a simulação da velocidade de deslocamento nos ensaios de campos.



Figura 17 - Simulação das velocidades de deslocamento do conjunto trator/semeadora pela bancada estacionária.

4.11 ESTRUTURA ALTERNATIVA

Outra vantagem do sistema é sua intercambialidade para a realização de ensaio em semeadoras-adubadoras que não permitam acesso ao rodado de acionamento, pois sua posição se encontra no meio das linhas. Por isso foi construída uma outra estrutura alternativa que permitisse realizar ensaios nessas condições, representada abaixo na Figura 18.

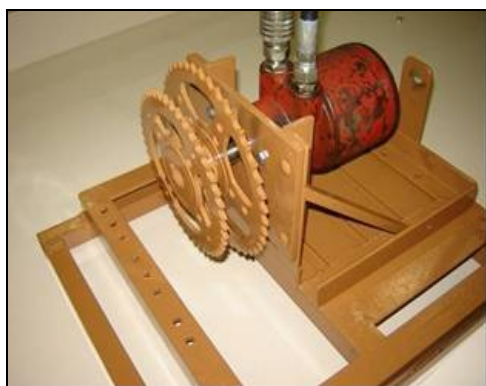


Figura 18 - Estrutura alternativa para ensaio de campo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 A BANCADA DE ENSAIO

Foram realizados ensaios para determinar a faixa (*range*) de velocidades proporcionada pela bancada, utilizando uma semeadora da marca Vence-Tudo.

A bancada de ensaio apresentou-se: funcional, de estrutura compacta, bom escalonamento de velocidades fornecidas pelos pares de engrenagem e do ensaio de laboratório para determinar a velocidade máxima do motor hidráulico.

A Figura 19 ilustra a configuração final da bancada de ensaio, com seus componentes.

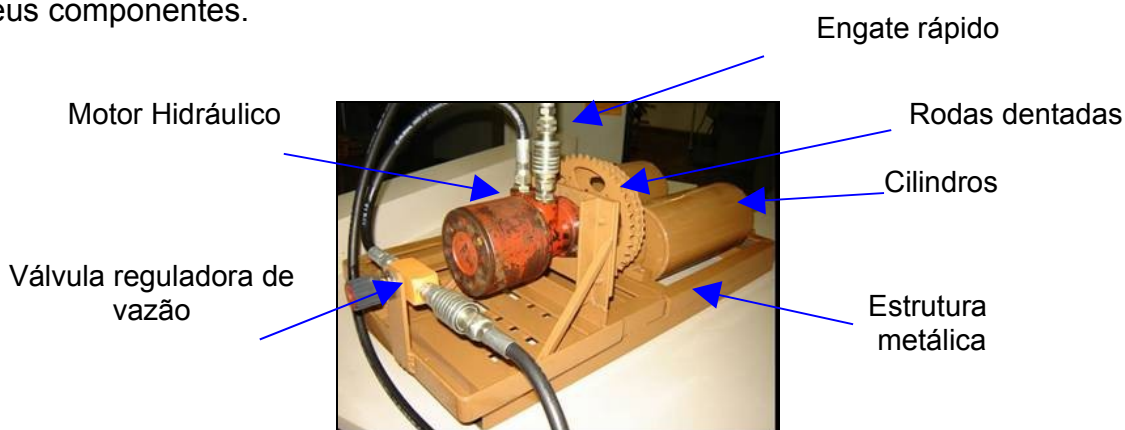


Figura 19 - Bancada de ensaios para regulagens de velocidade de deslocamento em sua configuração final e a disposição dos componentes.

Os resultados obtidos são apresentados em forma de tabela, contendo os valores médios da rotação, com seus respectivos valores do desvio padrão (DP) e do coeficiente de variação (CV).

5.2 ENSAIO DE ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO EM LABORATÓRIO

A Tabela 1 mostra os valores da rotação do motor hidráulico analisado sem carga ou a vazio. Em função dos dados de rotação a tabela com simulação de velocidades de deslocamento que podem ser alcançadas para um rodado de 2,34 m de perímetro.

Os dados obtidos nos ensaios de máxima rotação do motor hidráulico são apresentados na Tabela 1, que mostra os valores médios para os tratamentos de A1 a A7, que representam o número de voltas dadas no manípulo da válvula reguladora de vazão.

Tabela 1 - Valores médios de rotação do motor sem carga, em função da abertura da válvula e da rotação do motor do trator

FECHAMENTO DA VÁLVULA (Nº de voltas)	ROTAÇÃO DO MOTOR DO TRATOR (rpm)			ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO (rpm)		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV
A1	991,20	1,03	0,10	26,67	1,41	4,86
A2	1107,08	1,24	0,11	39,50	1,17	2,96
A3	1109,00	1,04	0,09	85,75	1,54	1,80
A4	1110,77	1,24	0,11	135,46	1,13	0,83
A5	1113,92	1,26	0,11	205,62	1,56	0,76

A6	1116,00	1,31	0,12	223,50	1,60	0,72
A7	1937,75	0,87	0,04	374,75	1,54	0,41

Observa-se que as médias são bastantes diferentes devido às diferenças entre todos os tratamentos (A1 a A7). Entretanto, os CV são próximos, o que indica que a consistência dos tratamentos é equivalente, sendo que o tratamento A1 mostrou-se um pouco menos consistente. O CV é considerado baixo o que indica um conjunto de dados muito homogêneo.

Realizando a regulação da vazão do fluido hidráulico (A1 a A7), pela válvula reguladora, verificou-se a variação da rotação do eixo do motor hidráulico. Com a válvula totalmente aberta a rotação do motor foi zero. A variação de rotação com valores médios de 26,67 rpm até 374,75 rpm. Sua versatilidade é evidenciada pelo uso do sistema de acionamento, usando o circuito hidráulico do trator como fonte de energia para acionamento do simulador de velocidades.

Observa-se que os valores médios de rotação do motor do trator, mostrados na Tabela 1, estão entre 991,20 rpm a 1937,75 rpm, representando as etapas do ensaio. Observa-se também que, pelo coeficiente de variação baixo, a rotação do motor não se alterou para cada tratamento, portanto os dados homogêneos.

Na Figura 20, são apresentados os valores médios das rotações do motor hidráulico e do motor do trator, em função da abertura da válvula reguladora, e os valores médios da rotação do motor do trator para o escalonamento das velocidades.

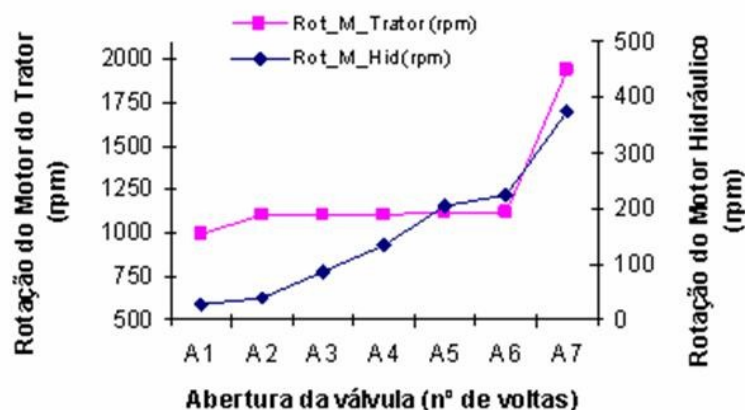


Figura 20 - Valores médios das rotações do motor do trator e rotações do motor hidráulico, em função da abertura da válvula reguladora (A1 a A7).

Os resultados das análises dos dados obtidos mostraram a funcionalidade da bancada de simulação de velocidades de deslocamento.

5.3 ENSAIO DE CAMPO

Os ensaios de campo permitiram que se verificasse a praticidade, rapidez e precisão da coleta dos dados pelo acionamento do dispositivo de regulagem de vazão. O ensaio de campo foi realizado alterando-se a vazão do fluido hidráulico que passa pelo motor hidráulico, ocasionando uma variação na sua rotação (rpm). O fechamento da válvula reguladora proporciona uma variação linear sobre a velocidade de deslocamento simulada do sistema, como mostra a Tabela 2. Observou-se que a válvula reguladora de vazão foi eficiente na regulagem da velocidade do motor hidráulico quando ensaiado com carga.

5.4 VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO ROLO

Os valores obtidos para as rotações do rolo da bancada, são apresentados na Tabela 2, que mostra os valores da rotação do motor do trator em rpm, a rotação do rolo motriz da bancada de ensaio em rpm e a velocidade

de deslocamento obtida em (km.h⁻¹) para o ensaio da bancada analisada com carga.

Tabela 2 - Valores médios de rotação do rolo motriz em rpm, velocidade de deslocamento obtida em (km.h⁻¹) em função da abertura da válvula (A1 a A6) e da rotação do motor do trator em rpm

FECHAMENTO DA VÁLVULA (Nº de voltas)	ROTAÇÃO DO MOTOR DO TRATOR (rpm)	ROTAÇÃO DO ROLO MOTRIZ (rpm)	VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO (km.h ⁻¹)
A1	1035,61	107,29	3,23
A2	1033,77	154,25	4,67
A3	1031,38	233,32	7,03
A4	1028,24	296,00	8,89
A5	1025,42	394,51	11,90
A6	1027,81	465,64	13,89

Em função dos valores médios de rotação do rolo da bancada de ensaio com a simulação da velocidade de deslocamento, observa-se que pode ser alcançada uma faixa ampla de velocidades de deslocamento, com valores médios de 3,23 km.h⁻¹ até 13,89 km.h⁻¹ para a relação de transmissão utilizada entre as rodas dentadas (engrenagens).

Nas figuras 21 e 22 estão representados os valores médios de rotação do motor hidráulico e da velocidade de deslocamento em função de abertura da válvula para os dados mostrados na Tabela 2.

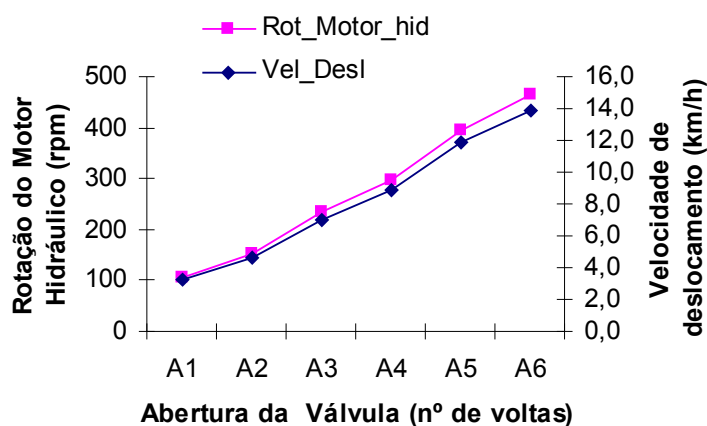


Figura 21 - Gráfico dos valores médios das rotações do motor hidráulico e os valores médios da velocidade de deslocamento, em função da abertura da válvula reguladora, e valores médios da rotação do motor do trator para o escalonamento das velocidades.

Com a simulação da velocidade de deslocamento, observa-se que foram obtidos valores de velocidades de 3,23 até 13,89 km.h⁻¹ e que, conforme o fechamento da válvula (redução da vazão), o motor foi gradativamente aumentando sua rotação até a máxima de 465,64 rpm, para a relação entre o par de engrenagens utilizado.

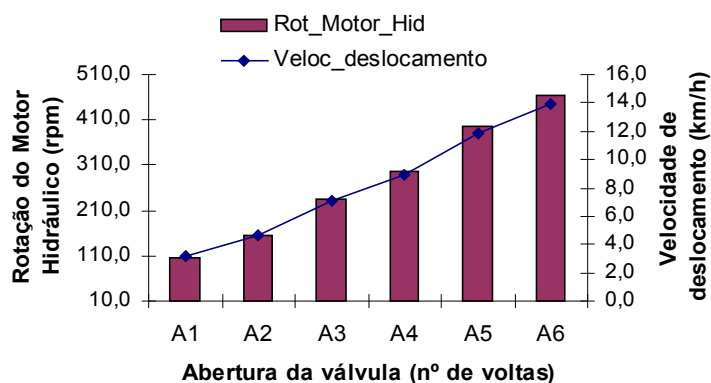


Figura 22 - Gráfico dos valores médios das rotações do motor hidráulico e da velocidade de deslocamento, em função da abertura da válvula reguladora.

Os valores das rotações do rolo motriz da bancada e os valores simulados nos ensaios para as velocidades de deslocamento foram obtidos utilizando-se a relação de transmissão entre a roda dentada do motor hidráulico e a roda dentada montada no eixo do rolo motriz, porém essa é uma relação intermediária construída para os ensaios. No Apêndice B encontra-se a tabela das possíveis relações de transmissão entre a roda dentada movida e a roda dentada motora. Dependendo da necessidade, pode-se aumentar ou diminuir a faixa de atuação do sistema simulador de velocidades de deslocamento.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados das análises procedidas para a validação da bancada de ensaios de semeadoras-adubadoras, quando ensaiadas em condição estacionária, pode-se concluir que:

- a construção de uma bancada de ensaios para semeadoras de sementes, permite realizar ensaios e a coleta de dados de forma mais rápida e direta.
- a bancada atendeu os requisitos específicos de simulação de velocidades de deslocamento em condição estacionária
- a bancada de ensaio apresentou-se funcional e de estrutura compacta, com boa faixa de escalonamento de velocidades verificada pelos pares de engrenagens.
- a válvula reguladora de vazão foi eficiente na regulação da velocidade do motor hidráulico quando ensaiado com carga, ou seja, com a semeadora sobre os cilindros.
- o ensaio do motor hidráulico, realizado sem carga, possibilitou alcançar rotações de 20 rpm até 375 rpm, pelo acionamento da válvula reguladora, que possibilita o controle contínuo da variação desta rotação.
- na relação de transmissão utilizada, com o dispositivo desenvolvido, o ensaio de campo permite avaliar dispositivos de distribuição de sementes em velocidades de deslocamento de 3,23 a 13,89 km.h⁻¹.
- a bancada, considerando-se seu peso e tamanho, permite o transporte sem dificuldades e fornece condições de avaliação da distribuição longitudinal de sementes, de acordo com os critérios de avaliação de desempenho em espaçamentos: normais, duplos e falhos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. G; CASÃO JUNIOR, R.; MEDEIROS, G. B.; CASTRO FILHO, C.; DORETTO, M. BERTÉ, A. A.; CAVIGLIONE, J. H.; FIGUEIREDO, P. R. A. Identificação das restrições para expansão do plantio direto na região da represa de Itaipú. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 3, 1998, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: IAPAR, 1998. 1 CD-ROM.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto de norma 04:015. 06-004:** Semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio. São Paulo, 1994. 26 p.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

BALASTREIRE, L. A.; GOMES, E. S. Avaliação do desempenho em laboratório e no campo de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBEA, 1990. p. 980 – 994.

BALASTREIRE, L. A.; VASARHELYI, A.; MARQUES, R. T. Estudo comparativo do desempenho de dosadores de sementes de disco horizontal e inclinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/SBEA, 1990. p. 969-979.

CASÃO JUNIOR, R. **Implantação da cultura:** A cultura do milho no Paraná. Londrina – PR: IAPAR, 1991. 271 p. (Circular Técnica 68).

CASTRO, O. M. Avaliação de sistemas de manejo do solo. In: SILVEIRA, G. M. **CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA**, 6., **anais...** Jundiaí: Fundação Cargil, 1990, p. 35-8.

COELHO, J. L. D. Ensaio e Certificação das máquinas de semeadura. In: MIALHE, L.G., **Máquina Agrícolas: Ensaio e Certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-570.

COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; KURACHI, S.A.H.; MORAES, R. A. D. de M.; MOREIRA, C. A.; RIBEIRO, M. F. dos S. **Efeito da velocidade de deslocamento sobre as características operacionais de semeadoras**. Campinas: Instituto agrônomo, 1984, 13 p. (Boletim Técnico n. 97).

DALLMEYER, A. U. Opções na semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas - RS, n. 2, p. 6-9, 2001.

DELAFOSSÉ, R. M. **Máquinas sembradoras de grano grueso**. Descripción y uso. Santiago de Chile: FAO, 1986. 48 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: Embrapa; São Paulo: Embrapa, 1993. 204 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: Embrapa; São Paulo: Embrapa, 1997. 204 p.

FEY, E. **Desempenho de sulcadores utilizados em semeadora para plantio direto sob a palha, num solo argiloso com diferentes teores de água**. Cascavel, 1998. 65 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

HERNANI, L. C., SALTON, J. C. Manejo e Conservação de solos. In: **MILHO: informações técnicas**. Dourados – MS: EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Oeste 1997. p. 39-67. (Circular Técnica n. 5).

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **A Cultura do milho no Paraná**. Londrina – PR: IAPAR, 1991. 271p. (Circular Técnica 68).

JUSTINO, A.; **Desempenho do mecanismo dosador de disco perfurado horizontal na distribuição de sementes de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. Botucatu – SP, 1998. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

JUSTINO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; SANTOS, S. R. Análise da distribuição do conjunto de sete híbridos de milho (*Zea mays* L.) e sete discos horizontais perfurados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 286-288.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. Efeito da classificação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) por tamanho sobre a qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v. 13, p. 59-68, 1991.

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

KURACHI, S. A. H.; KLIMIONTE, M. A.; PECHE FILHO, A.; GOMES, J. A. Uso da informática para otimizar o cálculo da relação semente / orifício em mecanismos dosadores de semeadoras. In: CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA, 2000, Ponta Grossa – PR. **Anais...** Ponta Grossa: SBIAGRO/UEPG, 2000.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MORAES, M. L. B.; ALONÇO, A. S. Máquinas para semeadura e adubação. In: **Máquinas para preparo de solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: UFPel, 1996. p. 105-162.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo**. Sete Lagoas: Embrapa -CNPMS/ABIMAQ-SINDIMAQ, 1990. 49 p.

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.; MANTOVANI, B. H. M.; CRUZ, I.; MEWES, W. L. C.; OLIVEIRA, A. C. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 1, p. 93-98, jan. 1999.

MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas**. Ensaio e Certificação. Piracicaba – SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 723 p.

MODOLO, J. A.; **Demanda energética de uma semeadora-adubadora com diferentes números de unidade de semeadura**. Cascavel, 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

OLIVEIRA, M. F. D.; SIQUEIRA, R.; RALISCH, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO JR., R. Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 29, 2000, Fortaleza – CE. **Anais...** Fortaleza – CE: SBEA, 2000.

PACHECO, E. P. **Avaliação de uma semeadora de precisão com modificação no tubo condutor de sementes**. Viçosa, 1994. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.

PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 209-214, mar.1996.

PEIXOTO, R. T. G. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: **Plantio Direto: O caminho para a agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR/PRP-PG, 1997. p. 186 - 205.

PORTELA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA; FÉCO TRIGO; FUNDAÇÃO ABC, 1993. p. 29-36.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1997. 40 p.

PORTELLA, J. A.; CHANG, C. S.; KUMAGAI, I. Exigência da força nos sistemas que utilizam tração para o plantio direto. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13, 1983, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBEA, p. 130.

ROCHA, F. E. C.; CUNHA, J. P. A.; FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M. Avaliação de três mecanismos de distribuição de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, p. 331-337, ago. 1998.

ROCHA, F. E. C.; MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; GARCIA, J. C. Comparação de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) com relação a preços de aquisição e eficiência operacional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 27, n. 5, p. 751-757, maio 1992.

SANTOS, S. R.; WEIRICH NETO, P. H.; SATTTLER, R.; WOBETO, C.; DENGLER, R. U.; TANABE, A. Distribuição de sementes de soja (*Glycine max(L.) Merrill*), os diferentes discos perfurados e velocidades de avanço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 1999. p. 343.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produção da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 7-12, 2000.

SILVA, P. R. F. Densidade e arranjo de plantas em milho. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19, 1992. Porto Alegre - RS, **Anais...** Porto Alegre – RS: SAA; SCT; ABMS; EMATER - RS, 1992. p. 291-294.

SILVEIRA, G. M. **Semeadoras**: As máquinas para plantar. Rio de Janeiro: Globo, 1989, p. 87-158.

WEIRICH NETO, P. H. Máquinas agrícolas em sistema de semeadura sob a palha (Plantio direto): Atualização. In: PAULETTI, V.; SEGANFREDO, R. **Plantio direto**: Atualização tecnológica. Campos Gerais: Fundação Cargill; Fundação ABC, 1999. p. 112-124.

WEIRICH NETO, P. H.; JUSTINO, A.; SANTOS, S. R.; FEY, E. Distribuição de sementes de milho (*Zea mays L.*) sob discos e velocidades tangenciais diferentes. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO, 6, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1998. p. 17-22.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MATERIAIS UTILIZADOS

Tabela 1A – Relação de material utilizado, dimensões e especificações de componentes utilizados na construção do “simulador de velocidade”

QUANTIDADE	DENOMINAÇÃO
01	Cantoneira de aço com abas iguais 2"x 2" com espessura ¼" com 6 metros
02	Tubo de aço com Ø interno de 155 mm, Ø externo de 165 mm e comprimento de 355 mm
02	Eixo de aço 1045 com Ø de 30mm e comprimento de 550 mm
04	Chapa de aço de ¼" com comprimento de 104 mm
04	Conjunto mancal de Ferro Fundido, com rolamento 1206
16	Parafuso sextavado de 3/8" x 1 5/8"
12	Parafuso sextavado de ½" x 6"
12	Porca sextavada de ½"
12	Arruela lisa de ½"
04	Chapa de aço medindo 165 mm x 145 mm e espessura de 3/8"
04	Rosca de ¾" x 240 mm
04	Porca sextavada de ¾"
08	Parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda de 3/16 x 3/8"
08	Porca sextavada de 3/8"
08	Arruela de pressão de 3/8"
01	Motor hidráulico TRW , modelo MAB 08
02	Engate rápido modelo JIK , de ¾ "
02	Mangueira Hidráulica com 5 metros
04	Rolamento SKF 6205 - 2RSH

APÊNDICE B – MEMORIAL DE CÁLCULO

Tabela 2A - Cálculo da Relação de Rotação - Bancada de ensaio de semeadoras

ROTAÇÃO DO MOTOR HIDRÁULICO (rpm))	VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO (km.h ⁻¹)			
	Relação de transmissão I = 2,0	Relação de transmissão I = 2,2	Relação de transmissão I = 3,3	Relação de transmissão I = 3,5
40	2,50	2,75	3,75	4,38
60	3,75	4,13	5,63	6,57
80	5,01	5,51	7,51	8,76
100	6,26	6,88	9,39	10,95
120	7,51	8,26	11,26	13,14
140	8,76	9,64	13,14	15,33
160	10,01	11,01	15,02	17,52
180	11,26	12,39	16,90	19,71
200	12,52	13,77	18,77	21,90
220	13,77	15,14	20,65	24,09
240	15,02	16,52	22,53	26,28
260	16,27	17,90	24,41	28,47
280	17,52	19,27	26,28	30,66
300	18,77	20,65	28,16	32,85
320	20,03	22,03	30,04	35,04
340	21,28	23,40	31,92	37,23
360	22,53	24,78	33,79	39,42

NOTAS:

D_Rolo = **0,166**

C_Rolo = **0,5215**

I = relação de transmissão entre as rodas dentadas, levando em conta o número de dentes da coroa movida em relação à coroa motora.
 Z1 = n°. de dentes da roda dentada (coroa motora);
 Z2 = n°. de dentes da roda dentada (coroa movida);

APÊNCIDE C – BANCADA DE ENSAIO

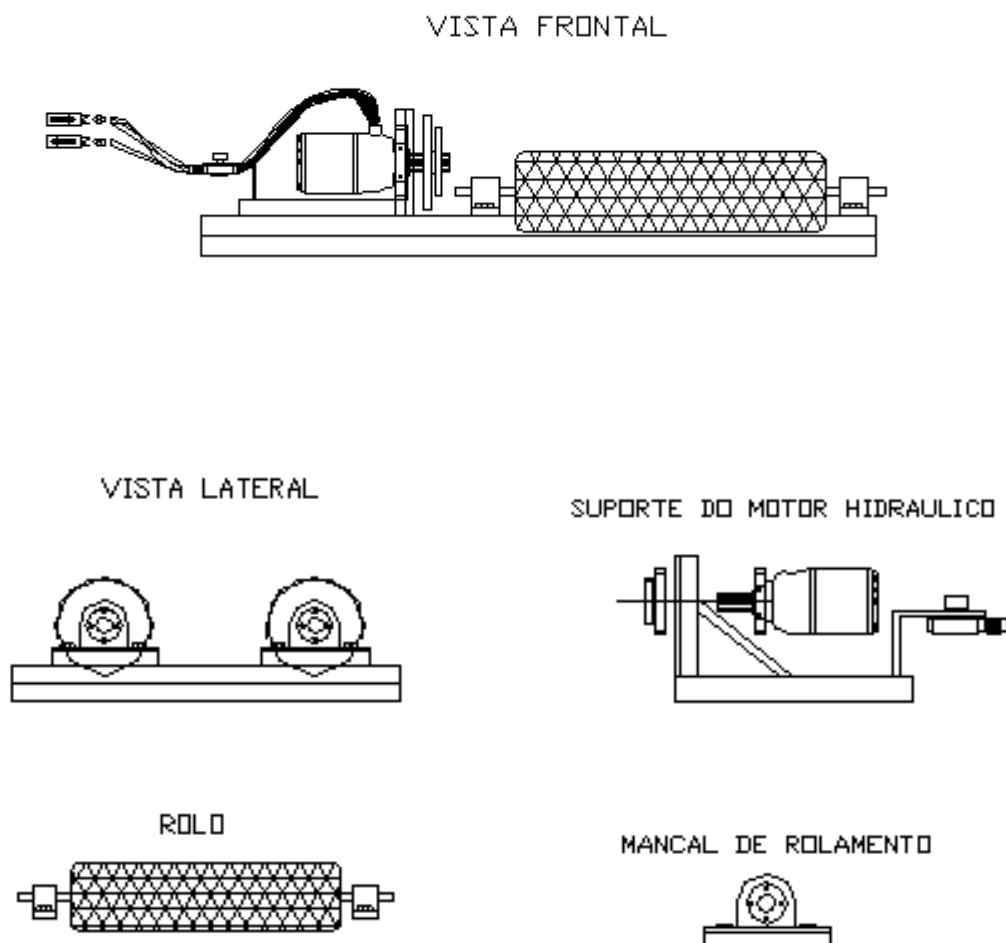


Figura 1A - Vista frontal e lateral da bancada de ensaio de velocidades de deslocamento, detalhes da bancada de fixação do motor hidráulico, detalhes do mancal de rolamento e do rolo recartilhado.

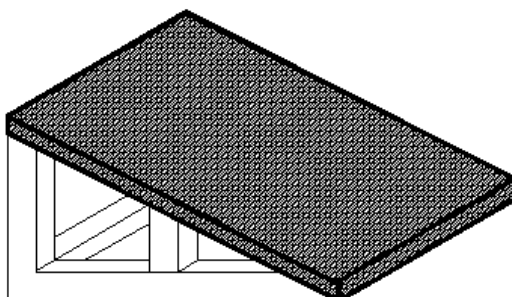


Figura 1B Rampa auxiliar para ensaio em campo.