

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MILHO PARA SILAGEM: SEMEADURA E COLHEITA EM  
LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL**

**Pamela Jose Alves**

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

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2009

Alves, Pamela Jose  
A474m Milho para silagem: sementeira e colheita em Latossolo sob  
preparo convencional / Pamela Jose Alves. -- Jaboticabal, 2009  
x, 41 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009  
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani  
Banca examinadora: Rouverson Pereira da Silva, Wilson José  
Oliveira de Souza  
Bibliografia

1. Milho silagem. 2. Semeadora-adubadora. 3. *Zea mays*.  
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.15: 631.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**PAMELA JOSE ALVES** – nascida em Ribeirão Preto, São Paulo, no dia 31 de julho de 1984, filha de Edson Luiz Alves e Roseli Aparecida José Alves. Em março de 2002 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em julho de 2006. Em março de 2007 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, vinculada ao Programa de Ciência do Solo da mesma Universidade, desenvolvendo suas atividades no Departamento de Engenharia Rural.

*"Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende."*

*João Guimarães Rosa*

*Aos meus pais Edson Luiz  
Alves e Roseli Aparecida José  
Alves por todo amor, carinho,  
apoio e confiança*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

À FCAV – UNESP Jaboticabal, em especial ao Departamento de Engenharia Rural por todo apoio fornecido para a realização do trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, e aos Professores Dr. Rouverson Pereira da Silva e Dr. Afonso Lopes, que sempre forneceram orientação e apoio necessário.

Em especial, ao meu grande amigo, Engenheiro Agrícola, M.Sc. Anderson de Toledo.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural que tanto me ajudaram ao longo desses anos, se tornando grandes amigos, em especial ao “Cido”, “Maranhão”, “Tiãozinho”

Aos membros da banca examinadora.

Aos companheiros de pós-graduação Rubens Tabile, Danilo César Checchio Grotta, Jorge Wilson Cortez, Gustavo Naves dos Reis, Adolfo Valente Marcelo e Ronaldo Rosa Simões.

Aos alunos de graduação Marília, Daniel, Luis Henrique, Juliana e José de Oliveira pela ajuda no trabalho de campo.

A Michelle, Gilciléia e Mariana Parreira, as minhas amigas que muito me apoiaram desde a graduação.

Aos amigos Camila, Nádia, Calima e William, que estiveram comigo em Ribeirão, pelo companheirismo e preocupação.

Ao Leandro por estar ao meu lado, pela paciência, incentivo e carinho.

Em especial aos meus pais e minha irmã que fizeram todo o possível para que eu conseguisse atingir o meu objetivo, e tanto se preocuparam.

Enfim, agradeço quem de alguma maneira contribuiu para que o meu objetivo fosse atingido.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	ix
SUMMARY .....	x
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>1</b>
1.1. Silagem de milho .....	1
1.2. Relação solo-planta .....	4
1.3. Preparo convencional .....	5
1.4. Operação de semeadura .....	6
1.5. Colheita de silagem .....	8
1.6. Justificativa e objetivo .....	9
<b>CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO OPERACIONAL EM SEMEADURA DE MILHO PARA SILAGEM EM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL .....</b>	<b>10</b>
2.1. Introdução.....	11
2.2. Material e Métodos .....	12
2.3. Resultados e Discussão .....	17
2.4. Conclusões.....	19
<b>CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEMEADURA .....</b>	<b>20</b>
3.1. Introdução.....	21
3.2. Material e Métodos .....	21
3.3. Resultados e Discussão .....	24
3.4. Conclusões.....	27
<b>CAPÍTULO 4 – COLHEITA DE MILHO PARA SILAGEM COM COLHEDORA DE FORRAGEM MONTADA EM TRATOR AGRÍCOLA.....</b>	<b>28</b>
4.1. Introdução.....	29
4.2. Material e Métodos .....	29
4.3. Resultados e Discussão .....	33
4.4. Conclusões.....	35
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
CAPÍTULO 2	
1. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre as variáveis: Força de Tração (FT); Velocidade real de deslocamento (v); Potência na Barra de Tração (PBT); Capacidade de Campo Operacional (CCO); Consumo Horário (CHor); Consumo Operacional (COper); e Patinagem (Pat), avaliadas durante a operação de semeadura.....	17
2. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre a Distribuição Longitudinal de sementes.....	19
CAPÍTULO 3	
1. Principais características dos híbridos utilizados no experimento.....	22
2. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre o desenvolvimento da cultura avaliado pelas variáveis: Número de Dias para a Emergência (NDE); Estande Inicial; Altura de Planta; Diâmetro do Colmo; e Produtividade. ....	25
3. Desdobramento da interação entre os fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora para a variável produtividade.....	25
4. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre as características do solo avaliado pelas variáveis: Teor de Água no solo; Densidade do Solo e Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP).....	26
CAPÍTULO 4	
1. Níveis dos fatores estudados no experimento. ....	30
2. Efeito principal e interações dos fatores Híbridos de milho (H), Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) e Tamanho teórico de fragmentos da forragem (T) sobre as variáveis: Capacidade de Campo Operacional (CCO); Consumo Horário (CHor); Consumo Operacional (COper); Altura de Corte; e Perdas, avaliadas durante a operação de colheita de milho para forragem. ....	34
3. Efeito principal e interações dos fatores Híbridos de milho (H), Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) e Tamanho teórico de fragmentos da forragem (T) sobre as variáveis: Material retido nas Peneiras 1 (P1), 2 (P2), 3 (P3) e 4 (P4); Material Não Retido (MNR); e Teor de Água das Plantas (TAP).....	35



**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
CAPÍTULO 2		
1.	Semeadora-adubadora Tatu-Marchesan PST Plus.....	13
2.	Trator Valtra BM 100. ....	14
CAPÍTULO 4		
1.	Engrenagens motora e movida da transmissão da colhedora de forragem.....	32
2.	Trator Valtra BM100 utilizado nas operações. ....	32

## MILHO PARA SILAGEM: SEMEADURA E COLHEITA EM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL

**RESUMO** – A produção de silagem é atividade importante para a alimentação do rebanho brasileiro e, neste aspecto, o planejamento da produção se torna indispensável para se obter uma maior produtividade. A escolha do híbrido adequado e a maneira como será feita a semeadura influencia a produção final, interferindo quantitativa e qualitativamente no desenvolvimento da cultura. A qualidade na colheita de culturas destinadas à silagem, que envolve o tamanho de fragmentos e altura de corte, é fundamental para que as condições da silagem sejam atendidas. O presente estudo foi conduzido em área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA UNESP/Jaboticabal) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, com o objetivo de avaliar: o desempenho de uma semeadora-adubadora em Latossolo sob preparo convencional; as características do material colhido e as perdas na colheita de forragem; a resistência mecânica do solo à penetração, densidade e umidade do solo, em um sistema de produção de milho para silagem. No desempenho da semeadora-adubadora, a maior velocidade proporcionou o menor consumo operacional de combustível e maior capacidade de campo. As características de desenvolvimento da cultura não foram alteradas pelas velocidades e somente a altura da planta diferiu em função dos híbridos utilizados. A densidade e a resistência mecânica do solo à penetração apresentaram valores elevados para solos mobilizados. Na colheita, o consumo de combustível foi superior quando empregada a maior rotação das facas de corte. A perda média na colheita de forragem foi de 2% da produtividade.

**Palavras-chave:** Colhedora de forragem, híbridos de milho, manejo do solo, semeadora-adubadora, *Zea mays*

## **CORN FOR SILAGE: SEEDING AND HARVESTING OPERATIONS IN OXISOL UNDER CONVENTIONAL TILLAGE**

**SUMMARY** – The silage production is an important activity for alimentation of the Brazilian herd. For higher productivity, planning is essential. The choice of hybrid and appropriate sowing change the final production. The quality at sowing affect qualitatively and quantitatively the culture development. The quality of the harvest of crops intended for silage, which involves the size of fragments and height of cut is critical to reach the silage requirements. This study was conducted in the experimental area of the Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA UNESP/Jaboticabal) of the Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus Jaboticabal. The objective of this study was to evaluate: the performance of a seeder-fertilizer in Oxisol under conventional tillage; the characteristics of the harvested matter and losses at forage harvest; the soil mechanical resistance to penetration, density and soil moisture in a production system of maize for silage. In the performance of the seeder-fertilizer, the higher speed provided the lowest fuel consumption and increased the operational field capacity. The development of the culture were not changed by the speed at seeding and only the plant height differed depending on the hybrid used. The density and soil mechanical resistance to penetration showed high values for soil mobilized. At harvest, the fuel consumption was higher than that employed the largest rotation of the cutting knives. The average loss at harvest of forage was 2% in productivity.

**Keywords:** Forage harvester, maize hybrids, soil tillage, seeder-fertilizer, *Zea mays*

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A produção de cereais se destaca por ser uma das bases da alimentação humana e animal. A cultura do milho é de grande interesse zootécnico, pois é base da alimentação, tanto de animais monogástricos quanto de ruminantes. Para os primeiros, o milho é utilizado na forma de grãos, já para os ruminantes é utilizada a planta inteira, pela produção de silagem.

A produção de volumosos, possíveis de serem armazenados, torna-se importante para a alimentação animal, principalmente na época seca do ano, devido à dificuldade em se produzir alimentos nesta época.

Para atingir altos níveis de produção de massa pela cultura do milho, a operação de semeadura é de fundamental importância, pois acarreta na formação adequada do estande e, conseqüentemente, no desenvolvimento da cultura como um todo.

A economia de tempo durante a operação de semeadura, alterando-se a velocidade de deslocamento das semeadoras, deve estar relacionada com a qualidade da produção. A produtividade final também é influenciada pelo híbrido a ser utilizado. Todas as etapas devem ser feitas procurando a qualidade final e, conseqüentemente, o lucro para o produtor.

As áreas destinadas à silagem de milho podem apresentar problemas de compactação do solo em função da utilização de máquinas de grande porte. O preparo do solo bem realizado pode evitar essa compactação, proporcionando boas condições para a semeadura, tornando o solo um ambiente adequado para a germinação e o enraizamento das plântulas.

### **1.1. Silagem de milho**

A ensilagem é o processo onde o material da lavoura ou da pastagem é colhido, picado e armazenado sob compactação dentro dos silos onde, em ausência de oxigênio, sofre fermentações específicas, que irão conservá-lo até que seja fornecido

aos animais. Para este processo, no qual a forragem verde é conservada pela fermentação anaeróbica é que chamamos de silagem (PRODUÇÃO DE SILAGEM, 1997).

O milho é uma das culturas mais antigas do mundo. Há provas, através de escavações arqueológicas e geológicas, e de medições por desintegração radioativa, de que é cultivado há pelo menos 5.000 anos. Logo depois do descobrimento da América, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício tornou-se conhecido (EMBRAPA, 1996).

A área semeada de milho no Brasil, na safra de verão, para a temporada 2008/2009, está estimada em 9,25 milhões de hectares, registrando uma redução de 4,2%, em comparação à safra anterior. Apesar da expectativa de queda na produção, ainda assim mantém-se o patamar de mais de 50 milhões de toneladas. Some-se um estoque de passagem de mais de 11 milhões de toneladas e tem-se o maior suprimento de milho da história, isto é, cerca de 64,5 milhões de toneladas. Espera-se que o consumo aumente, chegando a 46,7 milhões de toneladas e que se conquiste mais mercado no comércio exterior, o que levaria a um total de embarques de oito milhões de toneladas. (CONAB, 2009).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a este fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

No Brasil, os períodos de seca são limitantes ao fornecimento adequado de alimentos aos animais de grande porte, em especial aos bovinos. A produção de silagem é uma alternativa que viabiliza a produção em períodos de entressafra, disponibilizando alimento de qualidade aos animais e aumentando a disponibilidade de retorno financeiro ao empresário rural.

A silagem é a forragem verde, suculenta, conservada por meio de um processo de fermentação anaeróbica, conseguida pelo processo de ensilagem de plantas

forrageiras. A ensilagem (que se constitui no corte da forrageira, deposição, compactação e vedação do silo), o tipo de forrageira utilizada e a qualidade da planta no momento da ensilagem, definem a qualidade da forragem (NEUMANN et al, 2007).

O uso de silagem como volumoso na época seca é uma prática bastante conhecida dos criadores de gado leiteiro e na engorda de bovinos de corte em confinamento. Dentre as forrageiras ensiladas, o milho (*Zea mays* L.) se destaca por oferecer teores mais elevados de carboidratos solúveis essenciais para acelerar a fermentação láctica, altos rendimentos de matéria seca (MS) por hectare e adaptação às condições tropicais (LEMPP et al., 2000; SILVA, 2001).

A silagem de milho é tida como uma das melhores fontes de forragem, pois apresenta bom valor nutritivo e além de boas características para o processo de conservação, sobretudo ao se observar o estágio ideal para a colheita. Além disso, segundo McDonald et al. (1991) citado por Mari e Nussio (2005), um fator que deve ser levado em conta é a fragmentação cuidadosa e diminuta. E de acordo com os mesmos autores auxilia a compactação, aumentando a densidade da massa, melhorando a fermentação e, possivelmente, ajudando a manter melhor valor nutritivo.

A escolha da cultivar correta contribui para se conseguir alta produtividade na lavoura e alto valor nutritivo na silagem. Considerando que o produtor efetuará gastos com plantio, colheita e ensilagem, a diferença entre uma silagem de alta qualidade e outra de baixa qualidade pode estar na escolha da cultivar (variedade, híbrido duplo, triplo ou simples) e nas adubações de semeadura e cobertura. Muitas vezes a diferença de preço entre sementes de duas cultivares é de 4 a 5% do custo total da lavoura; mas na qualidade da silagem, uma cultivar com maior capacidade produtora de grãos terá reflexo positivo, principalmente aumentando a percentagem de grãos na matéria seca (MIRANDA et al., 2006).

## 1.2. Relação solo-planta

O milho, assim como a maioria das culturas, requer a interação de um conjunto de fatores edafoclimáticos apropriados ao seu bom desenvolvimento. Segundo Fornasieri Filho (2005), um solo rico em nutrientes teria pouco ou quase nenhum significado para a cultura se esse mesmo solo estivesse submetido a condições climáticas adversas ou, ainda, apresentasse características físicas inadequadas, drenagem e aeração deficientes, percolação excessiva, adensamento superficial, profundidade reduzida e declividade acentuada.

Segundo Magalhães et al. (2002), em condições normais de campo, após a semeadura, as sementes absorvem água e começam a crescer. A radícula é a primeira a se alongar, e só após seu desenvolvimento a planta emerge. Em condições adequadas de temperatura e umidade do ar, a emergência do milho ocorre entre quatro e cinco dias após a semeadura, porém, em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar duas semanas ou mais.

Alvarenga et al (2002) descreve que em camada compactada, as características químicas e principalmente físicas do solo são modificadas. Após o solo ser pressionado, que pode ser pelas rodas dos tratores ou por equipamentos agrícolas, ocorre quebra de agregados. Com essa quebra, há o aumento da densidade do solo. Ocorrendo assim, simultaneamente a redução da porosidade, especialmente dos macroporos, e a diminuição de troca gasosa (oxigênio e dióxido de carbono), a limitação do movimento de nutrientes, a diminuição da taxa de infiltração de água no solo e o aumento da erosão. Nessa condição, a resistência do solo à penetração também é maior, o que aumenta o requerimento de potência para o preparo do solo. As condições se tornam menos favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular, que sofre uma série de modificações, de ordem morfológica e fisiológica, alterando o padrão de crescimento, com tendência de distribuição mais superficial, afeta seu desempenho e por conseqüência o desempenho da planta, que apresenta menor crescimento (ALVARENGA et al., 2002).

### 1.3. Preparo convencional

De acordo com Furlani (2005), o preparo do solo pelo método convencional é composto pela utilização de arados (disco ou aiveca) à profundidade máxima de 30 cm e posterior gradagem para destorroar e nivelar o solo.

O preparo periódico do solo tem como finalidades mobilização, destorroamento, controle de plantas daninhas, incorporação de restos vegetais, de corretivos e defensivos agrícolas, proporcionando, assim, condições favoráveis para a semeadura, cultivo, adubação e também uma compactação desejável para o desenvolvimento radicular das plantas (DICKY et al., 1992).

É importante utilizar corretamente as técnicas de preparo da área a ser cultivada para evitar degradações físicas, químicas e biológicas do solo. O preparo do solo tem por objetivo básico aperfeiçoar as condições para germinação, emergência e o estabelecimento das plântulas. Este preparo deve ser visto também como um sistema que deverá aumentar a infiltração de água, de modo a reduzir a enxurrada e a erosão a um mínimo tolerável (ALVARENGA et al., 2002).

Para Pereira Filho & Cruz (2002), a maneira como se maneja o solo é importante no fenômeno da erosão, podendo afetar com diferentes intensidades, características intrínsecas e extrínsecas do solo, onde a compactação é um fator preocupante. A compactação é reconhecida como uma das principais conseqüências do manejo inadequado do solo. Em geral aparece abaixo da camada revolvida pela ação dos equipamentos de preparo do solo ou na superfície devido ao tráfego. No caso dos tratores, a superfície de contato com o solo é dada pelas rodas e, no caso dos equipamentos, os órgãos ativos (ferramentas). Por esse motivo as rodas e equipamentos são considerados agentes causadores da compactação, pois o peso total do equipamento é concentrado em uma área muito pequena, ou seja, a área de contato dos pneus e as extremidades dos órgãos ativos.

Freddi et al (2006) define, utilizando-se de outros autores, que a compactação é uma alteração estrutural que promove reorganização dos fragmentos e de seus agregados, podendo limitar a adsorção, absorção de nutrientes, infiltração e



redistribuição de água, trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, resultando em decréscimo da produtividade das culturas e aumento da energia necessária para o preparo do solo.

Um dos atributos físicos mais adotados como indicativo da compactação do solo tem sido a resistência do solo à penetração, por apresentar relações diretas com o crescimento das plantas, e por ser mais eficiente na identificação de estados de compactação comparada à densidade do solo (FREDDI et al., 2006).

Sob o sistema plantio direto ou sob cultivo mínimo, com escarificação, o milho apresenta, em geral, as maiores concentrações de nitrogênio nos grãos, nitrogênio total, nitrogênio derivado do fertilizante mineral e nitrogênio derivado do solo. O modo de ação dos arados de discos e de aivecas, bem como a época de incorporação dos restos culturais, pré-plantio e pós-colheita, não causa diferenças nas quantidades acumuladas de nitrogênio, nitrogênio total e nitrogênio derivado do fertilizante mineral, nos grãos de milho. (FIGUEIREDO et al., 2005)

Deve-se avaliar qual a melhor maneira de se preparar o solo antes de iniciar o processo. Carpenedo e Mielniczuk (1990), avaliando a estabilidade e a qualidade dos agregados em água, de um Latossolo Roxo distrófico e um Latossolo Roxo álico, em condições naturais e sob diferentes manejos, constataram que o solo submetido ao preparo convencional apresentou menor agregação do que o sob mata nativa, o plantio direto melhorou a agregação do solo e que as frações menores que 0,50 mm de diâmetro foram agregadas em frações maiores. Silva e Mielniczuk (1997) também encontraram menor agregação para o solo sob cultivo convencional com culturas anuais.

#### **1.4. Operação de semeadura**

Os melhores resultados de uma cultura se iniciam no preparo da área e sua implantação. No caso de culturas como o milho, a qualidade da implantação está

relacionada a adequação e regulagem da máquina, velocidade de deslocamento, além de outros fatores.

Segundo Delafosse (1986) citado por Furlani et al. (2005), afirma que a velocidade de semeadura é um dos parâmetros que mais influencia o desempenho de semeadoras, sendo a distribuição longitudinal de sementes afetada pela velocidade de deslocamento, que, por sua vez, influencia a produtividade da cultura.

Admitindo-se a influência da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora na disposição da semente de milho na linha de semeadura e respostas diferentes de tipos de híbridos para os componentes de produção de grãos, supõe-se que o aumento da velocidade desse conjunto resultará em efeito negativo nesses componentes (MELLO et al., 2007).

Garcia et al. (2006) que estudaram a influência da variação da velocidade de deslocamento na semeadura de milho, na faixa de 3,0 a 9,0 km h<sup>-1</sup>, sobre a população de plantas emergidas, distribuição longitudinal, população com espigas e os componentes de rendimento, verificaram que há aumento na percentagem de espaçamentos falhos e múltiplos e queda de espaçamentos aceitáveis ao se elevar a velocidade de semeadura. A produtividade só foi afetada quando a população de plantas com espigas foi reduzida pelo incremento de velocidade.

Silva et al. (2000) em trabalho conduzido em solo com sistema de plantio direto, avaliaram o estabelecimento da cultura do milho implantado com semeadora-adubadora com dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado, nas velocidades de deslocamento de 3,0; 6,0; 9,0 e 11,2 km h<sup>-1</sup>. O número de plantas de milho na linha de semeadura foi menor nas maiores velocidades de operação da máquina. A uniformidade dos espaçamentos entre as sementes de milho na linha de semeadura foi considerada excelente para a velocidade de 3,0 km h<sup>-1</sup>, regular para 6,0 e 9,0 km h<sup>-1</sup> e insatisfatória para 11,2 km h<sup>-1</sup>. As velocidades da semeadora-adubadora de até 6,0 km h<sup>-1</sup> propiciaram maiores estandes de plantas e número de espigas por metro e foram responsáveis pelos maiores rendimentos de grãos.

Furlani et al. (1999) concluíram que, quando a velocidade de semeadura aumentou de 3 para 5 km h<sup>-1</sup>, o estande final e a produtividade de grãos diminuíram.

Mantovani et al. (1992) avaliaram nove semeadoras com sementes de milho e concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes era irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular, à medida que a velocidade de semeadura aumentava.

### **1.5. Colheita de silagem**

Em relação à cultura do milho são vários os aspectos que causam variações na qualidade da silagem, como a escolha do híbrido, estágio de maturação na colheita, além de aspectos agronômicos como tipo de solo, clima, entre outros. Na confecção das silagens, segundo Nussio (1995), aspectos ligados ao tamanho dos fragmentos e à altura de colheita das plantas afetam o grau de compactação dentro do silo (quanto menor o fragmento e maior a altura de colheita, tanto melhor a compactação) e, por consequência, a condição alcançada de anaerobiose, que é decisiva no processo de fermentação e conservação.

Contudo, na prática, busca-se também maior rapidez no processo, que é facilitado quando a ensiladora é regulada para um maior tamanho de fragmentos do material e maior altura de corte. Assim, é de grande interesse prático uma avaliação metódica e científica que podem ocorrer em ambos os casos no processo de ensilagem. (NEUMANN, 2006)

A mensuração do tamanho de fragmento da forragem a ser ensilada é importante, pois constitui fator que influencia diretamente na compactação durante a ensilagem e, conseqüentemente, no processo fermentativo (MUCK et al., 2003)

Dados de Neumann et al. (2007a) mostraram que na silagem com fragmentos grandes, ocorreram maiores perdas físicas na desensilagem e durante a alimentação dos animais. Segundo esses dados, eles recomendaram a colheita da planta de milho à altura de 38,6 cm e tamanho de fragmento entre 0,2 e 0,6 cm, por determinar menores perdas físicas e nutricionais na desensilagem.

## **1.6. Justificativa e objetivo**

Considerando que a produção de milho para silagem representa grande parte da alimentação animal, e que, este sistema de produção é exigente quanto à qualidade da matéria-prima, faz-se necessário estudar a qualidade das operações de semeadura e colheita para silagem do milho e avaliar características físicas do solo em função das operações realizadas, bem como o desenvolvimento da cultura e a qualidade da silagem.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de uma semeadora-adubadora em LATOSSOLO Vermelho eutroférico típico sob preparo convencional na semeadura de milho para silagem; as características de corte e perdas de uma colhedora de forragem; e a resistência do solo à penetração, densidade e umidade do solo.

Para atender ao objetivo proposto, esta dissertação é apresentada na forma de capítulos, constituído pelas considerações gerais no Capítulo 1, avaliação do desempenho operacional na semeadura do milho em função dos híbridos e velocidades do conjunto trator-semeadora no Capítulo 2, desenvolvimento dos híbridos influenciados pela semeadura e propriedades do solo descrito no Capítulo 3, e finalmente, no Capítulo 4 o desempenho na operação de colheita de forragem e a qualidade do material colhido.

## **CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO OPERACIONAL EM SEMEADURA DE MILHO PARA SILAGEM EM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL**

### **Desempenho Operacional em Semeadura de Milho para Silagem em Latossolo sob Preparo Convencional**

**RESUMO** – O desempenho em operação de semeadura, como destacado por diversos autores é amplamente influenciado pela velocidade de deslocamento e força na barra de tração. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional do conjunto trator-semeadora em LATOSSOLO Vermelho eutroférico sob preparo convencional. O trabalho foi desenvolvido em área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal (LAMMA UNESP/Jaboticabal). Estudou-se a interferência de três híbridos de milho e três velocidades de deslocamento no desempenho na operação de semeadura. Pelos resultados, verificou-se que para a maior velocidade, o consumo operacional de combustível foi menor e a capacidade de campo foi superior. A distribuição longitudinal de sementes não foi alterada pelos tratamentos adotados. Entretanto, a patinação média dos rodados foi inferior ao recomendado para solos mobilizados. Portanto, a velocidade teórica de 7,0 Km h<sup>-1</sup> durante a semeadura é a mais adequada, considerando os parâmetros analisados.

**Palavras-chave:** Consumo de combustível, distribuição longitudinal, semeadora

## 2.1. Introdução

Um dos aspectos mais negligenciados na produção é a velocidade de semeadura, que deve ficar dentro dos limites recomendados. A velocidade utilizada deve ser de acordo com o sistema de distribuição utilizado. Para semeadoras de disco horizontal, que predominam no mercado brasileiro, a velocidade deve variar entre 4 e 6 km h<sup>-1</sup>. Semeadoras de disco vertical (pneumáticos) permitem realizar operação de semeadura, com velocidade de até 10 km h<sup>-1</sup>, desde que as condições da topografia do terreno, umidade e textura do solo permitam operar com esta velocidade. O aumento da velocidade de 5 para 10 km h<sup>-1</sup> pode implicar em perdas na semeadura de até 12% (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002).

Lopes et al. (2003) afirmam que o consumo de combustível de tratores agrícolas é influenciado pela lastragem do trator, pela carga imposta na barra de tração, pelo tipo de pneu e pela velocidade de deslocamento.

Segundo Mercante et al. (2005) o acréscimo da velocidade de deslocamento em semeadura, representou aumento da potência requerida na barra de tração, não interferindo na patinação dos rodados motrizes, que se encontrou abaixo de 7%.

Em estudos realizados por Mello et al. (2007), o aumento da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora na operação de semeadura, causou menor percentagem de espaçamentos normais entre as sementes, menor produtividade de grãos para o híbrido simples e não interferiu na produtividade do híbrido duplo (MELLO et al., 2007).

Furlani et al. (2006), verificaram que aumento da velocidade de semeadura promoveu alterações significativas para potência na barra de tração, capacidade de campo teórica e consumo horário de combustível em semeadura com trator de 73,6 kW de potência e semeadora de 4 linhas.

Furlani et al. (2005) encontraram maiores consumos de combustível horário e operacional com o aumento da velocidade de deslocamento, não observando mesmo comportamento para a força e potência na barra de tração em semeadura de milho, usando conjunto trator de 73,6 kW (100 cv) e semeadora de 4 linhas de 0,90 m.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional do conjunto trator-semeadora na semeadura de três híbridos de milho e velocidades de deslocamento.

## **2.2. Material e Métodos**

Este trabalho foi realizado em área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal, com coordenadas geográficas 21°14' S e 48°16' W, altitude média de 560 metros, declividade média de 4% e clima tropical com verão chuvoso (Aw) conforme classificação de Köppen-Geiger.

O solo é um LATOSSOLO Vermelho eutroférico típico, horizonte A moderado, textura muito argilosa e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999). A área possuía 1 ha, dividido em parcelas de 30 m de comprimento por 7,2 m de largura, com intervalos de 10 m. Cada parcela foi constituída por 8 fileiras de semeadura, com espaçamento de 0,90 m.

No preparo primário do solo realizou-se uma aração com arado de aivecas recortadas, reversível de dois corpos da marca Maschietto e uma gradagem com grade pesada da marca Marchesan de 16 discos recortados com 81 cm (32”) de diâmetro. O preparo secundário foi realizado com duas gradagens com uma grade leve também da Marchesan, de 32 discos com diâmetro de 51 cm (20”) dispostos em off-set, sendo os de primeira ação recortados e os de segunda ação, discos lisos.

Estas operações justificaram-se pelo fato da área – a mais de cinco anos sem implantação de culturas e quaisquer outras operações – estar, anteriormente à semeadura, com possível alto nível de compactação e de infestação de plantas indesejáveis. Assim, no momento da semeadura, o solo apresentava desprovido de culturas em sua superfície.

A semeadura do milho foi realizada em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, composto por três velocidades de semeadura (V) e três

híbridos de milho (H). Os níveis do fator velocidade do conjunto trator-semeadora foram 3, 5 e 7 km h<sup>-1</sup> (velocidade teórica), e os híbridos utilizados para silagem foram: BM 2202 (híbrido duplo); BM 3061 (híbrido triplo), ambos da empresa Biomatrix; e BRS 3003 (híbrido triplo) da EMBRAPA.

A semeadora-adubadora utilizada no experimento foi a Tatu-Marchesan modelo PST Plus (Figura 1), utilizando-se 4 fileiras espaçadas de 0,90 m, com largura útil de trabalho (LT) igual a 3,6 m. A semeadora utilizada encontrava-se equipada com reservatórios para sementes com capacidade para 40 kg e para fertilizantes 700 kg, sulcadores de adubo e semente de disco duplo defasado e dosador de sementes de disco horizontal (mecânico).



Figura 1. Semeadora-adubadora Tatu-Marchesan PST Plus.

Para tracionar a semeadora-adubadora, utilizou-se um trator instrumentado da marca VALTRA, modelo BM100 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência no motor de 73,6 kW (100 cv) a 2 300 rpm, equipado com pneus 14.9-24 no eixo dianteiro e 23.1-26 no eixo traseiro, dotado de instrumentação para medir as variáveis de desempenho operacional descrito com maiores detalhes por Lopes (2006).

Para realizar a aquisição e armazenamento dos dados referentes à força de tração, velocidade de deslocamento, consumo de combustível e patinagem foi utilizado



um sistema composto pelo Micrologger CR23X da Campbell Scientific Inc. e sensores analógicos e digitais (Figura 2).



Figura 2. Trator Valtra BM 100.

A força requerida na barra de tração (FT) foi obtida utilizando-se uma célula de carga instalada entre o trator e a semeadora, com uma aquisição a cada segundo, calculando-se o valor médio por parcela. Para medir o requerimento de força de tração da semeadora-adubadora uma célula de carga M. Shimizu, modelo TF 400, com capacidade de 10 kN e precisão de 1 N foi acoplada à barra de tração.

A velocidade real de deslocamento do conjunto foi medida por meio de um radar marca Dickey John, modelo RVS II, instalado na parte lateral do trator, disposto em ângulo de 45° com a horizontal, cujas informações, à frequência de 1 Hz, foram armazenadas no sistema de aquisição de dados.

A potência média requerida na barra de tração foi calculada, para cada parcela, pelo produto da força de tração média e da velocidade média de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora.

A capacidade de campo operacional (CCO) foi obtida utilizando-se a largura de trabalho da semeadora e a velocidade de deslocamento, conforme demonstrado na equação 1:

$$CCO = LT \cdot v \cdot e \cdot 0,36 \quad (1)$$

em que,

CCO = capacidade de campo operacional ( $\text{ha h}^{-1}$ );

LT = largura útil de trabalho da semeadora (m);

v = velocidade real de deslocamento ( $\text{m s}^{-1}$ );

e = eficiência (75%), segundo Mialhe (1996);

0,36 = fator de conversão da unidade  $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$  para  $\text{ha h}^{-1}$ .

Para quantificar o consumo horário de combustível, utilizaram-se dois medidores de fluxo, um na entrada e outro na saída da bomba injetora do trator, com precisão de 1 mL e capacidade máxima de vazão de  $100 \text{ L h}^{-1}$ , com esquema descrito em Lopes et al. (2003). Contabilizando-se a quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer uma distância conhecida, foi determinado o consumo horário de combustível na operação de semeadura, conforme equação 2.

$$CHor = \frac{(V_a - V_r)}{t} \cdot 3,6 \quad (2)$$

em que,

CHor = consumo horário volumétrico de combustível ( $\text{L h}^{-1}$ );

V<sub>a</sub> = volume de alimentação de combustível na entrada da bomba injetora (mL);

V<sub>r</sub> = volume total retornado dos bicos e da bomba injetora (mL);

t = tempo de percurso na parcela (s);

3,6 = fator de conversão da unidade  $\text{mL s}^{-1}$  para  $\text{L h}^{-1}$ .

Também foi calculado o consumo operacional (COper), com base no consumo horário e capacidade de campo operacional, sendo expresso em L ha<sup>-1</sup> como demonstrado na equação 3.

$$CO_{oper} = \frac{CVol \cdot v}{CCO} \quad (3)$$

em que,

COper = consumo operacional de combustível (L ha<sup>-1</sup>).

Para avaliar o índice de patinação dos rodados, geradores de impulso (“encoders”) unidirecionais totalizadores da marca S&E Instrumentos foram instalados nas rodas do trator, medindo a rotação destas. O cálculo da patinação foi determinado pela equação 4 (ASABE, 2006), em cada parcela:

$$pat = \frac{Ns - Nc}{Ns} \cdot 100 \quad (4)$$

em que,

pat = patinação (%);

Ns = número de pulsos na condição sem carga na barra de tração;

Nc = número de pulsos na condição com carga na barra de tração.

A regularidade de distribuição longitudinal foi determinada pela medição da distância entre sementes consecutivas, existentes em dois metros de fileira de semeadura para cada parcela, conforme descrito por Kurachi et al. (1989).

Considerou-se o estande teórico de 60 000 plantas por hectare, correspondendo a 5,4 sementes por metro de espaçamento teórico, sendo este o valor de referência para a metodologia adotada (0,5 a 1,5 vez o valor de referência). Assim, os espaçamentos abaixo de 2,7 cm foram considerados como duplos e acima de 8,1 cm considerados falhos.

Para comparação das médias, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (BANZATTO & KRONKA, 1995).

### 2.3. Resultados e Discussão

Os resultados referentes ao desempenho do trator, na operação de semeadura dos híbridos de milho estudados, nas diferentes velocidades são apresentados na Tabela 1. Somente a variável força de tração (FT) não foi alterada pelos fatores híbridos e velocidades, bem como sua interação, como também constatado por Furlani et al. (2005), em solo sob preparo convencional.

Tabela 1. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre as variáveis: Força de Tração (FT); Velocidade real de deslocamento (v); Potência na Barra de Tração (PBT); Capacidade de Campo Operacional (CCO); Consumo Horário (CHor); Consumo Operacional (COper); e Patinação (Pat), avaliadas durante a operação de semeadura.

Fatores	FT (kN)	v (m s <sup>-1</sup> )	PBT (kW)	CCO (ha h <sup>-1</sup> )	CHor (L h <sup>-1</sup> )	COper (L ha <sup>-1</sup> )	Pat (%)
<b>Híbrido (H)</b>							
BM 2202	13,04	2,08	27,17	2,01	12,45 B	4,65 B	5,94 B
BM 3061	13,14	2,11	27,66	2,04	12,86 AB	4,74 AB	7,87 AB
BRS 3003	12,74	2,05	26,10	2,00	13,51 A	5,11 A	9,04 A
<b>Velocidade (V)</b>							
3 km h <sup>-1</sup>	12,82	1,66 C	21,25 B	1,61 C	10,96 B	5,10 A	7,42
5 km h <sup>-1</sup>	12,27	2,23 B	29,45 A	2,16 B	13,91 A	4,84 AB	6,96
7 km h <sup>-1</sup>	12,83	2,36 A	30,24 A	2,29 A	13,93 A	4,57 B	8,48
<b>Teste F</b>							
H	0,11 <sup>NS</sup>	3,16 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	3,16 <sup>NS</sup>	4,09*	4,35*	7,98**
V	0,16 <sup>NS</sup>	607,01**	18,16**	607,01**	41,08**	5,19*	1,98 <sup>NS</sup>
H x V	0,10 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	1,79 <sup>NS</sup>
CV (%)	15,05	2,23	13,51	1,98	5,16	8,87	23,06

Para cada fator e cada variável, médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

A velocidade real de deslocamento ( $v$ ), avaliada para confirmar a diferença entre os níveis do fator velocidade, obtida em função das marchas do trator, comprovou a diferença entre estes, não sendo influenciada pelo fator híbrido ou sua interação com a velocidade.

A potência requerida na barra de tração (PBT) e a capacidade de campo operacional (CCO) sofreram alterações significativas somente pelo fator velocidade. A menor exigência de PBT ocorreu na velocidade teórica de  $3 \text{ km h}^{-1}$ , comparada as velocidades maiores, que exigiram maior PBT. A CCO também foi maior na velocidade teórica de  $3 \text{ Km h}^{-1}$ , mas houve aumento significativo com a elevação da velocidade de até  $7 \text{ Km h}^{-1}$ . Esta constatação é esperada, visto que estas duas variáveis são obtidas em função da velocidade de deslocamento.

A patinagem média dos rodados do trator apresentou diferença somente em função dos híbridos utilizados, o que pode ser devido à redução da massa de adubo no depósito da semeadora-adubadora no decorrer da operação – fator não controlado neste experimento – com base nos resultados apresentados por Furlani et al. (2006). Ainda, estes valores de patinagem estão abaixo do recomendado pela ASABE (2006) para solos preparados, que varia entre 11 e 13%.

Os consumos horário e operacional, quando influenciados pelo fator híbridos de milho, apresentaram o mesmo comportamento da patinagem, portanto, onde a patinagem foi superior, os consumos foram maiores. Em função do fator velocidade, o consumo horário foi menor na velocidade de  $3 \text{ km h}^{-1}$ , justificado pela menor potência requerida nesta mesma velocidade.

Em contrapartida, o consumo operacional foi menor na maior velocidade, pois, a capacidade de campo operacional nesta velocidade foi superior. Assim, com o aumento da velocidade de 3 para  $7 \text{ km h}^{-1}$ , houve redução de aproximadamente 10% no consumo operacional e aumento de 30% na capacidade de campo, como também constatado por Furlani et al. (2007).

Na Tabela 2 é apresentada a porcentagem de distribuição longitudinal de sementes de milho, em que os fatores e a interação não interferiram na regularidade de distribuição em cada classificação (Normal, Dupla e Falha), discordando do

apresentado por Mello et al. (2007), em que a velocidade de deslocamento afetou estes parâmetros. A distribuição longitudinal normal foi maior que 70% em todos os tratamentos, representando que o mecanismo dosador de sementes da semeadora apresentou eficiência e regularidade na distribuição.

Tabela 2. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre a Distribuição Longitudinal de sementes.

Fatores	Distribuição Longitudinal (%)		
	Normal	Dupla	Falha
<b>Híbrido (H)</b>			
BM 2202	73,9	14,5	11,6
BM 3061	73,0	16,3	10,8
BRS 3003	76,9	10,1	13,0
<b>Velocidade (V)</b>			
3 km h <sup>-1</sup>	81,6	11,8	6,6
5 km h <sup>-1</sup>	70,1	15,2	14,7
7 km h <sup>-1</sup>	72,1	13,9	14,1
<b>Teste F</b>			
H	0,12 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>
V	1,12 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>
H x V	1,28 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	1,39 <sup>NS</sup>
<b>CV (%)</b>	<b>21,56</b>	<b>74,55</b>	<b>84,83</b>

Para cada fator e cada variável, médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

## 2.4. Conclusões

A velocidade teórica de 7 km h<sup>-1</sup> foi a que apresentou o menor consumo operacional de combustível e maior capacidade de campo e, como não houve alterações na distribuição longitudinal de sementes, esta velocidade configura-se como a opção mais adequada em função das variáveis avaliadas.

A patinagem média dos rodados foi inferior ao recomendado para solos mobilizados.

A distribuição longitudinal normal de sementes foi superior a 70% em todos os tratamentos.

## **CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEMEADURA**

### **Desenvolvimento de Híbridos de Milho em Função da Velocidade de Semeadura**

**RESUMO** – Para atingir altos níveis de produção de massa pela cultura do milho, a operação de semeadura é de fundamental importância, pois acarreta na formação adequada do estande e, conseqüentemente, no desenvolvimento da cultura como um todo. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento e a produção de híbridos de milho para silagem semeados em diferentes velocidades do conjunto trator-semeadora. Avaliou-se o número médio de dias para a emergência, estande inicial, altura de planta, diâmetro do colmo e produtividade no ponto de colheita de forragem. Também foram realizadas amostragens para verificar o teor de água, a densidade e a resistência mecânica do solo à penetração. As características de desenvolvimento da cultura não foram alteradas pelas velocidades de semeadura e somente a altura da planta diferiu em função dos híbridos utilizados. Para as análises referentes ao solo, a densidade e a resistência mecânica à penetração apresentaram valores elevados quando comparados aos obtidos por outros autores, para o mesmo sistema de preparo em Latossolos.

**Palavras-chave:** Distribuição longitudinal, emergência de plântulas, resistência mecânica do solo à penetração, silagem de milho

### **3.1. Introdução**

A habilidade das plantas em buscar de água e nutrientes no solo depende em grande parte da distribuição de raízes no perfil do solo, e essa distribuição depende das condições físicas e químicas do solo, sendo que essas características sofrem alterações dependendo do manejo aplicado (ALVARENGA; CRUZ, 2003).

Os solos agrícolas funcionam como um sistema complexo que retém e transfere água, ar, nutriente e calor às sementes e plantas, dessa maneira é fundamental um ambiente físico favorável ao crescimento radicular, para maximizar a produção das culturas (TORMENA et al., 2002). Ainda, os autores afirmam que os sistemas de preparo do solo devem oferecer condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas. No entanto, dependendo do solo, do clima, da cultura e de seu manejo, eles podem promover a degradação da qualidade física do solo, com restrições ao crescimento radicular.

A fase inicial de uma cultura, germinação e emergência, é afetada pelo condicionamento físico do solo, sendo eles a aeração, temperatura e teor de água, que afetam diretamente o processo de embebição da semente (SILVA et al., 1993)

A hipótese deste trabalho é de que diferentes velocidades de deslocamento no momento da semeadura e utilização de diferentes híbridos afetem o desenvolvimento inicial da cultura e que isso possa refletir na produção de massa para silagem. Portanto, o objetivo deste experimento foi avaliar o desenvolvimento de híbridos de milho para silagem em função da velocidade em que foram semeados.

### **3.2. Material e Métodos**

Neste experimento realizou-se a semeadura do milho em delineamento inteiramente ao acaso, esquema fatorial 3x3, composto por três velocidades de semeadura (3, 5 e 7 km h<sup>-1</sup>) e três híbridos de milho, descritos na Tabela 1.



Tabela 1. Principais características dos híbridos utilizados no experimento.

Híbrido	Empresa	Tipo	Ciclo	Porte
BM 2202	Biomatrix	Duplo	Precoce	Alto
BM 3061	Biomatrix	Triplo	Precoce	Médio/Alto
BRS 3003	Embrapa	Triplo	Precoce	Baixo/Médio

A área experimental, situada nas coordenadas 21°14' Sul e 48°16' a Oeste do meridiano de Greenwich, altitude média de 560 metros, Jaboticabal – São Paulo, pertencente ao Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, foi dividida em parcelas de 30 m de comprimento por 7,2 m de largura, com intervalos de 10 m.

Cada parcela foi constituída por oito fileiras de semeadura, com espaçamento de 0,90 m. Para as avaliações referentes ao desenvolvimento da cultura, foram desconsideradas duas fileiras de bordadura de cada lado, avaliando-se, portanto, as quatro fileiras centrais.

O solo da área é um LATOSSOLO Vermelho eutroférico típico, horizonte A moderado, textura muito argilosa e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999), preparado em sistema convencional (primário: uma aração com arado de aivecas; e secundário: duas gradagens leves) e o clima da região tropical com verão chuvoso (Aw) conforme classificação de Köppen-Geiger.

A semeadora-adubadora utilizada no experimento foi da marca Tatu-Marchesan modelo PST Plus, utilizando 4 fileiras com espaçamento de 0,90 m, regulada para estande inicial de 55 mil plantas por hectare, e profundidade de deposição de 5 cm. Para a adubação foram utilizados 320 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-14-8 (N-P-K) na semeadura, e 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio em cobertura.

Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) realizaram-se duas pulverizações, a primeira com o inseticida lambda-cialotrina 0,2 e lefenuron 0,3 aplicados quinze dias após a germinação, e a segunda aplicação 30 dias após a germinação do milho com lefenuron 0,3 e deltametrina 0,3.

Após a semeadura, o desenvolvimento da cultura foi avaliado pelo número médio de dias para emergência das plântulas, estande inicial da cultura, altura das plantas e diâmetro médio do colmo durante o ciclo produtivo.

O número médio de dias para emergência (NDE) foi avaliado pela contagem das plântulas emergidas, a partir da emergência da primeira, em 2 m de uma fileira de semeadura em cada parcela, até a estabilização da emergência, e calculado de acordo com a equação 1 (EDMOND & DRAPALA, 1958):

$$NDE = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (1)$$

em que,

NDE = número médio de dias para emergência de plântulas;

$N_i$  = número de dias decorridos entre a semeadura e a contagem  $i$ ;

$G_i$  = número de plântulas emergidas entre as contagens  $i$  e  $(i-1)$ .

O estande inicial foi obtido pela quantidade de plantas presentes no último dia da avaliação do NDE, e expresso em número de plantas por hectare.

A altura das plantas foi medida com o uso de trena, sendo avaliada nas plantas presentes em um metro de uma das fileiras centrais em cada parcela, determinada do solo até o ponto de inserção da folha bandeira.

O diâmetro médio dos colmos foi obtido com paquímetro, tomando-se dez plantas por parcela, com duas medidas perpendiculares, logo acima das raízes adventícias.

Anteriormente à colheita, a produtividade da cultura e o teor de água das plantas também foram avaliados. A produtividade foi realizada com a coleta de plantas de dois metros em uma fileira, mensurando-se a massa verde, calculada em  $Mg\ ha^{-1}$ . Posteriormente esse material foi levado à estufa a  $65\ ^\circ C$  por 24 horas, obtendo-se o teor de água das plantas na colheita, por diferença de massa.

O teor de água e a densidade do solo foram avaliados antes da semeadura, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, coletando-se amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos (90 cm<sup>3</sup>). Foram mensuradas as massas antes e após secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, calculando-se o teor de água do solo pela diferença de massa e a densidade pela razão entre a massa de solo antes da secagem e o volume médio do anel.

Para medir a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) utilizou-se o penetrógrafo eletrônico PNT-2000/MOTOR de haste com ponteira cônica, da DLG Automação, dotado de célula de carga e sistema de aquisição de dados para medição da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), conforme descrito pelas normas ASAE S313.3 e EP542 (ASAE, 1999a, 1999b), sendo realizada uma leitura por parcela até a profundidade de 30 cm com intervalos de 1 cm, calculando-se a RMSP média para as camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm.

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância e teste de comparação de médias a 5% de probabilidade (teste de Tukey), para verificar a semelhança estatística entre estas.

### **3.3. Resultados e Discussão**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados para as variáveis de desenvolvimento da cultura em função dos fatores estudados. O número médio de dias para emergência de plântulas e o estande inicial não diferiram em função dos fatores, tanto isoladamente, como em interação, assim como constatado por Faganello et al. (1998), Furlani et al. (2001) e Mello et al. (2007). O diâmetro do colmo também não apresentou diferenças entre os fatores estudados.

A altura de planta apresentou diferenças somente entre os híbridos estudados, o que pode ser atribuído à característica de cada híbrido, de acordo com seus fornecedores (Tabela 1). A diferença de altura entre os híbridos BM 2202 e BM 3061

não atendeu as expectativas, pois, devido às atribuições de porte, o primeiro híbrido deveria apresentar porte ao menos semelhante ao segundo.

Tabela 2. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre o desenvolvimento da cultura avaliado pelas variáveis: Número de Dias para a Emergência (NDE); Estande Inicial; Altura de Planta; Diâmetro do Colmo; e Produtividade.

Fatores	NDE (dias)	Estande Inicial (plantas m <sup>-1</sup> )	Altura de Planta (cm)	Diâmetro do Colmo (mm)	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>Híbrido (H)</b>					
BM 2202	5	9,6	187 B	21	19,0
BM 3061	5	10,6	206 A	21	18,9
BRS 3003	5	9,8	187 B	20	17,1
<b>Velocidade (V)</b>					
3 km h <sup>-1</sup>	5	10,4	198	21	18,9
5 km h <sup>-1</sup>	5	9,6	191	21	17,0
7 km h <sup>-1</sup>	5	9,9	191	20	19,0
<b>Teste F</b>					
H	2,27 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	3,83*	0,82 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>
V	1,19 <sup>NS</sup>	0,40 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>
H x V	1,07 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	3,13*
CV (%)	3,84	22,49	8,89	8,45	21,00

Para cada fator e cada variável, médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

Somente a interação dos fatores híbridos de milho e velocidades de semeadura influenciou a produtividade da cultura, com desdobramento apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora para a variável produtividade.

Velocidade de semeadura (V)	Híbrido			Teste F
	BM 2202	BM 3061	BRS 3003	
3 km h <sup>-1</sup>	23,4 Aa	15,1 Ab	18,2 Aab	3,50 <sup>NS</sup>
5 km h <sup>-1</sup>	13,8 Ba	19,6 Aa	17,7 Aa	1,79 <sup>NS</sup>
7 km h <sup>-1</sup>	20,0 ABa	21,9 Aa	15,3 Aa	2,35 <sup>NS</sup>
Teste F	4,76*	2,40 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	--

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

No desdobramento para a produtividade de milho para silagem, houve diferença entre as velocidades para o híbrido BM 2202, que para 5 km h<sup>-1</sup> teve média de 13,8 Mg ha<sup>-1</sup>, inferior à encontrada para 3 km h<sup>-1</sup>, de 23,4 Mg ha<sup>-1</sup>. A produtividade do milho semeado com velocidade de 7 km h<sup>-1</sup> não diferiu das demais, com média de 20 Mg ha<sup>-1</sup>.

Para a velocidade de semeadura de 3 km h<sup>-1</sup>, o híbrido BM 2202 apresentou maior produtividade que o BM 3061, com médias de 23,4 e 15,1 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O híbrido BRS 3003 novamente não apresentou diferença quanto aos outros dois, com produtividade média de 18,2 Mg ha<sup>-1</sup> nesta velocidade.

Na Tabela 4 são apresentados os dados obtidos a partir dos fatores híbridos de milho e velocidade de semeadura, relativos ao solo: teor de água, densidade e resistência mecânica à penetração.

Tabela 4. Efeito principal e interação dos fatores Híbridos de milho (H) e Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) sobre as características do solo avaliadas pelas variáveis: Teor de Água no solo; Densidade do Solo e Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP).

Fatores	Teor de água do solo (kg kg <sup>-1</sup> )			Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )			RMSP (MPa)		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
<b>Híbrido (H)</b>									
BM 2202	0,25	0,25	0,26	2,79	2,86	2,83	1,63	4,77	4,27
BM 3061	0,24	0,26	0,26	2,76	2,80	2,79	1,04	3,47	2,77
BRS 3003	0,25	0,26	0,27	2,74	2,82	2,81	1,36	4,21	3,77
<b>Velocidade (V)</b>									
3 km h <sup>-1</sup>	0,25 A	0,26	0,26	2,79	2,83	2,84	1,34	4,15	3,36
5 km h <sup>-1</sup>	0,23 B	0,26	0,26	2,74	2,83	2,81	1,43	3,38	3,65
7 km h <sup>-1</sup>	0,24 AB	0,26	0,26	2,75	2,83	2,78	1,27	4,47	3,80
<b>Teste F</b>									
H	1,73 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	1,81 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	1,39 <sup>NS</sup>	3,07 <sup>NS</sup>
V	5,89*	0,36 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>
H x V	0,46 <sup>NS</sup>	0,58 <sup>NS</sup>	1,29 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>
CV (%)	6,94	3,35	5,96	5,70	3,48	3,13	43,78	36,57	36,22

Para cada fator e cada variável, médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

A densidade do solo e a resistência mecânica do solo à penetração não foram alteradas pelos diferentes níveis dos fatores e sua interação. O teor de água no solo apresentou variação na camada de 0 a 10 cm somente para o efeito do fator velocidade de semeadura, em que, a média para 3 km h<sup>-1</sup> (0,25 kg kg<sup>-1</sup>) foi maior que para 5 km h<sup>-1</sup> (0,23 kg kg<sup>-1</sup>) e para 7 km h<sup>-1</sup> a média foi estatisticamente igual a ambas. Os híbridos de milho, as velocidades de semeadura e a interação entre estes fatores não interferiram no teor de água das outras camadas.

A densidade do solo foi próxima de 2,8 kg dm<sup>-3</sup> em todas as situações estudadas, valores muito elevados quando comparados com os resultados de Prado et al. (2002), Tormena et al. (2002) e Costa et al. (2003), que em Latossolos sob preparo convencional apresentam valores de densidade inferiores a 2,0 kg dm<sup>-3</sup>.

Somente na camada superficial a RMSP apresentou valores abaixo de 2,0 MPa, considerados por Tormena e Roloff (1996) como impeditivos ao desenvolvimento radicular. Para as camadas de 10-20 e 20-30 cm, a RMSP ultrapassou este limite, porém, não foi constatado alteração na produtividade. No caso específico da RMSP, a não diferença entre os tratamentos, principalmente nas camadas abaixo de 10 cm, pode ser explicada pelo alto coeficiente de variação (PIMENTEL - GOMES, 2000), como citam Tavares Filho e Ribon (2008) que é comum encontrar altos coeficientes de variação para esta variável.

### **3.4. Conclusões**

As características de desenvolvimento da cultura não foram alteradas pelas velocidades de semeadura; o híbrido BM 3061 apresentou a maior altura.

A densidade do solo apresentou valores elevados.

## **CAPÍTULO 4 – COLHEITA DE MILHO PARA SILAGEM COM COLHEDORA DE FORRAGEM MONTADA EM TRATOR AGRÍCOLA**

### **Colheita de Milho para Silagem com Colhedora de Forragem Montada em Trator Agrícola**

**RESUMO** – A produção de milho para silagem difere da produção de grãos em diversos aspectos, principalmente quanto ao ponto de colheita. A qualidade da colheita forragem de milho que se destina à silagem é influenciada pela escolha do híbrido, estágio de maturação, além de fatores agronômicos como tipo de preparo do solo e o clima. O desempenho de colhedoras de forragem pode ser avaliado pelo tamanho de fragmentos gerados, altura de corte da plataforma e perdas durante a colheita. Portanto, neste experimento, realizado em LATOSSOLO Vermelho eutroférico sob preparo convencional na região de Jaboticabal – São Paulo, avaliou-se o desempenho operacional em colheita de forragem de milho para silagem. Foram comparados três híbridos semeados em três velocidades e colhidos em duas rotações das facas de corte da colhedora, gerando dois tamanhos teóricos de fragmento. Quanto ao desempenho operacional da colhedora, a alteração da regulagem da colhedora ocasionou diferenças no consumo de combustível do trator, maior para a rotação mais elevada. A altura de corte e a distribuição de fragmentos também foram influenciados pela mudança nas regulagens. As perdas de forragem na operação de colheita não diferiram nos tratamentos.

**Palavras-chave:** Desempenho operacional, fragmentação, híbridos de milho, perdas, *Zea mays*

#### **4.1. Introdução**

Na produção das silagens, aspectos relacionados ao tamanho de fragmentos e à altura de colheita de plantas afetam o grau de compactação dentro do silo, pois, conforme descrito por Senger et al. (2005), quanto menor o fragmento e maior a altura de colheita, melhor a compactação e a condição de anaerobiose, que é decisiva no processo de conservação. Segundo Nussio (1995), citado por Neumann et al. (2007b), aspectos ligados ao tamanho dos fragmentos e à altura de colheita das plantas afetam o grau de compactação sendo que quanto menor o fragmento e maior a altura de colheita, melhor será a compactação do material na ensilagem.

Contudo, na prática, procura-se também maior rapidez no processo, que é facilitado quando a colhedora é regulada para maior tamanho de fragmento do material e maior altura de corte. Assim, é de grande interesse prático a avaliação criteriosa das perdas que podem ocorrer em ambos os casos (NEUMANN et al., 2007a).

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho operacional de uma colhedora de forragem montada em trator agrícola, a qualidade do material colhido e as perdas decorrentes da colheita.

#### **4.2. Material e Métodos**

A colheita de milho para silagem foi realizada em área experimental situada na cidade de Jaboticabal, São Paulo, pertencente ao Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal, com coordenadas geográficas 21°14' S e 48°16' W, altitude média de 560 metros, declividade média de 4% e clima tropical com verão chuvoso (Aw) conforme classificação de Köppen-Geiger.

O solo da área é um LATOSSOLO Vermelho eutroférico típico, textura muito argilosa e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999). O preparo primário foi realizado com operações de aração (arado de aivecas) e o secundário com duas gradagens



leves. A área foi dividida em parcelas de 30 x 7,2 m, com intervalos de 10 m e área total de 1 ha.

O delineamento experimental em parcelas subdivididas, foi realizado em esquema fatorial 3x3x2, sendo o primeiro nível três híbridos de milho (H), três velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) nas subparcelas e dois tamanhos de fragmentos da forragem (T) nas subsubparcelas.

Tabela 1. Níveis dos fatores estudados no experimento.

Fator	Níveis do fator		
	1	2	3
Híbrido de milho (H)	BM 2202	BM 3061	BRS 3003
Velocidade teórica de semeadura (V)	3 km h <sup>-1</sup>	5 km h <sup>-1</sup>	7 km h <sup>-1</sup>
Tamanho teórico de fragmentos (T)	6 mm	20 mm	--

Os híbridos foram selecionados em função de sua utilização comercial para silagem, as velocidades definidas pelas combinações de marchas do trator e o tamanho de fragmentos da forragem pelas rotações das facas, obtida com a alteração das engrenagens motora e movida (Figura 1) da transmissão da colhedora.

A operação de semeadura foi realizada com semeadora-adubadora da marca Tatu-Marchesan, modelo PST Plus com quatro fileiras espaçadas em 0,90 m. Para a colheita, utilizou-se a colhedora de forragem da marca JF, modelo JF90 Z10, para uma fileira, montada no sistema hidráulico de três pontos do trator, acoplada à tomada de potência (TDP) para o fornecimento de movimento às facas da colhedora, exigindo 540 rpm para atingir os tamanhos teóricos definidos na Tabela 1. Os tamanhos teóricos são definidos com a utilização de engrenagens que alteram as rotações das facas de corte.

Em ambas as operações o trator Valtra BM100 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) foi empregado (Figura 2), com potência no motor de 73,6 kW (100 cv) a 2 300 rpm, equipado com pneus 14.9-24 no eixo dianteiro e 23.1-26 no eixo traseiro, com instrumentação embarcada para medição do consumo de combustível (LOPES et al., 2003), calculado conforme descrito por estes autores, e um radar Dickey John

RVS II instalado na lateral do trator para medição da velocidade real de deslocamento. A partir da velocidade real de deslocamento e largura de trabalho da colhedora (0,90 m), calculou-se a capacidade de campo operacional da colheita, como enunciada na equação 1:

$$CCO = LT \cdot v \cdot e \cdot 0,36 \quad (1)$$

em que,

CCO = capacidade de campo operacional ( $\text{ha h}^{-1}$ );

LT = largura de trabalho da colhedora (m);

v = velocidade real de deslocamento ( $\text{m s}^{-1}$ );

e = eficiência (75%), segundo Balastreire (1987);

0,36 = fator de conversão da unidade  $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$  para  $\text{ha h}^{-1}$ .

O consumo operacional (COper) foi obtido com base no consumo horário e capacidade de campo operacional como demonstrado na equação 2.

$$COper = \frac{CHor \cdot v}{CCO} \quad (2)$$

em que,

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

CHor = consumo horário ( $\text{L h}^{-1}$ ), (LOPES et al., 2003).

Após a operação de colheita, realizou-se a medição da altura de corte da plataforma da colhedora, com base na altura média de dez colmos de milho restantes em relação ao solo, em cada subparcela.

As perdas na colheita de forragem foram avaliadas com a utilização de uma armação quadrangular de  $0,25 \text{ m}^2$ , realizando-se quatro medições por parcela, totalizando  $1,00 \text{ m}^2$ . Todos os fragmentos de plantas presentes no interior da armação, disposta de forma aleatória nas parcelas, foram coletados e levados ao laboratório para medição da massa verde, calculando-se as perdas em  $\text{kg ha}^{-1}$ .



Figura 1. Engrenagens motora e movida da transmissão da colhedora de forragem.



Figura 2. Trator Valtra BM100 utilizado nas operações.

Para a avaliação da eficiência de fragmentação da forragem, foi retirada uma amostra por parcela (aproximadamente 50 g) após a passagem do material pela colhedora, peneiradas em um conjunto de quatro peneiras com malhas quadradas de 12,7, 6,35, 3,36 e 1,68 mm, para a separação do material por faixa de tamanho, medindo-se a porcentagem de separação em massa.

Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias quando o teste F foi significativo (PIMENTEL-GOMES, 2000).

### 4.3. Resultados e Discussão

Os dados das variáveis de desempenho operacional do trator agrícola na colheita de milho para forragem, com colhedora montada, encontram-se apresentados na Tabela 2.

Híbridos de milho influenciaram a velocidade de deslocamento do conjunto trator-colhedora na colheita e, conseqüentemente, a capacidade de campo operacional. Ambas variáveis, para o híbrido BM 2202, a média foi inferior às demais. Já a velocidade na semeadura do milho não alterou nenhuma variável investigada.

Quanto ao fator tamanho de fragmentos da forragem, o consumo horário e operacional de combustível foram afetados, em que a regulagem para o menor tamanho de fragmento (6 mm) demandou maior consumo de combustível do trator, tanto horário como operacional. A altura de corte dos colmos pela plataforma da colhedora também foi influenciada por este fator, sendo maior para o menor tamanho de fragmento.

As perdas de forragem, apresentadas na Tabela 2, estão expressas em base seca, para padronização dos valores quanto ao teor de água da planta (Tabela 3). Os resultados de perdas não apresentaram diferenças em função dos fatores avaliados e interações entre estes. Como a produtividade média para os híbridos BM 2202, BM 3061 e BRS 3003 foram, respectivamente, 19,0; 18,9 e 17,1 Mg ha<sup>-1</sup>, os valores médios de perdas de forragem corresponderam a 1,4; 2,6 e 1,6% da produção.

A altura de corte da forragem e o tamanho de fragmentos, cujos dados são apresentados na Tabela 3, como afirmam Senger et al. (2005) é fundamental na produção de silagem, pois afetam a qualidade da conservação. Assim, a altura de corte média obtida para o tamanho de fragmentos teórico de 6 mm seria a mais recomendada.

Tabela 2. Efeito principal e interações dos fatores Híbridos de milho (H), Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) e Tamanho teórico de fragmentos da forragem (T) sobre as variáveis: Velocidade real de colheita (Vc); Capacidade de Campo Operacional (CCO); Consumo Horário (CHor); Consumo Operacional (COper); Altura de Corte; e Perdas, avaliadas durante a operação de colheita de milho para forragem.

Fatores	Vc (m s <sup>-1</sup> )	CCO (ha h <sup>-1</sup> )	CHor (L h <sup>-1</sup> )	COper (L ha <sup>-1</sup> )	Altura de corte (mm)	Perdas (kg ha <sup>-1</sup> )
Híbrido (H)						
BM 2202	1,71 B	0,56 B	14,4	26,0	22,98	270
BM 3061	1,80 A	0,58 A	15,0	25,7	24,83	490
BRS 3003	1,78 A	0,58 A	14,5	25,0	23,62	270
Velocidade (V)						
3 km h <sup>-1</sup>	1,77	0,57	14,7	25,8	24,82	325
5 km h <sup>-1</sup>	1,77	0,57	14,5	25,3	23,86	295
7 km h <sup>-1</sup>	1,77	0,57	14,7	25,7	22,76	415
Tamanho de fragmentos(T)						
6 mm	1,75	0,57	15,2 A	26,8 A	24,61 A	335
20 mm	1,78	0,57	14,0 B	24,4 B	21,32 B	355
Teste F						
H	7,02**	7,18**	1,41 <sup>NS</sup>	1,21 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	2,29 <sup>NS</sup>
V	0,05 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,11 <sup>NS</sup>	0,11 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>
T	1,43 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	13,10**	14,13**	12,91**	0,04 <sup>NS</sup>
H x V	0,29 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>
H x T	0,76 <sup>NS</sup>	1,02 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	1,27 <sup>NS</sup>
V x T	0,49 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	1,56 <sup>NS</sup>	1,39 <sup>NS</sup>
H x V x T	0,17 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	1,19 <sup>NS</sup>
CV (%)	4,13	3,83	8,17	8,18	21,42	101,65

Para cada fator e cada variável, médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

Para a distribuição dos fragmentos, medido pela porcentagem de material retido nas peneiras (Tabela 3), o fator tamanho de fragmentos, definido pela rotação das facas da colhedora, interferiu na quantidade de material maior do que 12,7 mm (P1) – superior para 20 mm de fragmentos – e entre 3,36 e 1,28 mm (P4) – neste caso com média maior para regulagem de 6 mm. O teor de água das plantas também demonstrou diferenças somente em relação ao fator tamanho de fragmentos, com média superior para a regulagem de 20 mm.

Tabela 3. Efeito principal e interações dos fatores Híbridos de milho (H), Velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (V) e Tamanho teórico de fragmentos da forragem (T) sobre as variáveis: Material retido nas Peneiras 1 (P1), 2 (P2), 3 (P3) e 4 (P4); Material Não Retido (MNR); e Teor de Água das Plantas (TAP).

Fatores	Material retido (%)				MNR (%)	TAP (kg kg <sup>-1</sup> )
	P1	P2	P3	P4		
<b>Híbrido (H)</b>						
BM 2202	34,2	35,7	17,5	9,2	3,4	0,32
BM 3061	41,4	33,4	15,1	7,2	2,9	0,29
BRS 3003	35,2	35,5	17,8	7,8	3,7	0,36
<b>Velocidade (V)</b>						
3 km h <sup>-1</sup>	37,0	35,7	16,8	7,5	3,0	0,34
5 km h <sup>-1</sup>	39,0	36,4	144,4	7,0	3,2	0,32
7 km h <sup>-1</sup>	34,9	32,5	19,2	9,7	3,8	0,30
<b>Tamanho de fragmentos (T)</b>						
6 mm	30,9 B	36,2	18,9	10,2 A	3,9	0,26 B
20 mm	43,1 A	33,6	14,7	5,9 B	2,8	0,38 A
<b>Teste F</b>						
H	1,66 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	1,14 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>	1,14 <sup>NS</sup>
V	0,44 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	1,23 <sup>NS</sup>	2,23 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>
T	12,03 <sup>**</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	2,96 <sup>NS</sup>	15,09 <sup>**</sup>	3,07 <sup>NS</sup>	10,81 <sup>**</sup>
H x V	0,15 <sup>NS</sup>	1,85 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	1,24 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>
H x T	1,38 <sup>NS</sup>	0,71 <sup>NS</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	2,06 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	1,54 <sup>NS</sup>
V x T	1,03 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>	2,44 <sup>NS</sup>
H x V x T	0,62 <sup>NS</sup>	1,35 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>
CV (%)	24,17	21,83	26,34	24,18	29,70	44,48

Para cada fator e cada variável, médias seguidas de letras distintas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%); Para os valores do Teste F: <sup>NS</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; CV (%): Coeficiente de variação.

#### 4.4. Conclusões

A capacidade de campo operacional na colheita de forragem foi menor para o híbrido BM 2202.

O consumo de combustível foi afetado pela alteração na rotação das facas da colhedora, superior para a maior rotação.

A porcentagem de perdas na colheita de forragem em relação à produtividade foi de 1,4, 2,6 e 1,6% para os híbridos BM 2202, BM 3061 e BRS 3003, respectivamente.

A altura de corte e a distribuição de fragmentos foram influenciadas somente pela mudança nas regulagens para alterar o tamanho de fragmentação.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. **Cultivo do milho preparo convencional do solo**. EMBRAPA: Sete Lagoas, MG, 2002. (Comunicado Técnico, 40)
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Manejo de solos e agricultura irrigada. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 70-106.
- ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE EP496.3 Agricultural Machinery Management. In: **ASABE Standards 2006**. St. Joseph, 2006. p. 385-390.
- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. ASAE S313.3 Soil Cone Penetrometer. In: **ASAE Standards 1999**. St. Joseph, 1999a. p. 834-835.
- \_\_\_\_\_. ASAE EP542 Procedures for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer. In: **ASAE Standards 1999**. St. Joseph, 1999b. p. 991-993.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. Piracicaba: Luiz Antonio Balastreire, 1987.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 245 p.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 17 jan. 2009.
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 527-535, 2003.
- DICKEY, E.C.; SIEMENS, J. C.; JASA, P. J.; HOFMAN, V. L.; SHELTON, D. P. Tillage system definitions. In: \_\_\_\_\_. **Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till**. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 5-7.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, p. 428-434, 1958.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FAGANELLO, A.; SATTLER, A.; PORTELLA, J. A. Eficiência de semeadoras na emergência de plântulas de milho (*Zea mays* L.) sob sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 229-231.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

FORNASIERI FILHO, D. **Fundamentos da cultura do milho no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 2005.

FURLANI, C. E. A. **Sistemas de manejo e rotação de culturas de cobertura em plantio direto de soja e milho**. 2005. 99 f. Tese (Livre Docência)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA D. C. C.; REIS G. N.; ZANETTI, L. A. Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e carga no depósito de adubo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 4, p. 268-275, out./dez. 2006.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; ABRAHÃO, F. Z.; LEITE, M. A. S. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 177-186, 1999.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; REZENDE, L. C.; SILVA, S. S. S.; LEITE, M. A. S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 9, n. 3, p. 147-153, 2001.



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

FURLANI, C. E. A.; PAVAN JÚNIOR, A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 456-462, 2007.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 113-121, jan./abr. 2006.

GARCIA, L. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 520-527, maio/ago. 2006.

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. 249-262, 1989.

LEMPP, B.; MORAIS, M. G.; SOUZA, L. C. F. Produção de milho em cultivo exclusivo ou consorciado com soja e qualidade de suas silagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 3, p. 243-249, jun. 2000.

LOPES, A. **Biodiesel em trator agrícola: desempenho e opacidade**. 2006. 158 f. Tese (Livre Docência)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Viçosa, MG, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2003.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Cultivo do milho germinação e emergência. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2002.

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, 1992.

MARI, L. J.; NUSSIO, L. G. Efeito do tamanho médio dos fragmentos de silagem de milho sobre o comportamento ingestivo, ruminação e fermentação ruminal de vacas em lactação. 2005. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/>>. Acesso em: 06 out. 2008

MELLO, A. J. R.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; BORSATTO, E. A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 479-486, maio/ago. 2007.

MERCANTE, E.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

MIALHE, L.G. Ensaio e certificação de tratores. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1996. cap. 8, p. 385-462.

MIRANDA, J. E. C.; RESENDE, H.; VALENTE, J. O. **Plantio de milho para silagem**. 2006. Disponível em: <[www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)> Acesso em: 07 jan. 2009.

MUCK, R. E.; MOSER, L. E.; PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 251-304.

NEUMANN, M. **Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre perdas, valor nutritivo de silagens e desempenho de novilhos confinados**. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1395-1405, 2007a.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; RESTLE, J.; SANDINI, I. E.; ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 847-854, jun. 2007b.

NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para produção de silagem. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.). **Volumosos para bovinos**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.75-177.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Cultivo do milho plantio, espaçamento, densidade, quantidade de sementes**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2002. (Comunicado Técnico, 46)

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Sistema de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1795-1801, 2002.

PRODUÇÃO DE SILAGEM: como reduzir perdas e garantir boa qualidade. Três Corações: BIOTECNAL, 1997. 45 p.

SENGER, C. C. D.; MÜHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; NETTO, D. P.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade "in vitro" de silagem de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, 2005.

SILVA, F. M.; COAN, O.; NATALE, W. Influência da profundidade e semeadura com e sem o uso de sulcador na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. v. 3, p. 1438-1452.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313-319, 1997.

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

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 487-494, 2008.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, out./dez. 2002.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.