

DANILO ROBERTO LOUREIRO

**PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DO MILHO CULTIVADO EM  
ESPAÇAMENTOS REDUZIDO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

DANILO ROBERTO LOUREIRO

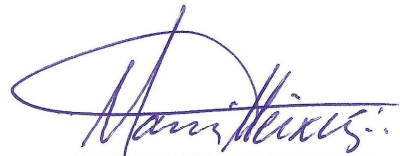
**PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DO MILHO CULTIVADO EM  
ESPAÇAMENTOS REDUZIDO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

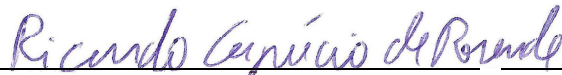
APROVADA EM: 30 de junho de 2009.



Prof. Luciano Baião Vieira



Prof. Mauri Martins Teixeira  
(Coorientador)



Prof. Ricardo Capúcio de Resende



Prof. Roberto Fontes Araújo



Prof. Haroldo Carlos Fernandes  
(Orientador)

*“Quando uma mente se abre a uma nova idéia, jamais volta ao seu tamanho original.”*

**Albert Einstein**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Elisete Aparecida Andrade Loureiro e José Aparecido Loureiro, pelo amor, pela confiança, pela dedicação e apoio sempre quando foi necessário.

Aos meus irmãos José Eduardo e Emerson, à minha avó Elza e todos os outros familiares pela paciência e afeto durante essa longa jornada.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, por todo conhecimento adquirido ao longo desses anos.

Ao Professor Haroldo Carlos Fernandes, por toda a orientação, amizade, compreensão, apoio e incentivo na minha formação acadêmica e profissional.

Aos Professores Mauri Martins Teixeira, João Carlos Galvão e Paulo Roberto Cecon por todo apoio e conselhos oferecido durante essa etapa.

Ao Professor Ricardo Capúcio de Resende, pela amizade, pelos ensinamentos práticos e teóricos, pelos conselhos e principalmente por despertar, um grande interesse na área de mecanização agrícola.

Ao Professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pela amizade, e pelas oportunidades oferecidas nos cursos de GPS, sem as quais, seria difícil concluir o programa.

Ao Professor Daniel Marçal de Queiroz, pela amizade, pelo conhecimento transmitido e pela oportunidade do primeiro emprego, fazendo muitas portas se abrir para meu futuro.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola Danilo, Vantuil, Geraldo e Marcelo, pelo apoio e pelos seus serviços prestados durante o decorrer do curso.

Aos funcionários José Mauro, Edna, Álvaro e Galinari pela amizade, pela ajuda e dedicação..

Aos meus amigos e colegas da Mecanização Agrícola pela amizade dentro e fora da Instituição.

Aos amigos de república Joe, Thonga, Lelé, Peres, Leo, Alexandre, Guilherme, Alan, Thonguinha, Baiano, Talita, que na ausência da família, se mostraram como verdadeiros irmãos.

A cidade de Viçosa, que me acolheu durante uma das melhores fases da minha vida, e me trouxe muitas alegrias.

Em especial, a minha companheira, amiga, parceira Geice Paula Villibor, que em todos os momentos, nos mais tristes como nos mais alegres se mostrou leal e indispensável em minha vida.

## **BIOGRAFIA**

DANILO ROBERTO LOUREIRO, filho de Elisete Aparecida Andrade Loureiro e José Aparecido Loureiro, nasceu no dia 6 de fevereiro de 1982, na cidade de Porto Ferreira, São Paulo.

Em abril de 2001, iniciou o curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em outubro de 2006.

Em outubro de 2006, ingressou no Programa de Pós-graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, na área de concentração em Mecanização Agrícola, submetendo-se à defesa da dissertação em 30 de junho de 2009.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT .....	xii
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – OBJETIVOS.....	3
2.1 – Objetivo Geral .....	3
2.2 – Objetivos Específicos.....	3
3 – REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 - A cultura do milho e sua importância.....	4
3.2 – Colheita Mecanizada do Milho .....	5
3.2.1 – Perdas Quantitativas.....	6
3.2.2 – Perdas Qualitativas .....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1 – Caracterização Física do Solo na Área Experimental .....	14
4.1.1 – Teor de Água do Solo .....	14
4.1.2 – Massa Específica do Solo.....	15
4.1.2 – Resistência do Solo à Penetração .....	15
4.2 – Caracterização Morfológicas da Planta de Milho.....	15
4.2.1 – Determinação do Diâmetro Médio das Espigas .....	16
4.2.2 – Determinação da Altura de Inserção da Primeira Espiga.....	16
4.2.3 – Determinação do Teor de Água dos Grãos.....	17
4.3 – Perdas Quantitativas.....	17
4.3.1 – Perdas na Pré-Colheita.....	18
4.3.2 – Perdas na Plataforma de Colheita .....	18

4.3.3 – Perdas nos Mecanismos Internos.....	19
4.3.4 – Perdas Totais.....	20
4.3.5 – Perdas Ocasionadas pela Colhedora .....	20
4.3.6 – Produtividade da Cultura.....	21
4.4 – Análises Qualitativas.....	21
4.4.1 – Teste de Germinação.....	21
4.5 - Delineamento Experimental.....	22
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5.1 – Caracterizações Física do Solo .....	23
5.1.1 – Teor de Água do Solo .....	23
5.1.2 – Massa Específica do Solo.....	23
5.1.3 – Resistência do Solo à Penetração .....	24
5.2 – Caracterizações Morfológicas da Planta de Milho .....	24
5.2.1 – Determinação do Diâmetro Médio das Espigas .....	24
5.2.2 – Determinação da Altura de Inserção da Primeira Espiga.....	25
5.2.3 – Determinação do Teor de Água dos Grãos.....	25
5.3 – Perdas Quantitativas.....	26
5.3.1 – Perdas na Pré-Colheita.....	26
5.3.2 – Perdas na Plataforma de Colheita .....	27
5.3.3 – Perdas nos Mecanismos Internos.....	29
5.3.4 – Perdas Totais.....	31
5.3.5 – Perdas Ocasionadas pela Colhedora .....	34
5.3.6 – Produtividade da Cultura.....	36
5.4.1 – Teste de Germinação.....	38
6 – CONCLUSÕES.....	41
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alimentação de duas linhas entre divisores na plataforma de colheita .....	14
Figura 2 - Vista frontal do penetrômetro utilizado.....	15
Figura 3 - Determinação do diâmetro médio das espigas.....	16
Figura 4 - Determinação da altura de inserção da primeira espiga.....	17
Figura 5 - Armação utilizada para a determinação das perdas quantitativas.	17
Figura 6 - Esquema de colocação da armação para medição das perdas ....	19
Figura 7 - Medição das perdas nos mecanismos internos. ....	19
Figura 8 - Perdas naturais em função do espaçamento entre linhas de plantio .....	27
Figura 9 - Perdas na plataforma em função do espaçamento entre linhas ....	28
Figura 10 - Perdas totais em função do espaçamento entre linhas .....	32
Figura 11 - Produtividade e distribuição das perdas observadas no espaçamento de 0,45 m. ....	36
Figura 12 - Produtividade e distribuição das perdas observadas nos tratamentos com espaçamento de 0,90 m.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva do teor de água do solo (%) .....	23
Tabela 2 - Estatística descritiva de massa específica do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) .....	23
Tabela 3 - Estatística descritiva da resistência do solo à penetração (Pa) .....	24
Tabela 4 - Estatística descritiva do diâmetro médio das espigas (mm) .....	25
Tabela 5 - Estatística descritiva da altura de inserção da primeira espiga (cm) .....	25
Tabela 6 - Estatística descritiva do teor de água dos grãos (%) .....	26
Tabela 7 - Análise de Variância das perdas na plataforma de colheita .....	27
Tabela 8 - Perdas na plataforma de colheita em função da velocidade de deslocamento da colhedora .....	28
Tabela 9 - Análise de Variância das perdas nos mecanismos internos .....	30
Tabela 10 - Perdas nos mecanismos internos, em função da velocidade de deslocamento da colhedora .....	30
Tabela 11 - Perdas nos mecanismos internos, em função da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo .....	31
Tabela 12 - Análise de Variância das perdas totais .....	32
Tabela 13 - Perdas Totais para da interação da abertura do cilindro debulhador/ côncavo e o espaçamento entre linhas de plantio .....	33
Tabela 14 - Análise de Variância das perdas totais referente à ação da colhedora .....	34
Tabela 15 - Perdas ocasionadas pela colhedora devido à interação do espaçamento entre linhas de plantio e a abertura do cilindro debulhador e o côncavo.....	35
Tabela 16 - Análise de Variância da produtividade.....	36
Tabela 17 - Análise de Variância da germinação para as espigas colhidas pela colhedora .....	38

## RESUMO

LOUREIRO, Danilo Roberto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Junho de 2009. **Perdas na Colheita Mecanizada do Milho Cultivado em Espaçamentos Reduzido e Convencional.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Co-Orientadores: João Carlos Galvão, Mauri Martins Teixeira e Paulo Roberto Cecon.

A colheita é uma das etapas mais importantes da atividade agrícola. As perdas ocorridas nessa operação poderão definir o sucesso dessa atividade. As perdas na colheita ocorrem de forma quantitativa, devido aos grãos que permaneceram no campo após a operação, e também acontece de forma qualitativa, devido aos danos causados nos grãos retirados do campo. Objetivou-se com esse trabalho avaliar as perdas ocorridas na colheita mecanizada do milho cultivado com espaçamentos entre linhas de plantio convencional (0,90 m) e reduzido (0,45 m). Nos tratamentos com o espaçamento reduzido, a colhedora trabalhou com uma alimentação de duas linhas de plantio para cada conjunto de divisores de linha. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), estabelecida no município de Coimbra, MG. O cultivar de milho utilizado neste trabalho é o DKB 747. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 18 tratamentos e três repetições, onde os tratamentos constituem um esquema fatorial 2 x 3 x 3, com 2 espaçamentos entre linhas da cultura (0,45 m; 0,9 m); 3 velocidades de deslocamento da colhedora (1,8; 3,5 e 4,1 km h<sup>-1</sup>) e 3 aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador (35; 30 e 25 mm), totalizando 54 unidades experimentais. Os dados das perdas foram submetidos análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se do programa computacional SAEG 9.0. O total das perdas quantitativas foi dividido em perdas naturais, perdas na plataforma de colheita e perdas nos mecanismos internos. Para a análise qualitativa foi utilizado o teste de germinação para se comparar os danos mecânicos sofridos pelos grãos no processo de colheita mecanizado com o processo manual. As perdas naturais foram maiores para as parcelas cultivadas com espaçamento entre linhas de plantio de 0,90 m. A velocidade de 3,5 km h<sup>-1</sup> e o espaçamento de 0,90 m entre

linhas de plantio apresentaram as menores perdas na plataforma de colheita. Para as perdas nos mecanismos internos, a velocidade de  $3,5 \text{ km h}^{-1}$  e a abertura de 30 mm entre o côncavo e o cilindro debulhador proporcionaram as maiores perdas totais. Para o espaçamento de 0,45 m, as perdas totais representaram 8,2 % da produtividade, enquanto que para o espaçamento de 0,90 m as perdas totais representaram 7,3% da produtividade. A germinação média dos grãos debulhados manualmente, cultivados com espaçamento entre linhas de plantio de 0,45 e 0,90 m, foi de 78,45 e 74,12%, respectivamente. A abertura de 25 mm assim como a velocidade de deslocamento da colhedora de  $1,8 \text{ km h}^{-1}$  utilizada no espaçamento convencional apresentou os menores valores de germinação. A análise de germinação nos tratamentos com espaçamento de plantio de 0,45 m não apresentou diferenças significativas quando se utilizou diferentes velocidades de deslocamento da colhedora. A diferença entre os resultados da colheita manual com a colheita mecanizada mostra que os danos mecânicos causados nas sementes pela colhedora durante a colheita foram muito intensos, inviabilizando a produção de sementes.

## ABSTRACT

LOUREIRO, Danilo Roberto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2009. **Losses in the corn mechanized harvesting in conventional and narrow row spacing.** Adviser: Haroldo Carlos Fernandes. Co-Adviser: João Carlos Galvão, Mauri Martins Teixeira and Paulo Roberto Cecon.

The harvester is one of the most important stages of agricultural activity. The losses in this operation define the success of this activity. The losses occur in the harvester of quantitative way, due to the grains that remained in the field after the operation and also happens in quality due to damage in the grain from the field. The objective of this work was to evaluate the losses occurred in the corn mechanized harvester cultivated with conventional and narrow spaces between plants, of 0.90 and 0.45 m, respectively. In narrow row spacing treatments the combine worked fed by two rows of plants between dividers of the harvester header. The experiment was conducted in the experimental field of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), established in the city of Coimbra, MG. The maize cultivar used in this work is the DKB 747. The experimental design was a randomized block with 18 treatments and three replications, where the treatments are a factorial 2 x 3 x 3, with two of the crop row spacings (0.45 m, 0.90 m), three ground speed machine (1.8, 3.5 and 4.1 km h<sup>-1</sup>) and three and the openings between the hollow cylinder thresher (35, 30 and 25 mm), totaling 54 experimental units. The losses data had been submitted at variance analysis and the averages had been compared using Tukey test, at 5% of probability level. The data of the losses had been submitted variance analysis and the averages had been compared using the Tukey test 5% of probability. The analysis statistics of the data was performance using the computational program SAEG 9.0. The total of the quantitative losses was divided in natural losses, losses in the harvest platform and losses in the internal mechanisms. For the qualitative analysis the germination test was used to compare the mechanical damages suffered by the grains in the mechanized process of harvest with the manual process. The natural losses were higher for plots planted with row spacing of 0.90 m. The speed of 3.5 km h<sup>-1</sup> and spacing of 0.90 m between rows had the lowest losses in the harvesting platform. For losses in internal mechanisms, speed of 3.5 km h<sup>-1</sup> and the opening of 30 mm

between the concave and cylinder thresher provided the greatest total losses. For the spacing of 0.45 m, the total losses were 8.2% of the corn yield, while the spacing of 0.90 m the total losses represented 7.3% of yield. The mean grain germination of thresher manually, cultivated with row spacing of planting of 0.45 and 0.90 m, was 78.45 and 74.12%, respectively. The opening of 25 mm and the ground speed machine of  $1.8 \text{ km h}^{-1}$  used in conventional spacing showed lower values of germination. The analysis of germination in the treatments with plant spacing of 0.45 m showed no significant differences when using different combine speeds. The difference between the results of the manual harvest with harvest shows that the mechanical damage in seeds caused by the harvester during the harvest was very intense, preventing the production of seeds.

## 1 – INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande e diversificada utilização na sociedade moderna e um dos produtos agrícolas de mais ampla distribuição mundial, tanto na produção, quanto no consumo.

O Brasil ocupa lugar de destaque mundial na produção de milho, ocupando atualmente a terceira colocação, porém, quando se trata de produtividade, o país deixa a desejar, ficando muito atrás de países como Estados Unidos, França, Itália que apresentam produtividade média de 8000 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, a produtividade brasileira tem crescido sistematicamente, passando de 1874 kg ha<sup>-1</sup>, em 1990, para 3330 kg ha<sup>-1</sup> em 2004 e com uma produtividade média na safra 2006/2007 de cerca de 3.628 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2008).

O uso da máquina multiplica o trabalho do homem no campo e tenta imitar as suas habilidades. O trabalho de colher as espigas e separar os grãos do sabugo é realizado pelos mecanismos responsáveis pelos processos de retirada das espigas, trilha, separação e limpeza. Cada processo é realizado por um mecanismo próprio, sendo que a regulação desse mecanismo é influenciada pelas características físicas da planta no momento da colheita.

São consideradas perdas naturais, aquela que ocorreram sem a ação da máquina, como por exemplo a ação do vento, da chuva ou de um animal ao derrubar uma espiga ao chão. Esse tipo de perda é muito influenciado pelas características fisiológicas da planta e sua interação física com o solo.

As perdas ocasionadas pela ação da máquina são divididas em perdas na plataforma de colheita, e perdas nos mecanismos internos da máquina.

As perdas na plataforma começam a ocorrer no momento em que a máquina entra em contato com a planta. Nesse momento, a espiga pode se desprender antes que os rolos espigadores puxem a planta para baixo e cair para fora da plataforma de corte. Outra possibilidade de perdas é quando a espiga esta posicionada na planta a uma altura igual ou inferior aos rolos espigadores, fazendo com que as espigas não fiquem na plataforma ou seja esmagada entre os rolos espigadores. Esse tipo de perda sofre influencia direta da velocidade de deslocamento da máquina.

As perdas nos mecanismos internos da máquina começam a ocorrer no sistema de trilha. No momento que a espiga sai da plataforma de colheita, ela cai entre o cilindro debulhador e a superfície côncava. A rotação do cilindro, faz com que a espiga seja prensada e friccionada contra a superfície côncava, separando o grão do sabugo.

A força necessária para que o grão se desprenda do sabugo é influenciado pela umidade do grão, pela rotação do cilindro debulhador e pelo espaçamento entre o cilindro e a superfície côncava.

Quando o sistema de trilha não consegue debulhar o material completamente, alguns pedaços grandes de sabugo e grãos não trilhados, ficam retidos na primeira peneira e acaba sendo eliminado da máquina pelo saca palhas. Alguns grãos soltos podem ficar posicionados entre os restos vegetais da cultura e não conseguir atravessar as peneira, sendo eliminados da máquina.

A abertura das peneiras irá definir o material que será eliminado da máquina e o material que seguirá para o tanque graneleiro.

Portanto, as perdas quantitativas compreendem a soma das perdas naturais, perdas na plataforma de corte e perdas nos mecanismos internos da máquina.

Além dos grãos que ficam no campo depois da operação de colheita, existe um tipo de perda que não é visível aos olhos do homem, as perdas qualitativas.

As perdas qualitativas compreendem as sementes quebradas, trincadas, rachadas e a redução na sua germinação e vigor.

O caminho que o grão percorre da plataforma de corte até o tanque graneleiro está sujeito a muitos impactos físicos que acabam causando danos mecânicos nas sementes. Esses danos são irreversíveis e além de reduzir a germinação, favorecem a degradação das sementes e o ataque de pragas.

As perdas quantitativas e qualitativas tem sido a causa de grandes prejuízos financeiros tanto para as companhias produtoras de sementes e unidades de beneficiamento, quanto para os produtores rurais.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo Geral**

Determinar as perdas quantitativas e qualitativas de grãos causadas durante a colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional.

### **2.2 – Objetivos Específicos**

Determinar as características físicas do solo no momento da semeadura;

Determinar as características físicas da cultura antes de iniciar a colheita;

Verificar a influência da velocidade da colhedora, da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo e o espaçamento entre linhas de plantio nas perdas de pré-colheita, perdas na plataforma de colheita e as perdas nos mecanismos internos da colhedora;

Avaliar o decréscimo na qualidade dos grãos colhidos pela máquina em relação aos colhidos e debulhados manualmente.

### 3 – REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 - A cultura do milho e sua importância

O milho (*Zea mays*) é cultivado em todos os estados do Brasil, tanto para agricultura familiar quanto para de exportação e está presente em toda cadeia produtiva animal. É consumido pela sociedade de forma diversificada visto que possui boa distribuição mundial, tanto na produção quanto em consumo (VILARINHO, 2005).

No Brasil, a área cultivada com milho, no ano de 2007, foi de 14 milhões de hectares, os Estados Unidos cultivaram cerca de 28,6 milhões de hectares e a China 26,97 milhões de hectares. Já a área mundial no ano de 2007 foi de 145,85 milhões de hectares (USDA, 2008).

A produção brasileira de milho, no ano de 2007, foi de 55,63 milhões de toneladas, o que compete o terceiro lugar na produção mundial. Deste total produzido, cerca de 4 milhões de toneladas são exportadas (IBGE, 2008). A produtividade brasileira é considerada baixa,  $3,23 \text{ t h}^{-1}$ , quando comparada a países como Estados Unidos e China que possuem uma produtividade média de  $9,29$  e  $5,29 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente (USDA, 2008).

Esse aumento da produtividade se dá em parte pela utilização de cultivares melhorados geneticamente e pelo emprego de novas técnicas, tais como a utilização de espaçamento entre linhas de plantio reduzidos, as quais propiciam um melhor arranjo espacial da planta no campo, fazendo com que as raízes e as folhas da planta explorem melhor os nutrientes do solo e a radiação solar.

A população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30000 a 90000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, do ciclo do cultivar, da época de semeadura e do espaçamento entre linhas (CRUZ *et al.*, 2006). O espaçamento entre fileiras pode variar de 0,9 a 1,0 m para os sistemas convencionais, e de 0,4 a 0,5 m para os sistemas de espaçamento reduzidos.

Segundo Argenta *et al.* (2001), o arranjo espacial das plantas de milho constitui-se em prática de manejo importante para obtenção de produtividades próximas ao potencial produtivo da cultura

O uso de espaçamento reduzido e maior densidade de plantas na cultura do milho já vêm sendo estudados há alguns anos, porém apenas recentemente vem sendo adotada de forma mais ampla pelos agricultores.

Dourado Neto *et al.* (2003) observaram que o menor espaçamento entre fileiras de plantas de milho, propiciou aumento na produtividade de grãos, devido à minimização da competição entre as plantas pela radiação solar.

A redução do espaçamento entre fileiras propicia o aumento da capacidade de interceptação de luz pelo dossel das plantas cultivadas. Dessa forma, a cultura se desenvolverá de forma mais rápida, diminuindo a captação de energia solar necessária ao crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas (THARP & KELLS, 2001).

### **3.2 – Colheita Mecanizada do Milho**

A utilização de uma máquina capaz de colher as espigas e separar os grãos do sabugo, trouxe grandes vantagens para os produtores, pois como o processo de colheita mecânica é muito mais rápido que o manual, a colheita pode ser realizada mais tardiamente, fazendo com que a planta atinja o nível de maturação mais adequada e uma umidade mais uniforme, poupando energia para as outras etapas do beneficiamento.

Desde a construção da primeira colhedora combinada de grãos (que realiza o corte, alimentação, trilha, separação e limpeza) até hoje, ocorreu um grande avanço tecnológico destas máquinas com o objetivo de melhorar o desempenho durante a colheita das culturas, tornando o processo mais ágil e diminuindo as perdas no campo, principalmente a cultura do milho, que se apresenta com grande destaque entre os produtos agrícolas cultivados em todo o mundo.

A colheita constitui uma importante etapa no processo produtivo do milho. Os riscos de perdas de grãos que está sujeita a lavoura destinada ao consumo ou à produção de sementes tornam o processo mais cauteloso e significativo para a viabilização do empreendimento. A colheita mecânica com debulha no campo, principalmente com o uso de automotrizes, tem sido uma

prática largamente utilizada pelas empresas produtoras de sementes de milho. Esta etapa do processo produtivo é uma das principais responsáveis pela danificação mecânica das sementes e pode, ainda, trazer sérios prejuízos pela perda quantitativa de sementes (ARAUJO, 1995).

Para Mantovani (2008), o milho está pronto para ser colhido a partir da maturação fisiológica do grão, o que acontece no momento em que 50% das sementes na espiga apresentam uma pequena mancha preta no ponto de inserção das mesmas com o sabugo. O autor afirma ainda que a colheita deva ser realizada na faixa de 18 a 20% de umidade, isso quando não houver necessidade de antecipação da operação.

Em diversas regiões do país, devido à escassez e ao preço da mão-de-obra e ao tamanho cada vez maior dos campos de produção, a colheita mecanizada, principalmente por automotrizes, tem sido uma alternativa única.

Araújo (1995) relata que o retardamento da colheita causou um aumento das perdas naturais, observado no campo através do acamamento das plantas, quebra de colmos e queda de espigas.

Como na maturação fisiológica as sementes apresentam teor de umidade elevado, não compatível com a tecnologia disponível para o processo mecanizado, a permanência por um período maior no campo torna-se inevitável (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988). A mecanização do processo agrícola aumenta a injúria mecânica causada nos grãos, ocasionando problemas graves na produção de sementes.

### **3.2.1 – Perdas Quantitativas**

As perdas quantitativas podem ser consideradas como a porcentagem dos grãos que ficam nas lavouras após a realização da colheita, podendo ser divididas em perdas de pré-colheita, perdas na plataforma de colheita e perdas nos mecanismos internos (MANTOVANI, 1989).

São consideradas perdas de pré colheita, aquelas que ocorreram sem a ação da máquina, como por exemplo a ação do vento, da chuva ou de um animal ao derrubar uma espiga ao chão. Esse tipo de perda é muito influenciado pelas características fisiológicas da planta e sua interação física com o solo.

Ribeiro *et al.* (2005) afirma que o incremento na densidade de plantas proporciona um aumento da suscetibilidade da cultura do milho ao acamamento e quebra de colmos.

A cultura do milho produz grande quantidade de matéria verde e por seu fruto ser disposto em espigas, houve a necessidade de se construir uma plataforma de corte específica para esta cultura. Nessa, existe um divisor para cada linha a ser colhida, uma cadeia de correntes coletoras com dentes que empurrarem o material colhido em direção a um o condutor helicoidal e um protetor que evita a queda das espigas para fora da plataforma. Sob cada corrente coletora, há dois rolos espigadores que giram em sentido contrário, de maneira a forçar os colmos das plantas para baixo, restando a espiga e um pouco de matéria verde. Após todo esse processo o material restante é encaminhado para os mecanismos internos da colhedora (SRIVASTAVA, 1996).

Com a adoção dos espaçamentos reduzidos entre linhas podem ocorrer problemas com diversas operações, pois as plataformas convencionais são projetadas para coletar plantas em espaçamentos convencionais. Atualmente, existem no mercado plataformas de colheita que permitem colher lavouras instaladas com espaçamentos reduzidos entre linhas, contudo, sua aquisição exige um investimento elevado, o que precisa ser confrontado com os benefícios potenciais advindos da adoção dessa técnica.

As perdas que causam maiores preocupações são as que ocorrem na plataforma de colheita devido às espigas que caem para fora, (MANTOVANI, 1989). O autor afirma ainda que isso possa ser influenciado por fatores como a uniformidade da altura da espiga, o acamamento da planta, a porcentagem do quebramento de planta, além de recomendar que a colheita seja realizada com uma plataforma com um numero de bocas igual ou múltiplo do número de linhas de plantio.

Araujo, (1995) afirma que varias são as causas das perdas de espigas de milho pela plataforma de corte, entre elas as espigas que são jogadas lateralmente para fora da plataforma, as espigas que são deixadas no campo devido ao tombamento das plantas, as chapas de bloqueio não estando centralizadas com os rolos espigadores e velocidade da colhedora não compatível com a umidade dos colmos e espigas.

Portella (2000), também afirma que é na plataforma de colheita onde ocorrem as maiores perdas, pois podem ocorrer perdas por espigas para fora da plataforma e grãos debulhados devido ao impacto da colhedora.

Staggenborg *et al.* (2008) afirma que as perdas na plataforma de colheita são maiores quando utilizadas plataformas de colheita de 30 polegadas para colher milho cultivado a 15 ou 20 polegadas. Contudo, para pequenas propriedades essa pratica pode se tornar uma alternativa pelo custo de aquisição de novas plataformas de colheita.

Durante três anos consecutivos, Hanna *et al.* (2002) avaliaram as perdas na colheita do milho semeados a 0,38 e 0,76 m entre linhas, sendo estes colhido com espaçamento entre divisores da plataforma de 0,38 e 0,76 m. As perdas foram similares quando a colheita das linhas de 0,38 e 0,76 m foram feitas com suas respectivas plataformas, no entanto, quando a linha de espaçamento reduzido foi colhido com plataforma de 0,76 m, as perdas por quedas de espigas foram excessivas e inaceitáveis, mesmo a uma velocidade de deslocamento da máquina de  $3,2 \text{ km h}^{-1}$ . Neste caso, mais de 90% das perdas ocorreram na plataforma de corte.

O investimento em plataformas de colheita segundo Dias *et al.* (2007), pode ser viável em lavouras com altas produtividades, ou em grandes extensões de cultivo, sendo que um alto investimento só é justificado se houver um significativo efeito sobre a lucratividade da atividade.

O processo de trilha, consiste em separar o grão do sabugo. Essa operação é realizada através de um cilindro debulhador e uma superfície côncava. O cilindro debulhador gira em torno de um eixo posicionado de tal forma a deixar um espaço entre a região periférica do cilindro e a superfície côncava. O eixo do cilindro debulhador pode ser ajustado para deixar o espaçamento maior na parte por onde as espigas entram e menor por onde elas saem. O atrito sofrido na espiga faz com que os grãos se destaquem do sabugo e possam ser separados.

Para Mantovani (1985), o conjunto formado pelo cilindro e o côncavo constitui o principal mecanismo do sistema de colheita o qual exige uma correta regulagem. A distância entre o cilindro e o côncavo é regulada de acordo com o diâmetro médio das espigas, sendo esta tal que a espiga seja debulhada, não

sendo quebrada significativamente, sendo aceitável apenas a ocorrência de quebra em pedaços maiores.

O processo de separação e limpeza do material se dá através de uma peneira vibratória que recebe o material debulhado na trilha e seleciona os grãos que já foram separados dos sabugos e aqueles que continuam agregados os restos vegetais da planta. O material que atravessa a peneira é encaminhado para um elevador de canecas, que conduzirá todo o material para um tanque graneleiro.

Por meio de simulação computacional, Queiroz *et al.* (2004), verificaram que o processo de trilha e separação no sistema convencional simulado foi mais influenciado pela taxa de alimentação da colhedora. Verificaram também que a velocidade de deslocamento de  $2,5 \text{ km h}^{-1}$  e a velocidade periférica do cilindro trilhador de  $35 \text{ m s}^{-1}$  proporcionaram os maiores valores simulados de eficiência de separação do côncavo.

No processo de separação e limpeza, um ventilador é responsável por criar um fluxo de ar capaz de retirar da máquina todo material vegetal leve. O material mais pesado retido na peneira é encaminhado novamente para o espaçamento entre a superfície côncava e o cilindro debulhador para que seja feita a retrilha, finalizando assim a operação de colheita.

As perdas nos mecanismos internos acontecem por causa dos grãos ainda presos a pedaços de sabugo ou pontas de espiga parcialmente trilhadas, que são jogados para fora da colhedora, através do sistema de separação e limpeza (FINCH *et al.*, 1980).

Para Mantovani (1989), as principais causas das perdas no sistema de separação e limpeza são devido a cortina que deixa os grãos atirados pelo batedor passar diretamente para fora da colhedora, ao saca-palhas sobrecarregado pela taxa de alimentação, pela obstrução na passagem do material pela abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo e finalmente pelo excesso de sujeira contido no bandeijão.

### **3.2.2 – Perdas Qualitativas**

As perdas qualitativas e os danos mecânicos compreendem as sementes quebradas, trincadas, rachadas e a redução na sua germinação e vigor. Os danos mecânicos se manifestam não só pela aparência física das

sementes afetadas, como também pelas conseqüências provocadas pelos danos internos sobre a qualidade fisiológica das mesmas (PINHEIRO NETO & GAMERO, 2000).

Na operação de debulha do milho manual ou mecânica, ocorrem danos nas sementes e, por isso, essa operação é considerada como um dos maiores responsáveis pela redução da qualidade das mesmas.

Segundo Araújo (1995), os danos mecânicos, decorrentes de impactos e abrasões, podem apresentar-se claramente visíveis na forma de rupturas e fragmentações das sementes, as quais são eliminadas durante o beneficiamento, reduzindo a produção.

A semente de milho apresenta uma película protetora de característica elástica que a envolve, chamada de pericarpo. Essa película evita o ataque de insetos, reduz os efeitos dos impactos causados na debulha e demais processamentos, (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Vários fatores, físicos e biológicos, podem contribuir para que o processo de deterioração do milho se instale e se acentue sempre que o pericarpo é rompido com o processo mecânico (colheita, debulha, limpeza, etc.). As trincas no pericarpo funcionam como portas de entrada para microorganismos, especialmente fungos (MANTOVANI, 1989).

Meyers (1924) estudou a influencia da danificação do pericarpo das sementes de milho e observou uma redução de 30 % em sua germinação quando comparados as sementes sem danos.

Trabalhando com sementes de milho com mesmo teor de umidade, Waelti e Buchele (1969) verificaram que as sementes que foram colhidas mecanicamente apresentaram 29% de danos mecânicos, sendo que sua deterioração foi de 2 a 3 vezes maior quando comparadas a debulha manual.

De acordo com Ruffato *et al.* (2001), quanto mais seco o grão estiver menor será a elasticidade do pericarpo, tornando-o mais vulnerável aos danos provenientes da ação dos equipamentos.

Silveira (1974) considera que a gravidade e a intensidade das injurias mecânicos causados nas sementes durante a operação de beneficiamento dependem do tipo de operação e da velocidade com que os equipamentos trabalham.

A ocorrência das injúrias mecânicas sobre a qualidade das sementes podem ser verificadas através dos efeitos imediatos e efeitos latentes (CARVALHO & NAGAKAWA, 1988). Os efeitos imediatos são os que causam uma redução imediata da germinação e vigor logo após a semente ter sido injuriada. Os efeitos latentes só se manifestam durante o armazenamento das sementes injuriadas, reduzindo o vigor e a germinação, causando efeitos negativos na potencialidade de sobrevivências das plantas no campo.

O sistema de trilha é o grande causador de danos mecânicos nas sementes. Quando a colheita é realizada com uma umidade abaixo do recomendado, o grão se desprende com mais facilidade do sabugo, porém fica mais susceptível aos danos mecânicos.

Araujo (1995), afirma que o retardamento da colheita pode causar maiores danos mecânicos nas sementes, principalmente durante a passagem dos grãos pelos mecanismos de trilha da colhedora.

Em trabalho sobre métodos de colheita em sementes de milho, Nascimento et al. (1994) verificaram que na colheita mecânica de grãos, houve alto índice de danos mecânicos e redução acentuada do vigor, e na colheita de espigas, teve redução acentuada dos danos, proporcionando maior vigor e maior potencial de armazenamento das sementes.

Bunch (1960) verificou que a colheita de milho com 17% de umidade por meio de uma máquina combinada, causou mais danificações do que a debulha no processo em que o milho é colhido e seco em espigas e depois debulhado com 12% de umidade. Afirmou, também, que a colheita e debulha por combinadas mostraram efeitos negativos sobre o vigor.

O número de impactos juntamente com o local do impacto são outros fatores que influenciam o grau de injúria mecânica em sementes, contudo, não se pode exercer nenhum controle sobre eles, uma vez que é totalmente imprevisível a área da semente que vai ocorrer (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

Gonçalves (1981), afirma que cultivares diferentes de milho podem apresentar diferenças de comportamento quanto à resistência a danificação das sementes ou nas interações entre diversas características das sementes

Procurando estabelecer valores para quantificar as injúrias mecânicas causadas em semente de milho, Carvalho e Nakagawa, (1988) propuseram

que a colheita mecanizada e o beneficiamento contribuem com cerca de 90% dos danos e, em seguida com menor contribuição, as etapas de armazenamento, transporte e semeadura.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), estabelecida no município de Coimbra, MG, localizada sobre latitude 20°49'50.86156"S, longitude de 42°45'59.96562"O e altitude de 712,579 metros acima do nível do mar. O cultivar de milho utilizado neste trabalho é o DKP 747. A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto.

A semeadora utilizada para a instalação da cultura foi da marca VENCE TUDO, com quatro linhas de plantio, espaçadas de 0,45 m entre linhas e regulada para uma dosagem de 6 sementes m<sup>-1</sup>. Nos tratamentos onde o espaçamento utilizado foi o de 0,90 m, realizou-se a eliminação das linhas excedentes. Nos tratamentos com espaçamento de 0,45 m, realizou-se a eliminação das plantas em excesso dentro da mesma linha de plantio. Este procedimento foi realizado na segunda semana após o plantio e teve como objetivo controlar o número de plantas em todos os tratamentos, de modo a garantir a mesma população em todas as unidades experimentais. Para a colheita foi utilizada uma colhedora LAVRALE, modelo 300, ano 1987, com plataforma de duas linhas de colheita.

Antes de iniciar a colheita, foram feitas medições do tempo gasto pela colhedora para percorrer uma distancia de 25 metros. A razão entre a distancia percorrida pela colhedora e o tempo gasto para percorrer essa distancia fornece a velocidade de trabalho da máquina. Para as marchas 1ª simples, 2ª simples e 3ª reduzida, as velocidades estimadas foram de 1,8; 3,5; e 4,1 km h<sup>-1</sup> respectivamente.

Durante a colheita foi mantida constante, em 750 rpm, a rotação do cilindro debulhador da colhedora.

Neste trabalho, como fontes de variação, foram utilizados dois espaçamentos da cultura (0,45 e 0,90 m), três velocidades de deslocamento da colhedora (1,8, 3,5 e 4,1 km h<sup>-1</sup>) e três aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador (25, 30 e 35 mm).

Para os tratamentos onde o espaçamento entre linhas foi de 0,45 m, a colhedora trabalhou com uma alimentação de duas linhas da cultura entre os divisores de linha da plataforma de milho, conforme mostra a figura 1.

Para os tratamentos onde o espaçamento foi de 0,90 m, a colhedora trabalhou normalmente, ou seja, com uma alimentação de uma linha entre os divisores de linha da plataforma.



Figura 1 - Alimentação de duas linhas entre divisores na plataforma de colheita

#### **4.1 – Caracterização Física do Solo na Área Experimental**

A caracterização física de um solo é um dos fatores de fundamental importância para compreensão do comportamento de uma cultura em determinadas situações. Uma dessas situações está relacionada com a colheita mecanizada.

##### **4.1.1 – Teor de Água do Solo**

Foi utilizado o método gravimétrico padrão, com base na massa de solo seco em estufa à temperatura de 105 – 110° C até atingir massa constante, conforme (EMBRAPA, 1997).

Na condução do experimento, foram realizadas amostragens de solo para a determinação do teor de água nas faixas de , 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m de profundidade. A amostragem foi realizada no dia da operação de

semeadura, coletando-se três amostras de cada unidade experimental nas profundidades mencionadas anteriormente.

#### **4.1.2 – Massa Específica do Solo**

Foi determinada na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, utilizando-se o método do anel volumétrico, descrito por (EMBRAPA, 1997). As amostras foram coletadas e acondicionadas em cápsulas de alumínio, lacradas com fita plástica até a chegada ao laboratório. A amostragem foi realizada antes da aplicação dos tratamentos, sendo retiradas três amostras em cada unidade experimental.

#### **4.1.2 – Resistência do Solo à Penetração**

Para a medição da resistência à penetração foi utilizado o penetrômetro eletrônico modelo PNT-2000 marca DLT (figura 2). A coleta de dados para determinar a resistência do solo à penetração foi efetuada em quatro pontos distintos de cada unidade experimental com retirada simultânea de amostras de solo para a determinação do teor de água no solo.



Figura 2 - Vista frontal do penetrômetro utilizado.

#### **4.2 – Caracterização Morfológicas da Planta de Milho**

A caracterização física da cultura antes de iniciar a colheita é muito importante para atingir a regulação ideal da colhedora. Através dessa caracterização é possível identificar alguns problemas referentes às perdas na colheita.

#### **4.2.1 – Determinação do Diâmetro Médio das Espigas**

Antes de iniciar a colheita, foi determinado com o auxílio de um paquímetro, o diâmetro médio das espigas, referente à amostragem de 5 sabugos em cada unidade experimental, conforme mostrado na figura 3. O conhecimento desse parâmetro possibilita a regulagem adequada da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo, responsáveis pelo sistema de trilha na colhedora.



Figura 3 – Determinação do diâmetro médio das espigas.

#### **4.2.2 – Determinação da Altura de Inserção da Primeira Espiga**

Para a determinação da altura da inserção da primeira espiga, foram coletadas cinco amostras aleatórias em cada unidade experimental. Com uma trena, foi determinada a altura média da inserção da primeira espiga em relação ao solo, conforme ilustrado na Figura 4. Este procedimento tem como objetivo, controlar a altura da plataforma de colheita, visando reduzir as perdas quantitativas.



Figura 4 – Determinação da altura de inserção da primeira espiga.

#### **4.2.3 – Determinação do Teor de Água dos Grãos**

Os grãos foram colhidos com um teor de água médio de 20%, em base úmida. Este teor de água foi determinado em laboratório através de um medidor de umidade da marca Gehaka, modelo G800.

#### **4.3 – Perdas Quantitativas**

Para a determinação das perdas na lavoura foi utilizada uma armação, com dimensões de 1,8 m por 1 m, conforme ilustrado na Figura 5.



Figura 5 – Armação utilizada para a determinação das perdas quantitativas

As perdas quantitativas foram divididas em perdas de pré-colheita, perdas na plataforma de corte, perdas nos mecanismos internos, perdas totais e perdas ocasionadas pela colhedora.

#### 4.3.1 – Perdas na Pré-Colheita

Como não sofrem influência dos mecanismos da colhedora, as perdas de pré-colheita foram divididas em função do espaçamento de plantio, 0,9 m e 0,45 m. Antes de iniciar a colheita, a armação foi posicionada de maneira aleatória em cada unidade experimental. Foram contados os grãos soltos e aqueles que estavam nas espigas caídas, dentro da armação. Foram obtidos os valores médios das massas para os tratamentos com espaçamento de plantio de 0,45 m e 0,9 m e as perdas na pré-colheita calculadas de acordo com a equação abaixo:

$$PN = \left( \frac{M_1}{A} \right) \times \left[ 1 - \left( \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \right] \times 10000 \quad (1)$$

Em que:

PN – Perdas de pré-colheita, kg ha<sup>-1</sup>;

M<sub>1</sub>= Massa média dos grãos encontrados dentro da armação nos tratamentos com espaçamentos de 0,45 m e 0,90 m, kg;

A= Área da armação, m<sup>2</sup>;

U<sub>i</sub>=Umidade do grão dentro da armação, % b.u.;

U<sub>f</sub>= Umidade final dos grãos, 13% b.u.

#### 4.3.2 – Perdas na Plataforma de Colheita

Para a determinação das perdas na plataforma de colheita a colhedora percorreu uma distancia de 10 metros em regime constante de operação antes da faixa de medição. Logo após, estacionou mantendo seus mecanismos em funcionamento até que toda a palha tenha saído. Após toda a eliminação da palha, a colhedora percorreu uma distância igual ao seu comprimento, em marcha ré. A armação foi colocada a sua frente e foram recolhidos todos os grãos que estavam em seu interior, estando soltos ou em espigas, conforme ilustrado na Figura 6.

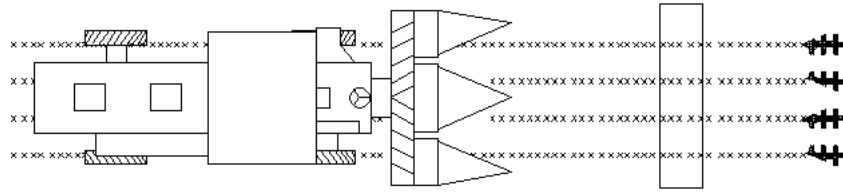


Figura 6 - Esquema de colocação da armação para medição das perdas

Os grãos encontrados dentro da armação foram pesados e a determinação das perdas na plataforma de corte foi realizada de acordo com a equação abaixo:

$$PPC = \left\{ \left( \frac{M_2}{A} \right) \times \left[ 1 - \left( \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \right] \times 10000 \right\} - PN \quad (2)$$

Em que:

PPC - Perdas na plataforma de colheita, kg ha<sup>-1</sup>;

M<sub>2</sub> - Massa de grãos encontrados dentro da armação, kg;

A - Área da armação, m<sup>2</sup>;

U<sub>i</sub> – Umidade inicial dos grãos encontrados dentro da armação, % b.u.;

U<sub>f</sub> – Umidade final dos grãos, 13% b.u.;

PN – Perdas de pré-colheita, kg ha<sup>-1</sup>

#### 4.3.3 – Perdas nos Mecanismos Internos

Após serem coletados os dados para a medição das perdas na plataforma de colheita, a colhedora recomeçou o trabalho percorrendo o restante da unidade experimental. A armação foi posicionada aleatoriamente numa faixa onde a colhedora trabalhou em regime constante, conforme ilustrado na Figura 7.

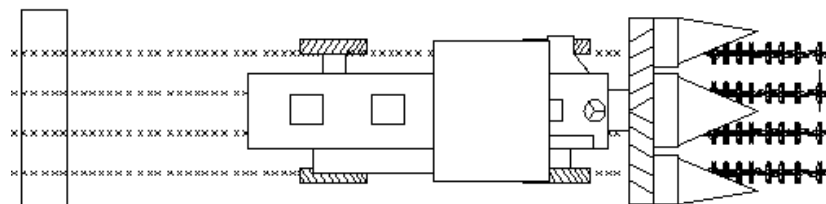


Figura 7 - Medição das perdas nos mecanismos internos.

Os grãos encontrados dentro da armação foram pesados e a determinação das perdas nos mecanismos internos foi realizada de acordo com a equação abaixo:

$$PMI = \left\{ \left( \frac{M_3}{A} \right) \times \left[ 1 - \left( \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \right] \times 10000 \right\} - PPC \quad (3)$$

Em que:

PMI - Perdas nos mecanismos internos, kg ha<sup>-1</sup>;

M<sub>3</sub> - Massa de grãos encontrados dentro da armação, kg;

A - Área da armação, m<sup>2</sup>;

U<sub>i</sub> – Umidade inicial dos grãos encontrados dentro da armação, % b.u;

U<sub>f</sub> – Umidade final dos grãos, 13% b.u.;

PPC – Perdas na plataforma de colheita, kg ha<sup>-1</sup>

#### 4.3.4 – Perdas Totais

As perdas totais compreendem o somatório de todas as perdas ocorridas no campo até o término da operação de colheita. A determinação das perdas totais foi realizada de acordo com a equação abaixo:

$$PT = PN + PPC + PMI \quad (4)$$

Em que:

PT - Perdas totais, kg ha<sup>-1</sup>;

PN – Perdas de pré-colheita, kg ha<sup>-1</sup>;

PPC – Perdas na plataforma de colheita, kg ha<sup>-1</sup>;

PPC – Perdas na plataforma de colheita, kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.3.5 – Perdas Ocasionadas pela Colhedora

As perdas ocasionadas pela colhedora compreendem o somatório das perdas ocorridas na plataforma de colheita e as perdas ocorridas nos mecanismos internos. A determinação das perdas ocasionadas pela colhedora foi realizada de acordo com a equação abaixo:

$$POC = PPC + PMI \quad (5)$$

Em que:

POC - Perdas ocasionadas pela colhedora, kg ha<sup>-1</sup>;

PPC – Perdas na plataforma de colheita, kg ha<sup>-1</sup>;

PPC – Perdas na plataforma de colheita, kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.3.6 – Produtividade da Cultura.

Após a colheita da unidade experimental, todo o material contido no tanque graneleiro foi armazenado e pesado. A produtividade de cada unidade experimental foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$\text{PROD} = \left\{ \left( \frac{M_4}{A} \right) \times \left[ 1 - \left( \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \right] \times 10000 \right\} + \text{PT} \quad (6)$$

Em que:

PROD – Produtividade da cultura, kg ha<sup>-1</sup>;

M<sub>4</sub> - Massa de grãos encontrados dentro do tanque graneleiro, kg;

A - Área útil da unidade experimental, m<sup>2</sup>;

U<sub>i</sub> – Umidade inicial dos grãos encontrados dentro do graneleiro, % b.u.;

U<sub>f</sub> – Umidade final dos grãos, 13% b.u.;

PT – Perdas totais, kg ha<sup>-1</sup>

#### 4.4 – Análises Qualitativas

Para a análise qualitativa foram coletadas amostras de sementes (1 kg aproximadamente), no tanque graneleiro da colhedora, após a colheita. A avaliação das perdas qualitativas foi realizada pelo teste padrão de germinação. Como os valores de germinação que serão apresentados mais a frente, foram muito baixos, não se justificou a realização do teste de frio.

##### 4.4.1 – Teste de Germinação

O teste foi realizado utilizando-se de 150 sementes, com três repetições de 50 sementes por tratamento. O substrato utilizado foi o rolo de papel, com três folhas de papel Germtest, com a quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso. O germinador foi regulado para manter a temperatura constante de 30 °C.

Como no 3º dia após as sementes estarem incubadas no germinador, não foi possível detectar diferenças das plântulas normais das anormais, a contagem se realizou no 8º dia após a incubação, e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação

#### **4.5 - Delineamento Experimental**

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 18 tratamentos e três repetições, onde os tratamentos constituem um esquema fatorial  $2 \times 3 \times 3$ , com 2 espaçamentos entre linhas da cultura (0,45 m; 0,9 m); 3 velocidades de deslocamento da colhedora ( $V1 = 1,8 \text{ km h}^{-1}$ ;  $V2 = 3,5 \text{ km h}^{-1}$  e  $V3 = 4,1 \text{ km h}^{-1}$ ) e 3 aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador ( $A1 = 35 \text{ mm}$ ;  $A2 = 30 \text{ mm}$  e  $A3 = 25 \text{ mm}$ ), totalizando 54 unidades experimentais.

Os dados obtidos foram submetidos análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se do programa computacional SAEG, versão 9.0.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 – Caracterizações Física do Solo

#### 5.1.1 – Teor de Água do Solo

Hamza & Anderson, (2005) afirmam que em ambientes com menor umidade, a coesão e a resistência do solo à penetração aumentam. Os autores citam ainda que na medida em que a pressão hidrostática das células das raízes diminui, há uma redução da força na coifa e na região meristemática para superar a resistência do solo.

A Tabela 1 apresenta o resumo estatístico do teor de água no solo coletados no momento do plantio.

Observa-se que o bloco 1 apresentou a maior média de teor de água no solo. Nota-se também que o coeficiente de variação dos três blocos ficou na faixa de 6,59 a 6,97%, valores considerados bons, pois demonstram uma boa uniformidade da distribuição da água nos blocos.

Tabela 1 – Estatística descritiva do teor de água do solo (%)

	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
Bloco 1	21,42	25,05	19,1	1,49	6,97
Bloco 2	19,92	22,5	17,3	1,35	6,78
Bloco 3	19,96	22,6	17,7	1,31	6,59

DP- Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação

#### 5.1.2 – Massa Específica do Solo

A habilidade das raízes penetrarem no perfil diminui quando a densidade e a resistência do solo aumentam. O resumo estatístico da massa específica do solo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística descritiva de massa específica do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
Bloco 1	1,25	1,58	1,01	0,161919	12,97
Bloco 2	1,14	1,33	0,95	0,114602	10,03
Bloco 3	1,15	1,35	0,91	0,118932	10,38

DP- Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação

As médias dos blocos ficaram na faixa de 1,14 a 1,25  $\text{g cm}^{-3}$ , valores considerados satisfatórios para o desenvolvimento da cultura do milho no campo. Observa-se também que o coeficiente de variação do bloco 1

apresentou um valor acima dos blocos 2 e 3, demonstrando uma maior desuniformidade do bloco quando comparado aos outros.

### 5.1.3 – Resistência do Solo à Penetração

Taylor et al. (1971), considera que a faixa crítica de resistência do solo com redução no crescimento radicular é de 2000 a 2500 Pa.

A Tabela 3 apresenta o resumo estatístico da resistência do solo à penetração. Observa-se que os valores médios de resistência da camada mais superficial ficaram bem abaixo das camadas mais profundas. Fato que pode ser explicado pela presença de material vegetal no solo nessa camada.

Tabela 3 – Estatística descritiva da resistência do solo à penetração (Pa)

	<b>Prof.</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
Bloco 1	0,1 m	463,11	800,00	280,00	130,98	28,28
	0,2 m	1083,22	1586,00	700,00	225,28	20,80
Bloco 2	0,1 m	490,33	844,00	288,00	160,33	32,70
	0,2 m	1178,44	1940,00	792,00	269,59	22,88
Bloco 3	0,1 m	491,44	718,00	330,00	118,93	24,20
	0,2 m	1128,33	1654,00	714,00	259,25	22,98

DP- Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação

Verifica-se que nenhum dos valores máximos observados ficaram dentro da faixa crítica proposta por Taylor (1971).

## 5.2 – Caracterizações Morfológicas da Planta de Milho

Com a caracterização da planta de milho, foi possível regular a abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo e a altura da plataforma de colheita mais adequada.

### 5.2.1 – Determinação do Diâmetro Médio das Espigas

Com base no diâmetro máximo das espigas, determinou-se a regulação da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo.

Para que se possa realizar a debulha, a espiga deve entrar na abertura entre o cilindro e o côncavo e ser friccionada de maneira a separar os grãos do sabugo. Para isso a abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo se reduz entre a entrada da espiga e a saída.

A abertura de entrada da espiga foi mantida constante em 60 mm. As aberturas de saídas utilizadas foram de 25, 30 e 35 mm.

A Tabela 4 apresenta o resumo estatístico do diâmetro médio das espigas coletados no momento da colheita.

Tabela 4 – Estatística descritiva do diâmetro médio das espigas (mm)

	<b>Esp.</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
Bloco 1	0,45 m	49,11	52,60	45,00	2,40	4,90
	0,90 m	50,51	57,80	45,20	4,11	8,14
Bloco 2	0,45 m	49,76	54,20	44,60	2,80	5,64
	0,90 m	50,18	54,80	45,40	3,48	6,94
Bloco 3	0,45 m	50,58	53,40	48,40	1,94	3,84
	0,90 m	53,64	57,00	50,00	2,80	5,22

DP- Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação

O coeficiente de variação mostra uma alta uniformidade no diâmetro das espigas no campo.

### 5.2.2 – Determinação da Altura de Inserção da Primeira Espiga

Com base na altura da inserção da primeira espiga coletados no momento da colheita, pode-se regular a altura da plataforma de colheita. A Tabela 5 apresenta o resumo estatístico da altura de inserção da primeira espiga.

Tabela 5 – Estatística descritiva da altura de inserção da primeira espiga (cm)

	<b>Esp.</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
Bloco 1	0,45 m	85,67	105,8	74,8	9,03	10,55
	0,90 m	74,82	87,8	55,4	9,12	12,19
Bloco 2	0,45 m	83,47	102,2	53	13,67	16,38
	0,90 m	90,76	99,4	74,2	8,76	9,65
Bloco 3	0,45 m	78,22	89,2	68	6,73	8,60
	0,90 m	88,24	103,4	78	8,43	9,55

DP- Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação

Com base nos valores mínimos da altura de inserção da primeira espiga foi adotada uma altura da plataforma de colheita de 0,5 m em relação ao solo, com o objetivo de fazer com que uma menor quantidade de material que não seja grão entre nos mecanismos internos da colhedora.

### 5.2.3 – Determinação do Teor de Água dos Grãos

O teor de água dos grãos é um fator de fundamental importância para se obter a regulação adequada da colhedora. Dependendo da umidade dos grãos,

a força necessária para separá-los do sabugo torna-se diferente, precisando adotar algumas medidas como, por exemplo, alterar a rotação do cilindro debulhador.

A Tabela 6 apresenta o resumo estatístico do teor de água dos grãos no momento da colheita. A rotação do cilindro debulhador foi de 800 rpm, recomendada pelo fabricante da máquina para essa condição na umidade de colheita.

Tabela 6 – Estatística descritiva do teor de água dos grãos (%)

	<b>Espaçamento</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
Bloco 1	0,45 m	21,52	25,05	19,10	1,86	8,63
	0,90 m	21,32	22,90	20,00	1,13	5,30
Bloco 2	0,45 m	20,29	22,20	18,70	1,17	5,78
	0,90 m	19,56	22,50	17,30	1,48	7,57
Bloco 3	0,45 m	20,27	21,80	18,40	1,28	6,31
	0,90 m	19,64	22,60	17,70	1,35	6,87

DP- Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação

### 5.3 – Perdas Quantitativas

#### 5.3.1 – Perdas na Pré-Colheita

As perdas quantitativas de pré-colheita estão apresentadas na Figura 8. Os dados obtidos mostram que as perdas nos tratamentos onde o espaçamento de plantio foi de 0,45 m foram menores que as dos tratamentos com espaçamento de 0,90 m.



Figura 8 - Perdas na pré-colheita em função do espaçamento entre linhas de plantio

O melhor arranjo espacial das plantas de milho na área experimental diminuiu as perdas ocasionadas pela ação da natureza.

Nos tratamentos que utilizavam o espaçamento entre linhas de plantio de 0,45 e 0,90 m, as perdas de pré-colheita representaram respectivamente 1,19 e 1,98 % da produtividade média.

Bragachini & Peiretti (2005), em estudo realizado na Argentina, encontraram valores de até 65 kg ha<sup>-1</sup> nas perdas de pré-colheita, equivalente a 0,9% da produtividade da cultura. Em estudo realizado na zona da mata mineira, Souza, *et al.* encontraram perdas de 17,1 kg ha<sup>-1</sup> equivalente a 0,73% da produtividade da cultura.

### 5.3.2 – Perdas na Plataforma de Colheita

As perdas na plataforma de colheita não sofrem influência da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo, portanto, para análise de variância das perdas na plataforma de colheita apresentada na Tabela 7, foram utilizadas somente o espaçamento entre linhas de plantio e a velocidade de deslocamento da máquina como fontes de variação.

Tabela 7 - Análise de Variância das perdas na plataforma de colheita

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Blocos	2	9783,33	4891,66	0,13 <sup>ns</sup>
E	1	202986,90	202986,90	5,51*
V	2	254531,20	127265,60	3,45*
E x V	2	57355,33	28677,66	0,77 <sup>ns</sup>
Resíduo	46	1693711,00	36819,79	
<b>Total</b>	<b>53</b>			

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo; E – Espaçamento entre linhas de plantio; V – Velocidade de deslocamento da máquina.

Nas perdas da plataforma de colheita, ocorreram efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade para o espaçamento entre linhas de plantio e para a velocidade de deslocamento da máquina.

A Figura 9 apresenta as perdas ocorridas nos tratamentos com espaçamentos entre linhas de plantio de 0,45 e 0,90 m.



Figura 9- Perdas na plataforma em função do espaçamento entre linhas

O fato das plantas sofrerem um deslocamento para serem processadas nos rolos espigadores pode ter causado um aumento significativo das perdas na plataforma de colheita nos tratamentos com espaçamento entre linhas de plantio de 0,45 m.

Com a utilização do espaçamento reduzido, as perdas na plataforma de colheita foram superiores quando comparadas ao espaçamento convencional, resultado encontrado também por Hanna et al (2002), que concluiu que as perdas ocasionadas foram maiores e inadequada quando se utilizou uma plataforma de colheita específica para espaçamentos reduzidos em espaçamento convencional.

A Tabela 8 apresenta os resultados do teste de média Tukey, ao nível de 5% de significância, para perdas na plataforma de colheita em função das velocidades de deslocamento da máquina utilizadas no experimento. As médias seguidas por letras iguais não diferenciaram estatisticamente.

Tabela 8 - Perdas na plataforma de colheita em função da velocidade de deslocamento da colhedora

Velocidade de deslocamento da colhedora (km h <sup>-1</sup> )	Amostras	Médias (kg ha <sup>-1</sup> )	Comparação
V <sub>1</sub> = 1,8	18	279,08	A
V <sub>3</sub> = 4,1	18	250,66	AB
V <sub>2</sub> = 3,5	18	121,33	B

Q(0,05; 46) = 3,424; Diferença Mínima Significativa = 154,8754; Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se que as velocidades de 1,8 e 3,5 km h<sup>-1</sup> se diferenciaram estatisticamente entre si, sendo que a velocidade de 3,5 km h<sup>-1</sup> apresentou a menor média nas perdas ocasionadas na plataforma de colheita. Para as velocidades de 1,8; 3,5 e 4,1 km h<sup>-1</sup> as perdas na plataforma de colheita representaram 3,9; 3,6 e 1,8% da produtividade.

Souza et al. (2006) observou que as velocidades de deslocamento de 1,2; 1,5 e 2,45 km h<sup>-1</sup> não apresentaram diferenças nas perdas ocasionadas na plataforma de colheita, sendo que as médias das perdas variaram de 94,62 a 98,85 kg ha<sup>-1</sup>, representando aproximadamente 3,5% da produtividade.

O fato das menores velocidades provocarem uma vibração na planta de milho pode fazer com que a espiga se desprenda da planta antecipadamente e acabe caindo fora da plataforma de colheita, ocasionando as perdas por espigas. À medida que a velocidade cresce, as perdas diminuem até chegar a um ponto ótimo. Depois desse ponto, o acréscimo de velocidade de deslocamento na máquina provoca um impacto mais forte sobre a planta, ocasionando o desprendimento da espiga da planta e fazendo com que essa seja arremessada fora da plataforma de colheita.

Hanna, et al. (2002), concluíram que mesmo em velocidades baixas de 3,2 km h<sup>-1</sup>, as perdas na plataforma de colheita foram inaceitáveis quando utilizadas plataformas específicas para espaçamento convencional em plantas cultivadas com espaçamentos reduzido.

### **5.3.3 – Perdas nos Mecanismos Internos**

Como a população de plantas foi constante em todos os tratamentos e o espaçamento entre linhas de plantio não influenciou significativamente a produtividade da cultura, a análise de variância das perdas nos mecanismos internos, apresentada na Tabela 9, foi realizada utilizando apenas a velocidade de deslocamento da máquina e a abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador como fontes de variação. . A Tabela 9 apresenta a análise de variância das perdas nos mecanismos internos.

Tabela 9 - Análise de Variância das perdas nos mecanismos internos

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Blocos	2	1393,78	696,88	0,02 <sup>ns</sup>
V	2	498116,10	249058,10	8,30*
A	2	962516,20	481258,10	16,03*
V x A	4	134843,80	33710,94	1,12 <sup>ns</sup>
Resíduo	43	1290713,00	30016,57	
<b>Total</b>	<b>53</b>			

\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns- não significativo; V – Velocidade de deslocamento da máquina; A – Abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo

A interação da velocidade de deslocamento da colhedora com a abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador não apresentou diferenças significativas nas perdas ocasionadas nos mecanismos internos

As perdas nos mecanismos internos da colhedora apresentaram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para a velocidade de deslocamento da máquina e para a abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo.

A Tabela 10 apresenta os resultados do teste de média Tukey ao nível de 5% de significância para as velocidades de deslocamento da máquina utilizadas na colheita.

Tabela 10 - Perdas nos mecanismos internos, em função da velocidade de deslocamento da colhedora

Velocidade de deslocamento da máquina (km h <sup>-1</sup> )	Dados	Médias (kg ha <sup>-1</sup> )	Comparação
V <sub>2</sub> = 3,5	18	384,26	A
V <sub>1</sub> = 1,8	18	205,42	B
V <sub>3</sub> = 4,1	18	162,47	B

Q(0,05; 46) = 3,424; Diferença Mínima Significativa = 154,8754; Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Nota-se que a velocidade de 3,5 km h<sup>-1</sup> apresentou as maiores perdas nos mecanismos internos. Como essa velocidade apresentou as menores perdas na plataforma de colheita, mais material passou pelos sistemas de trilha, separação e limpeza, aumentando a taxa de alimentação. Esse aumento pode ter influenciado as perdas nos mecanismos internos.

Para as velocidades de 1,8; 3,5 e 4,1 km h<sup>-1</sup>, as perdas ocorridas nos mecanismos internos foram de 2,9; 5,5 e 2,4 % da produtividade da cultura.

Souza et al.(2006) concluíram que as menores perdas ocasionadas nos mecanismos internos ocorreram para uma velocidade de 1,5 km h<sup>-1</sup>, quando o cilindro debulhador trabalhou com uma rotação de 850 rpm.

A Tabela 11 apresenta os resultados do teste de média Tukey ao nível de 5% de probabilidade para as aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador.

Tabela 11 - Perdas nos mecanismos internos, em função da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo

Abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador (mm)	Dados	Médias (kg ha <sup>-1</sup> )	Comparação
A <sub>2</sub> = 30	18	438,05	A
A <sub>1</sub> = 25	18	177,47	B
A <sub>3</sub> = 35	18	136,63	B

Q(0,05; 46) = 3,424; Diferença Mínima Significativa = 154,8754; Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Como o observado na Tabela 11, a abertura de 30 mm proporcionou as maiores perdas nos mecanismos internos. Nota-se também que a abertura de 25 mm não se diferenciou estatisticamente da abertura de 35 mm ao nível de 5% de significância. As perdas nos mecanismos internos quando se utilizou as aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador de 25, 30 e 35 mm representaram 2,5; 6,2 e 2,0 % da produtividade da cultura.

Portella (2001), em estudo realizado com uma colhedora MF3640 encontrou as menores perdas ocasionadas nos mecanismos internos quando se utilizou a abertura de 25 mm entre o côncavo e o cilindro debulhador, representado por 2,88% das perdas ocorridas.

#### 5.3.4 – Perdas Totais

As perdas totais compreendem o somatório de todos os grãos que permaneceram no campo após a operação de colheita. A Tabela 12 apresenta a análise de variância das perdas totais.

Tabela 12 - Análise de Variância das perdas totais

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Blocos	2	13876,28	6938,141	0,198 <sup>ns</sup>
E	1	114238,50	114238,5	3,257*
V	2	36758,72	18379,36	0,524 <sup>ns</sup>
A	2	301893,20	150946,6	4,303*
E x V	2	11206,41	5603,205	0,160 <sup>ns</sup>
E x A	2	235866,30	117933,1	3,362*
V x A	4	369974,90	92493,72	2,637 <sup>ns</sup>
E x V x A	4	289035,20	72258,79	2,060 <sup>ns</sup>
Resíduo	34	1192715,00	35079,87	
<b>Total</b>	<b>53</b>			

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo; E –Espaçamento entre linhas de plantio; V – Velocidade de deslocamento da colhedora; A – Abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo

Observa-se que ocorreu diferença significativa nas perdas totais quando se variou o espaçamento entre linhas de plantio e a abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo sendo que a interação entre esses dois fatores também foi significativa.

A Figura 10 mostra os valores médios das perdas naturais (PN), na plataforma de colheita (PPC), nos mecanismos internos (PMI) e totais (PT), em função dos espaçamentos entre linhas de plantio, 0,45 m e 0,90 m.

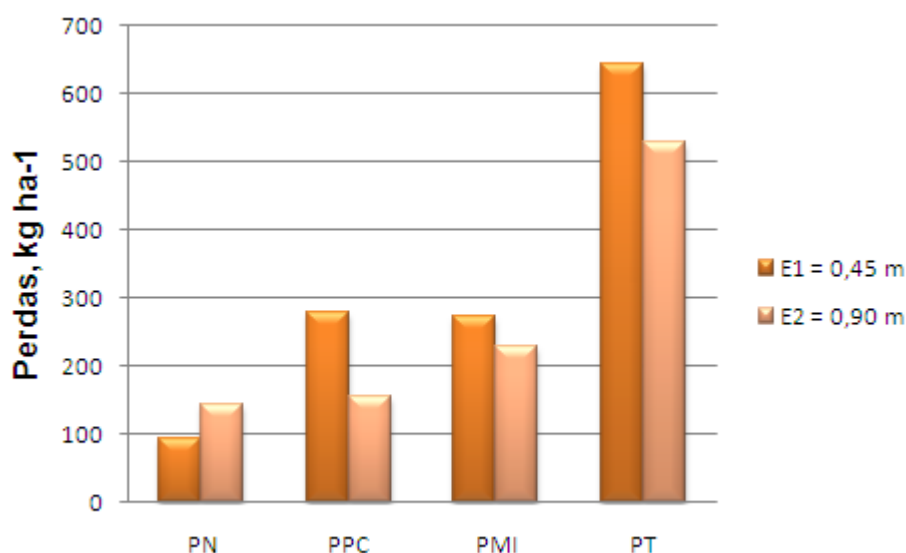


Figura 10- Perdas totais em função do espaçamento entre linhas

Como observado na Figura 10, o espaçamento entre linhas de plantio reduzido ocasionou menores perdas naturais, o que pode ser justificado pelo

fato do espaçamento reduzido ter proporcionado um melhor arranjo espacial das plantas diminuindo os impactos causados pela ação de agentes naturais, tais como o vento e a chuva.

A utilização de uma plataforma de colheita específica para espaçamento convencional em campo cultivado com espaçamento reduzido proporcionou um aumento significativo nas perdas ocorridas na plataforma de colheita. Esse aumento pode justificar o fato das perdas totais serem maiores quando se utilizou o espaçamento reduzido.

A Tabela 13 apresenta os resultados do teste de média Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a interação da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo e o espaçamento entre linhas de plantio para as perdas totais.

Tabela 13 – Perdas Totais para da interação da abertura do cilindro debulhador/ côncavo e o espaçamento entre linhas de plantio, kg ha<sup>-1</sup>

A\E	0,45 m		0,90m	
35 mm	650,31	A a	560,16	A a
30 mm	792,30	A a	537,32	B a
25 mm	450,63	A b	519,90	A a

As letras maiúsculas se referem à comparação entre as medias das linhas, enquanto que as letras minúsculas se referem às colunas.

A abertura intermediária de 30 mm, no espaçamento reduzido, causou as maiores perdas totais, porém, no espaçamento convencional não ocorreu diferenças significativas nas perdas nos mecanismos internos quando utilizado diferentes aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador.

A regulagem de 30 mm no espaçamento reduzido causou as maiores perdas nos mecanismos internos, justificando o aumento nas perdas totais já que se trata do somatório das perdas naturais, da plataforma de colheita e dos mecanismos internos. Contudo, diferentemente do ocorrido nas perdas dos mecanismos internos, a abertura de 35 mm não apresentou diferença significativa em relação a abertura de 30 mm.

Verifica-se que a regulagem de 25 mm, no espaçamento reduzido, foi a que proporcionou as menores perdas totais. O estreitamento entre o côncavo e o cilindro debulhador fez com que a força para separar os grãos do sabugo

aumentasse de tal forma a ocorrer uma debulha mais intensa, fazendo com que a quantidade de grãos lançados para fora da colhedora diminuísse.

Observa-se que não ocorreram diferenças significativas quando se utilizou as aberturas de 35 e 25 mm no espaçamento convencional e reduzido.

Nos espaçamento de 0,90 m, não ocorreram diferenças significativas nas perdas totais para as diferentes regulagens da abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo.

Hanna et al (2002), obteve perdas totais de 580 kg ha<sup>-1</sup> utilizando uma colhedora com plataforma convencional em campo cultivado com espaçamento convencional, porém, quando utilizado uma plataforma de colheita regulada para espaçamento convencional em campo cultivado em espaçamento reduzido obteve perdas totais de 1760 kg ha<sup>-1</sup>.

### 5.3.5 – Perdas Ocasionadas pela Colhedora

Para a análise das perdas totais devido a ação da colhedora, foram consideradas apenas as perdas ocorridas na plataforma de colheita e nos mecanismos internos. A Tabela 14 apresenta a análise de variância das perdas ocasionadas pela ação da colhedora.

Tabela 14 - Análise de Variância das perdas totais referente à ação da colhedora

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Blocos	2	3824,26	1912,13	0,060 <sup>ns</sup>
E	1	370864,90	370864,90	11,717*
V	2	84521,73	42260,86	1,335 <sup>ns</sup>
A	2	361417,50	180708,80	5,709*
E x V	2	22979,08	11489,54	0,363 <sup>ns</sup>
E x A	2	299799,60	149899,80	4,736*
V x A	4	323086,70	80771,68	2,552 <sup>ns</sup>
E x V x A	4	353958,70	88489,67	2,796 <sup>ns</sup>
Resíduo	34	1076190,00	31652,66	
Total	53			

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo; E –Espaçamento entre linhas de plantio; V – Velocidade de deslocamento da colhedora; A – Abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo

Verifica-se que ocorreu diferença significativa nas perdas ocasionadas pela colhedora quando se variou o espaçamento entre linhas de plantio e a abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador sendo que a interação entre

esses dois fatores também foi significativa, não justificando analisar esses fatores isoladamente. A Tabela 15 apresenta os resultados do teste de média Tukey das perdas totais ao nível de 5% de significância devido à interação do espaçamento entre linhas de plantio e a abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo.

Tabela 15 – Perdas ocasionadas pela colhedora devido à interação do espaçamento entre linhas de plantio e a abertura do cilindro debulhador e o côncavo

A\E	0,45 m	0,90m
35mm	556,14 A ab	384,22 B a
30mm	739,24 A a	394,16 B a
25mm	356,46 A b	376,24 A a

As letras maiúsculas se referem à comparação entre as medias das linhas, enquanto que as letras minúsculas se referem às colunas.

Observa-se que os resultados encontrados seguiram a mesma tendência das perdas totais, apresentando uma média inferior devido à falta das perdas naturais.

A abertura de 25 e 35 mm, não apresentou diferenças significativas nas perdas ocasionadas pela colhedora quando utilizados espaçamentos entre linhas diferentes.

As aberturas de 30 e 35 mm, quando se utilizou o espaçamento reduzido, apresentaram os maiores valores das perdas ocasionadas pela colhedora. Quando foi utilizado o espaçamento convencional, não ocorreu diferença significativa para as diferentes aberturas entre o côncavo o cilindro debulhador.

Valores de 170 kg ha<sup>-1</sup> foram encontrados por Hanna et al (2002) nas perdas ocasionadas pela colhedora com plataforma de colheita para espaçamento convencional em espaçamento convencional. Utilizando uma plataforma de colheita para espaçamento reduzido em espaçamento reduzido as perdas ocasionadas pela colhedora foram de 370 kg ha<sup>-1</sup>, finalmente, utilizando uma plataforma de colheita para espaçamento convencional em espaçamento reduzido os valores das perdas ocasionadas pela colhedora foram de 1.200 kg ha<sup>-1</sup>.

### 5.3.6 – Produtividade da Cultura

A produtividade da cultura envolve todos os grãos que foram produzidos pela planta ao longo do seu ciclo de vida, sendo eles capturados pela colhedora ou não.

Como a produtividade não sofre influência da ação da colhedora, a análise de variância apresentada na Tabela 16, teve apenas o espaçamento entre linhas de plantio como fonte de variação.

Tabela 16 - Análise de Variância da produtividade

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Blocos	2	3615507,0	1807753,0	0,62
E	1	5397668,0	5397668,0	1,86
Resíduo	50	145307700,0	2906154,0	
Total	53			

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo; E –Espaçamento entre linhas de plantio.

Como observado acima, a produtividade não sofreu influência do espaçamento entre linhas. A produtividade é a soma das perdas naturais, perdas na plataforma de corte, perdas nos mecanismos internos e os grãos que foram retirados do campo pela colhedora.

A Figura 11 apresenta a produtividade média e a distribuição das perdas ocorridas para o espaçamento entre linha de plantio de 0,45 m.

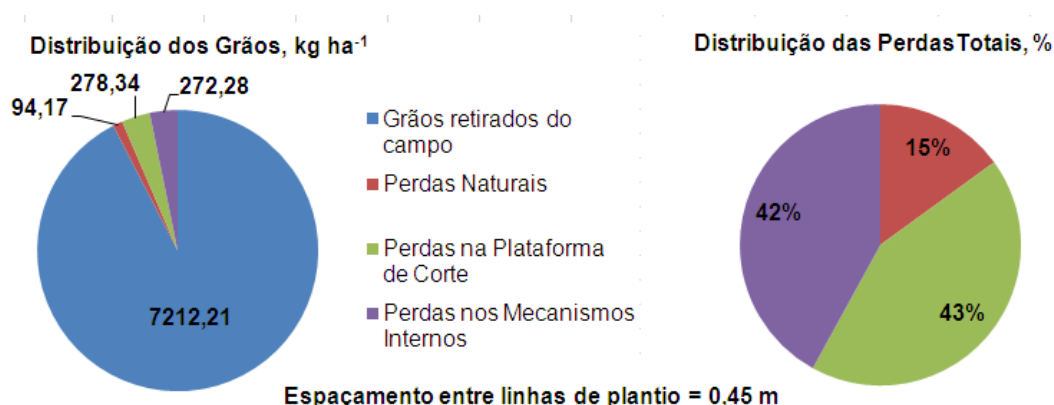


Figura 11- Produtividade e distribuição das perdas observadas no espaçamento de 0,45 m.

Observa-se que a produtividade média da cultura quando utilizado o espaçamento entre linhas de plantio de 0,45 m foi de 7.857 kg ha<sup>-1</sup>. O valor da

perda total foi 644,79 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, para os tratamentos onde foi utilizado o espaçamento reduzido, as perdas representaram 8,21% da produtividade média alcançada.

Verifica-se que as perdas naturais, na plataforma de colheita e nos mecanismos internos, representam 15, 43 e 42 % da perda total respectivamente. A Figura 12 apresenta a produtividade média e a distribuição das perdas ocorridas para o espaçamento entre linha de plantio de 0,9 m.

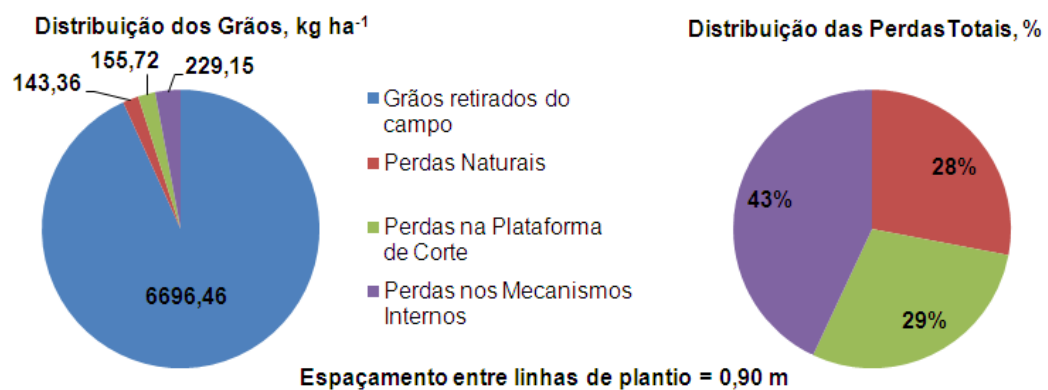


Figura 12- Produtividade e distribuição das perdas observadas nos tratamentos com espaçamento de 0,90 m.

Verifica-se que a produtividade média da cultura foi de 7.225 kg ha<sup>-1</sup>. As perdas totais foram de 528,23 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, para os tratamentos onde foi utilizado o espaçamento de 0,9 m, as perdas totais representaram 7,31% da produtividade média alcançada.

As perdas naturais, na plataforma de colheita e nos mecanismos internos representaram 28, 29 e 43 % das perdas totais respectivamente.

Hanna et al (2002) encontrou diferenças significativas na produtividade. Em espaçamento convencional e obteve valores de 8.840 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que em espaçamento reduzido a produtividade foi de 9.870 kg ha<sup>-1</sup>. As perdas totais representaram 17,83 e 6,56 % da produtividade em espaçamento reduzido e convencional respectivamente

## 5.4 – Análise Qualitativa

### 5.4.1 – Teste de Germinação

Antes de iniciar a colheita, foi retirada de cada unidade experimental uma espiga a qual foi debulhada manualmente. Os grãos de milho debulhado manualmente foram utilizados para comparar as perdas no teor de germinação com os grãos de milho debulhados pela colhedora.

O teor de germinação médio dos grãos debulhados manualmente, cultivados com espaçamento entre linhas de plantio de 0,45 e 0,90 m, foi de 78,45 e 74,12%, respectivamente. A Tabela 17 apresenta a análise de variância do teor de germinação ocorrida nos grãos colhidos pela colhedora.

Tabela 17 - Análise de Variância da germinação para as espigas colhidas pela colhedora

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Blocos	2	515,42	257,71	2,92 <sup>ns</sup>
E	1	65,19	65,19	0,74 <sup>ns</sup>
V	2	202,78	101,39	1,15 <sup>ns</sup>
A	2	729,99	364,99	4,14*
E x V	2	585,30	292,65	3,32*
E x A	2	471,42	235,71	2,67 <sup>ns</sup>
V x A	4	830,89	207,72	2,35 <sup>ns</sup>
E x V x A	4	667,93	166,98	1,89 <sup>ns</sup>
Resíduo	34	2995,09	88,09	
Total	53			

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo; E –Espaçamento entre linhas de plantio; V – Velocidade de deslocamento da colhedora; A – Abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo

A abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo bem como a interação entre o espaçamento entre linhas de plantio e a velocidade de deslocamento da colhedora apresentaram diferenças significativas na análise de germinação. A Tabela 18 apresenta os resultados do teste de média Tukey ao nível de 5% de probabilidade para as aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador com redução do teor de germinação dos grãos.

Tabela 18 – Germinação dos grãos colhidos pela colhedora em função da abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador

Abertura entre o cilindro debulhador e o côncavo (mm)	Dados	Médias (kg ha <sup>-1</sup> )	Comparação
A <sub>2</sub> = 30	18	45,1111	A
A <sub>1</sub> = 35	18	37,4444	AB
A <sub>3</sub> = 25	18	37,1852	B

Q(0,05; 34) = 3,466; Diferença Mínima Significativa = 7,6686; Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

A abertura de 30 mm proporcionou os maiores valores de germinação, não se diferenciando estatisticamente ao nível de 5% de significância da abertura de 35 mm. Mesmo assim, a germinação apresentou-se muito baixa quando comparado com os grãos colhidos manualmente.

A abertura de 25 mm apresentou os menores valores de germinação. O fato da menor abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador causar um aumento na força de atrito sofrida pela espiga pode ter aumentado os danos mecânicos causados nos grãos, reduzindo seu poder germinativo.

Araujo (1995) observou que a germinação das sementes colhidas e debulhadas manualmente não se diferenciou das sementes colhidas manualmente e debulhadas mecanicamente, porém, a germinação das sementes colhidas por uma colhedora combinada foi menor do que a germinação das sementes colhidas pelos outros métodos de colheita.

A Tabela 19 apresenta o teste de média Tukey ao nível de 5 % de significância da interação da velocidade de deslocamento da colhedora e o espaçamento entre linhas de plantio para a germinação.

Tabela 18 – Germinação dos grãos colhidos pela colhedora em função da abertura entre o côncavo e o cilindro debulhador

V/E	0,45 m	0,90m
1,8 km h <sup>-1</sup>	42.22 A a	32.37 B b
3,5 km h <sup>-1</sup>	37.41 A a	43.63 A a
4,1 km h <sup>-1</sup>	43.41 A a	40.44 A a

As letras maiúsculas se referem à comparação entre as medias das linhas, enquanto que as letras minúsculas se referem às colunas.

Observa-se que a velocidade de deslocamento da colhedora de 1,8 km h<sup>-1</sup> utilizada no espaçamento convencional apresentou os menores valores de germinação.

Verifica-se também, que as velocidades de 3,5 e 4,1 km h<sup>-1</sup> não apresentaram diferenças significativas quando utilizadas em diferentes espaçamentos entre linhas de plantio.

A germinação quando utilizado o espaçamento de plantio de 0,45 m não apresentou diferenças significativas para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.

A diferença entre os resultados da colheita manual com a colheita mecanizada mostra que os danos mecânicos causados nas sementes pela colhedora durante a colheita foram muito intensos, inviabilizando a produção de sementes.

Como a germinação apresentada foi muito baixa, não se justificou a realização da análise de vigor e o teste de frio, pois a qualidade das sementes utilizadas para os testes já estavam comprometidas.

## 6 – CONCLUSÕES

Com o presente trabalho pode-se se concluir que:

Nos tratamentos que utilizavam o espaçamento entre linhas de plantio de 0,45 e 0,90 m, as perdas de pré-colheita representaram respectivamente 1,19 e 1,98 % da produtividade média.

A utilização de uma plataforma de colheita específica para espaçamento convencional em espaçamento reduzido apresentou um grande aumento das perdas na plataforma de colheita, mesmo assim, esse método apresenta-se como uma alternativa para os pequenos produtores que não podem investir na aquisição de uma plataforma específica para espaçamento reduzido.

A velocidade de 3,5 km h<sup>-1</sup> apresentou as menores perdas na plataforma de colheita complementar

A abertura intermediária de 30 mm, no espaçamento reduzido, causou as maiores perdas totais, porém, no espaçamento convencional não ocorreram diferenças significativas nas perdas ocorridas quando utilizado diferentes aberturas entre o côncavo e o cilindro debulhador.

A regulagem de 25 mm, no espaçamento reduzido, foi a que proporcionou as menores perdas totais.

A produtividade não sofreu influencia do espaçamento entre linhas de plantio. Para os tratamentos onde foi utilizado o espaçamento de 0,9 m, as perdas totais representaram 7,31% da produtividade média alcançada. As perdas naturais, na plataforma de colheita e nos mecanismos internos representaram 28, 29 e 43 % das perdas totais, respectivamente.

Apesar das perdas totais apresentarem valores acima do nível tolerável, que varia de 4 a 6 %, as perdas foram consideradas aceitáveis devido à idade da colhedora e da alta produtividade da cultura.

A diferença entre os resultados da colheita manual com a colheita mecanizada mostra que os danos mecânicos causados nas sementes pela colhedora durante a colheita foram muito intensos, inviabilizando a produção de sementes.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, R.F. **Efeito da colheita mecanizada nas perdas quantitativas e qualitativas de sementes de milho (*Zea mays*, L.)**. 1995. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- ARGENTA, G. et al. **Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- BRAGACHINI, M.; PEIRETTI, J. Maíz en Argentina: Un **Cultivo Clave para una Agricultura Sustentable**. Federación de Centros y Entidades gremiales de acopiadores de cereales. Disponível em: <http://www.agriculturadeprecision.org/siembCoseAlma/Maiz%20en%20Argentina.Htm>.
- BUNCH, H. D. **Field picking, shelling of corn solves one problem, presents others**. *Seedsman's Digest*, Santo Antônio, v.11, p.30-38, 1960.
- CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.
- CRUZ, J. C., FILHO, I. A. P., ALVARENGA, R. C., NETO, M. M. G., VIANA, J. H. M. OLIVEIRA, M. F., SANTANA, D. P.. Manejo da cultura do Milho. **Circular Técnica 87**. Embrapa, Sete Lagoas, MG Dezembro, 2006.
- DIAS, V.O., SOUZA, R. S, ALONÇO, A. S. Análise da viabilidade econômica do investimento em plataformas de colhedoras de milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.463-470, maio/ago. 2007.
- DOURADO NETO, D., PALHARES, M., VIEIRA, P. A, MANFRON, P. A., MEDEIROS, S. L. P., ROMANO, M. R.. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual e métodos de análise do solo**. 2 ed. rev. Atual. Rio de Janeiro. 1997. 212p.: il. (Embrapa/CNPS. Documentos; 1)
- FINCH, E.O.; COELHO, A.M.; **A Colheita de Milho**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 6(72): 61-6, 1980.
- GONÇALVES, C.A.R. **Efeitos de métodos de colheita e debulha de sementes sobre a germinação e produção de milho (*Zea mays*, L.)**. Piracicaba, ESALQ, 1986. 191p. (Tese M.S.).
- HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. **Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions**. *Soil Till. Res.*, 82:121-145, 2005.

HANNA, H.M.; KOHL, K.D.; HADEN, D.A. **Machine losses from conventional versus narrow row corn harvest**. Power & Machinery Division of ASAE. Vol. 18(4): 405–409, 2002 . ASABE Textbook Number 6, June, 1993. 576p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 06 de novembro de 2008.

MANTOVANI, E.C. **Cultivo do Milho**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica 4<sup>a</sup> edição Set./2008

MANTOVANI, E.C. **Colheita mecânica do milho**. In: FUNDAÇÃO CARGILL, **Colheita Mecânica, Secagem e Armazenamento do Milho**. Campinas, Fundação Cargill, 1989.p. 1 – 24 (serie Técnica, 2).

MANTOVANI, E.C. **A colheita mecânica do milho**. Raízes, São Paulo, 10(113): 18-20, 1985.

MEYERS, M. T. The influence of Broken pericarp on the germination and yield of corn. Journal of the American Society of Agronomy, Washington, 16(8): 540 – 50, 1924.

NASCIMENTO, W.M.; PESSOA, N.B.S.V. & BOITEOX, E.S. **Qualidade fisiológica de sementes de milho doce submetidas a diferentes processo de colheita debulha e beneficiamento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v.29, n.8, p.1.211-1.214. 1994.

*OLIVEIRA, M.E. C., Almeida, F A. C., OLIVEIRA, F.M.M, BARROS, J.J.S.N., GOLVEIA, J.P.G.* **Danificações em sementes de milho decorrente da debulha e teor de umidade na colheita**. Biologia e Ciência da Terra. Volume 5- Número 2 - 2º Semestre 2005.

PINHEIRO NETO, R., GAMERO, C. A.. Efeito da colheita mecanizada nas perdas qualitativas de sementes de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n. 3, p. 250-257, setembro de 2000.

PORTELLA, J. A. **Colheita de Grãos Mecanizada – Implementos, Manutenção e Regulagem**. Viçosa MG: Aprenda Facil, 2000. 190 P.

QUEIROZ, D.M., SOUZA, C.M.A., PINTO, F.A.C., MANTOVANI, E.C. **Simulação dos processos de trilha e separação em colhedoras de grãos**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.12, n.2, 105-117, Abr./Jun., 2004

RIBEIRO, N.A.; CASA, R.T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; WILLE, L. **Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, p. 1003-1009, 2005.

RUFFATO, S.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M. **Análise de impactos em grãos de milho pelo método de elementos finitos**. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, v.26, n.1, p.21-27, 2001.

SILVEIRA, J.F.da. **Efeito da debulha mecânica sobre germinação, vigor e produção de cultivares de milho (Zea mays L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 49P. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).

SOUZA, C. M. A., RAFULL, L. Z. L., REIS, E. F., ALVES SOBRINHO, T. **Perdas na colheita Mecanizada de milho em agricultura Familiar da zona da mata mineira**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.2, p.280-290, 2006

SRIVASTAVA, A. K., GOERING, C. E., ROHRBACH, R. P., BUCKMASTER D. R. Grain Harvesting. Chapter 12, **Engineering Principles of Agriculture Machines**, St. Joseph, Michigan: ASABE, 1996, 403-436p.

S. A. STAGGENBORG, K. C. DHUYVETTER, W. B. GORDON. Grain Sorghum and Corn Comparisons: Yield, Economic, and Environmental Responses. **Journal of Agronomy**, 100:1600-1604, 2008.

VILARINHO, A. A. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em áreas de savana no estado de Roraima**. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2005, Gramado, RS.

TAYLOR, H.M. **Effect of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield**. In: BARNES, K.K., org. compaction of agricultural soils. Madison, American Society of Agricultural Engineers, 1971. p. 292-305, 1971. (ASAE Monograph)

THARP, B. E.; KELLS, J. J. **Effect of glufosinate-resistant corn (Zea mays) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (Chenopodium album) growth**. Weed Technol., v. 15, n. 3, p. 413-418, 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Area, Yield, and Production**. Disponível em <<http://www.usda.gov>> . Acesso em 26 de abril de 2008.

WAELTI, H.;BUCHELE, W.F.; **Factors affecting corn Kernel damage in combine cylinders**.Transactions of the ASAE, St Joseph, 12 (1): 55 – 9, 1969