

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



TRABALHO DE GRADUAÇÃO II EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ELABORAÇÃO DE MAPAS DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DO  
MILHO**

DIEGO MAY

ERECHIM  
2016

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



ELABORAÇÃO DE MAPAS DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DO MILHO

Diego May

Monografia de Trabalho de Graduação II em Engenharia Agrícola, apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, como parte dos requisitos para a aprovação na disciplina de Trabalho de Graduação II em Engenharia Agrícola.

ERECHIM  
2016

**DIEGO MAY**

**ELABORAÇÃO DE MAPAS DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DO  
MILHO**

Orientador: Prof. Dr. Jardes Bragagnolo

Banca examinadora:

---

Prof. Dra. Raquel Paula Lorensi  
Engenheira Agrícola  
URI - Erechim

---

Prof. M.Sc. Leandro de Mello Pinto  
Engenheiro Agrícola  
URI - Erechim

---

Prof. Dr. Jardes Bragagnolo  
Engenheiro Agônomo  
URI - Erechim

ERECHIM  
2016

## DEDICATÓRIA

À minha família, especialmente meus pais, pela fé e confiança e que nunca mediram esforços para que eu conseguisse chegar até aqui.

*“ O conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que você sabe.”*

*Aldous Huxley*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por sempre me abençoar nesta caminhada;

Aos meus pais pelo amor, incentivo e apoio durante esta importante etapa;

Ao Prof. Jardes Bragagnolo, pela oportunidade da orientação, apoio, auxílio durante todo o desenvolvimento deste trabalho;

Aos demais professores por todo o conhecimento oferecido durante o andamento do curso;

Aos estagiários Jakson May, Luan Bampi e meu irmão Tiago May pela ajuda durante o período do experimento;

Ao meu tio Raul May pela paciência e colaboração durante a coleta dos dados;

À esta universidade, seu corpo docente, direção e administração, pela oportunidade de fazer o Curso de Engenharia Agrícola;

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

O milho é uma das principais culturas produzidas no mundo, é um cereal com ampla utilização tanto na alimentação humana quanto animal. A colheita mecanizada é a última etapa do processo produtivo, por isso deve-se tomar maiores cuidados, pois se executada sem certos critérios acarreta em grandes perdas, aumentando o custo de produção e reduzindo a rentabilidade do produtor. O experimento teve como objetivo determinar a localização e a oscilação das perdas de grãos resultantes do processo de colheita mecanizada e a geração de mapas. O estudo foi desenvolvido em uma lavoura comercial de milho com área de 12ha, foram coletadas amostras em 16 pontos georeferenciados. Procedeu-se o processo de geração dos mapas de perdas de grãos utilizando o software CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33), e classificou-se o coeficiente de variação (CV) da produtividade de grãos e da perda de grãos como baixo (12%), médio (12% a 62%) e alto (>62%). A produtividade média da lavoura foi de 10792,35 kg.ha<sup>-1</sup> e as perdas totais foram de 33,73 kg.ha<sup>-1</sup>, ou seja, as perdas totais representaram 0,31% da produtividade. As perdas na plataforma de colheita e nos mecanismos internos representaram 28,05% e 71,95% das perdas totais, respectivamente. As perdas na colheita apresentaram-se baixas, indicando que a regulação adequada da colhedora e o operador capacitado podem ter contribuído para perdas em níveis aceitáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, geoprocessamento, regulação, mecanização, mapas.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Conjunto trator e semeadora utilizados para a implantação da cultura do milho na área utilizada para o estudo. ....	20
<b>Figura 2</b> – Semeadura realizada sobre palhada de aveia preta. ....	21
<b>Figura 3</b> – Colhedora John Deere 1175 utilizada para o estudo. ....	21
<b>Figura 4</b> – Mapa de contorno da área e pontos de avaliação de produtividade e perdas de grãos de milho. ....	22
<b>Figura 5</b> – Esquema da armação de barbante utilizada para medição de perdas. ....	22
<b>Figura 6</b> – Esquema da coleta de grãos da plataforma. ....	23
<b>Figura 7</b> – Esquema da instalação da armação para coleta das perdas nos mecanismos internos. ....	23
<b>Figura 8</b> – Equipamentos utilizados para determinação da umidade dos grãos de milho. Estufa (a), dessecador (b) e balança de precisão (c). ....	24
<b>Figura 9</b> – Distribuição das perdas de grãos de milho nas diferentes etapas do processo de colheita mecanizada. PP: Perdas na plataforma; PMI: Perdas nos mecanismos internos; PT: Perdas totais. ....	28
<b>Figura 10</b> – Mapa de perdas de grãos provenientes da plataforma de colheita da colhedora. ..	29
<b>Figura 11</b> – Mapa de perdas de grãos provenientes dos mecanismos internos da colhedora. ....	29
<b>Figura 12</b> – Mapa de perdas totais provenientes do processo de colheita mecanizada. ....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Produtividade da cultura do milho e perdas de grão determinadas na safra 2015/2016.....	26
---	----

## LISTA DE SÍMBOLOS

PC	peso dos grãos corrigido	g	Eq.(01)	23
UC	umidade no momento da pesagem	%	Eq.(01)	23
P	peso de grãos da amostra	g	Eq.(01)	23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1. OBJETIVOS .....	13
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1. CULTURA DO MILHO E IMPORTÂNCIA .....	14
2.2. COLHEITA DO MILHO .....	15
2.3. COLHEITA MECANIZADA DO MILHO .....	15
<b>2.3.1. Tipos de colhedoras de milho</b> .....	16
2.4. PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA .....	17
<b>2.4.1. Perdas quantitativas</b> .....	17
2.4.1.1. Perdas em pré-colheita.....	17
2.4.1.2. Perdas na plataforma de colheita de milho.....	17
2.4.1.3. Perdas nos mecanismos internos da colhedora.....	18
2.5. PERDAS DE GRÃOS GEORREFERENCIADAS .....	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
3.1. LOCAL E ORIGEM DO ESTUDO .....	20
3.2. INSTALAÇÃO DA LAVOURA .....	20
3.3. MANEJO DA LAVOURA.....	20
3.4. COLETA DE DADOS .....	21
<b>3.4.1. Perdas na plataforma de colheita</b> .....	23
<b>3.4.2. Perdas nos mecanismos internos</b> .....	23
3.5. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DOS GRÃOS .....	24
3.6. GERAÇÃO DE MAPAS.....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores de milho (*Zea mays* L.) no mundo, ultrapassando os 15 milhões de hectares plantados, área concentrada principalmente na região centro-sul responsável pela produção de mais de 70 milhões de toneladas (CONAB, 2016). O milho é um cereal com amplo emprego, utilizado diretamente na alimentação humana e animal e matéria-prima básica para diversos complexos agroindustriais (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

A colheita mecanizada de milho é a última etapa do processo produtivo, devendo ter maiores cuidados ao conduzi-la, pois quando executada sem o emprego de critérios técnicos e de regulagens podem acarretar grandes perdas, aumentando o custo de produção e, conseqüentemente, redução na rentabilidade do produtor (BERTONHA et al., 2012).

As perdas na colheita são influenciadas por fatores inerentes à cultura e à colhedora (CARVALHO FILHO et al., 2005), podendo-se citar: mau preparo do solo, inadequação da época de semeadura, espaçamento e densidade de plantas, cultivares inadequadas, ocorrência de plantas invasoras, atraso na colheita, umidade dos grãos incorreta, velocidade de deslocamento da colhedora, falta de treinamento dos operadores, regulagem inadequada, mau estado de conservação do maquinário e falta de monitoramento das perdas (TABILE et al., 2008).

De acordo com Mesquita et al. (1998) um nível tolerável de perda para a cultura do milho está em torno de  $1,5 \text{ sc.ha}^{-1}$ , dentre as perdas totais de grãos. Moraes et al. (2005) comentam que o ideal é que as perdas de grãos na operação de colheita situem-se até o valor máximo de 3%. Entretanto, sabe-se que para a grande maioria das lavouras brasileiras este índice é em muito superado, chegando em alguns casos a mais de 10% (PORTELLA, 2000).

As perdas durante a colheita são inevitáveis, mas, as perdas mecânicas devem ser as mínimas possíveis. Sendo assim, é de extrema importância avaliar os índices de perdas de grãos, propondo cuidados e regulagens durante a operação, visando minimizar este problema e obtendo o maior aproveitamento do equipamento e conseqüentemente maior rentabilidade do produto.

## 1.1. OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo geral determinar a localização e a oscilação das perdas de grãos resultantes do processo de colheita mecanizada de milho de uma lavoura utilizada para produção comercial de grãos no Alto Uruguai do Rio Grande do Sul.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Quantificar a produtividade e as perdas na colheita mecanizada de milho de uma lavoura no Alto Uruguai do Rio Grande do Sul;
- Avaliar perdas naturais de grãos, perdas provenientes da plataforma de recolha e dos mecanismos internos da colhedora;
- Realizar análise descritiva e de variância;
- Elaboração de mapa de perdas de grãos.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. CULTURA DO MILHO E IMPORTÂNCIA**

Os primeiros registros do cultivo de milho datam de cerca de 7.300 anos e foram feitos em pequenas ilhas próximas ao litoral mexicano. Do Sudoeste mexicano, onde foi domesticado primeiro, o milho foi levado para o Sudeste e para outras regiões tropicais da América, como o Panamá e a América do Sul (EMBRAPA, 2008).

Segundo IMEA - Instituto Mato Grossense de Economia Agropecuária (2015), o milho atualmente é produzido em larga escala basicamente em três países no mundo: EUA, China e Brasil. Porém, seu período de semeadura e colheita varia entre esses países, devido à localização e ao clima dessas nações. Os EUA e a China se encontram no hemisfério Norte, e isso significa que a primavera e o verão ocorrem em período inverso ao do hemisfério Sul. E são essas estações que reúnem as condições ideais para o cultivo do milho. Dado isso, a semeadura do cereal nesses países costuma ocorrer entre os meses de abril a junho, e a colheita, durante os meses de setembro e novembro.

Devido ao fato de ser mais resistente contra geadas que a soja, o milho nesses países costuma ser semeado um pouco antes do que a oleaginosa. Enquanto isso, no hemisfério Sul, e particularmente no Brasil, existe a semeadura do milho em dois períodos distintos, o milho de primeira safra e o milho de segunda safra. O primeiro se caracteriza por disputar área com a soja no Sul e Sudeste do Brasil, principais regiões produtoras desse milho no país. A semeadura ocorre entre setembro e dezembro e a colheita, durante janeiro e maio (IMEA, 2015).

Conforme IMEA (2015), o milho semeado nesse período costuma receber melhores condições climatológicas e assim tende a demonstrar uma produtividade maior. Já o milho de segunda safra, também conhecido como milho “safrinha” é produzido principalmente na região Centro-Oeste e no Estado do Paraná. A semeadura neste período costuma ocorrer durante os meses de janeiro a março, e a colheita, nos meses de maio a agosto.

Com uma área cultivada com milho de 15,65 milhões de hectares e produção de 79,95 milhões de toneladas, o Brasil é hoje um dos maiores produtores mundiais de milho (CONAB, 2016).

## 2.2. COLHEITA DO MILHO

A colheita é um dos últimos estágios da produção agrícola, que consiste na retirada manual ou mecânica dos produtos agrícolas dos campos de produção, maduros ou não, com a finalidade de consumo “in natura” ou industrial. É o momento mais importante da produção agrícola e requer um planejamento cauteloso, para que os investimentos em todas as etapas e fases da produção tragam retorno e não ocorram perdas que levem a um baixo rendimento econômico (IDO et al., 2004).

Inicialmente, os produtos eram colhidos manualmente, devido ao grande número de pessoas que trabalhavam na agricultura, permitindo, portanto, que as tarefas tivessem baixos rendimentos quanto às limitações tecnológicas. À medida que a demanda de alimentos aumentou, como consequência do crescimento da população urbana e redução da disponibilidade de mão-de-obra no campo, tornou-se necessário o emprego de técnicas de colheita mais eficientes, o que fez surgir a colheita manual-mecânica e, posteriormente, para alguns produtos, a colheita totalmente mecanizada (MORAES et al., 2005).

Na colheita mecanizada, as operações de corte, trilha, separação da palha e pré-limpeza são efetuadas de uma só vez, concomitantemente. As máquinas utilizadas nesse processo, são providas de mecanismos que permitem a realização dessas operações simultaneamente, são denominadas colhedoras automotrizes ou colhedoras combinadas. O uso das máquinas varia com as condições da propriedade, tamanho da área cultivada e condições financeiras do produtor. As máquinas colhedoras automotrizes possuem uma boa gama de aplicações, podendo colher várias espécies: gramíneas, leguminosas, oleaginosas, etc (IDO et al., 2004).

## 2.3. COLHEITA MECANIZADA DO MILHO

Desde o surgimento da primeira colhedora combinada de grãos, ocorreu um grande avanço tecnológico destas máquinas, com objetivo de melhorar o desempenho, agilizar o processo e diminuir as perdas, principalmente na cultura do milho que se destaca entre os produtos mais cultivados no mundo (LOUREIRO, 2009).

Segundo Moraes et al. (2005), o milho pode ser colhido logo após a maturação plena (entre 35 a 40% de umidade). Para uma colheita mecânica adequada o ideal é que a umidade dos grãos esteja entre 15 a 30%. Atualmente as colhedoras podem trilhar com uma umidade de até 40%, porém, podem causar perdas excessivas.

Para Mantovani (2010), 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 deve ser realizada quando a massa de grãos estiver na faixa de 18 a 20% de umidade como faixa ideal de umidade, isso quando não houver necessidade de antecipação da colheita.

A colheita mecanizada do milho diferencia-se em alguns aspectos da colheita dos demais cereais. Pode-se colher espigas inteiras ou grãos trilhados. Busca-se evitar o máximo possível a entrada da planta para dentro da colhedora para facilitar a trilha e separação dos grãos (MORAES et al., 2005).

A cultura do milho produz grande quantidade de matéria seca e por seu fruto ser disposto em espigas, houve a necessidade de se construir uma plataforma recolhadora específica para esta cultura. Nessa, existe um divisor para cada linha a ser colhida, uma cadeia de correntes coletoras com dentes que empurram o material colhido em direção a um condutor helicoidal e um protetor que evita a queda das espigas para fora da plataforma. Sob cada corrente coletora, há dois rolos despigadores 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 para realizar a trilha e limpeza dos grãos (SRIVASTAVA, 1996).

### **2.3.1. Tipos de colhedoras de milho**

Segundo descrição de Portella (2000), existem diferentes tipos de máquinas para a colheita do milho:

- **Arrancadoras de espigas:** foram as primeiras máquinas que surgiram para facilitar o trabalho, promovendo uma economia de força. São utilizadas até hoje em algumas regiões.
- **Arrancadoras-despalhadoras:** Além de arrancar as espigas, também removem as folhas para facilitar o processo de secagem.
- **Arrancadoras-despalhadoras-debulhadoras:** Podem ser chamadas também de “colhedoras especiais de milho”, apanham a espiga, removem as folhas e realizam a debulha.
- **Colhedoras de cereais com cabeçote de milho:** São colhedoras de cereais em geral, adaptadas desde a trilha até a limpeza para a colheita do milho.

## 2.4. PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA

Parte dos alimentos produzidos no mundo são perdidos muitas vezes pelo descaso com que são tratados, com ocorrência em toda a cadeia produtiva, desde a implantação da cultura até o consumo final (GERMIRO et al., 2003).

Perdas desnecessárias durante o processo de colheita mecanizada podem reduzir o lucro potencial de uma cultura. Sendo assim, a colheita torna-se uma etapa importante e que requer boas técnicas de condução e processo, da produção de uma lavoura (MORAES et al., 2005).

### 2.4.1. Perdas quantitativas

Segundo Mantovani (1989), 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.

#### 2.4.1.1. Perdas em pré-colheita

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 (LOUREIRO, 2009).

#### 2.4.1.2. Perdas na plataforma de colheita de milho

As perdas de grãos numa plataforma recolhadora de milho ocorrem da seguinte forma: perdas pela ineficiência no recolhimento, pela incapacidade de os mecanismos recolherem e destacarem todas as espigas dos colmos das plantas; e perdas por debulha da espiga pelos rolos giratórios ou pelas facas destacadoras (MORAES et al., 2005).

#### 2.4.1.3. Perdas nos mecanismos internos da colhedora

Segundo descrição de Romanelli (2013), as perdas de grãos nos mecanismos internos ocasionadas pela colhedora são decorrentes da má regulagem e de deficiências de projeto, e, podem ser divididas em diferentes etapas:

**Perdas no Sistema de Trilha:** Grão preso no sabugo - causada pela abertura excessiva entre côncavo e cilindro, ou velocidade inadequada do cilindro e da colhedora.

**Perdas no Sistema de Separação:** Grão solto na palha - causada também por abertura excessiva entre côncavo e cilindro e uma baixa velocidade do cilindro, sobrecarregando o saca-palha.

**Perdas no Sistema de Limpeza:** Grão solto no palhiço - causada por peneiras mal ajustadas associado à má regulagem do ventilador, velocidade e direção do fluxo de ar incorretos.

#### 2.5. PERDAS DE GRÃOS GEORREFERENCIADAS

No final dos anos 1980 surgiram as primeiras tentativas de se medir o fluxo de grãos em colhedoras de cereais e o primeiro monitor de colheita surgiu no mercado em 1991, na Europa. Atualmente existem dois grupos de equipamentos para monitorar a perda de grãos: os equipamentos que já vem de fábrica nas colhedoras, e aqueles cuja instalação pode ser feita em qualquer marca e modelo de colhedora (MAPA, 2013).

Segundo MAPA (2013), o mapa da colheita é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Várias outras ferramentas como as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia estão sendo bastante testadas e utilizadas, porém, o que garante uma melhor exatidão são os mapas de produtividade e a estes podem estar associados ainda informações da umidade dos grãos e da perda de grãos registrados por sensores durante o processo de colheita mecanizada.

Devido ao significativo crescimento de produção de grãos nos últimos anos e as novas tecnologias presentes em campo, as perdas são inevitáveis e a colheita como é a última operação realizada no campo exige uma melhor qualidade e rapidez com o mínimo de perdas, contudo se realizada de forma incorreta ocasiona perdas na produtividade, nos lucros e transtornos no futuro com o controle de plantas invasoras (CARREIRA et al., 2013).

Tabile et al. (2008), comentam que é necessário investigar as perdas durante a colheita mecânica no sistema produtivo com o propósito de obter informações sobre onde ocorrem e passíveis ajustes que proporcionam uma maior rentabilidade do produto, podendo ser feito com o emprego de alguns critérios e cuidados.

Oliveira et al. (1995), verificaram um baixo nível de perdas para a cultura de milho, quando observadas as regulagens periódicas e a manutenção constante, para duas colhedoras de marcas diferentes, submetidas às mesmas condições de trabalho.

Essas perdas podem ser parcialmente evitadas, tomando-se uma série de cuidados como: monitoramento rigoroso das velocidades de trabalho da colhedora, aferição regular dos mecanismos de trilha, limpeza e separação (MESQUITA et al., 2001).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. LOCAL E ORIGEM DO ESTUDO

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2015/2016, em uma lavoura comercial de milho, com uma área de 12 hectares, localizada no município de Áurea-RS.

#### 3.2. INSTALAÇÃO DA LAVOURA

A operação de semeadura do milho foi realizada em sistema plantio direto, no início de setembro de 2015. Para a semeadura utilizou-se uma semeadora-adubadora marca Semeato, modelo SHM-11/13, com 5 linhas espaçadas, entre si, em 70 cm, equipado com hastes sulcadoras para deposição de fertilizantes e discos duplos para deposição de sementes. A semeadora foi conduzida por um trator da marca Valtra, modelo A-750, com 78 CVs de potência (Figura 1).



**Figura 1** – Conjunto trator e semeadora utilizados para a implantação da cultura do milho na área utilizada para o estudo.

#### 3.3. MANEJO DA LAVOURA

Instalou-se a lavoura sob uma área cultivada com aveia preta durante o inverno e dessecada 30 dias antes da semeadura (Figura 2). Durante o desenvolvimento da cultura foram

efetuadas duas aplicações de nitrogênio, sendo a primeira aplicação no estágio V4 e a segunda aplicação no estágio V8, segundo as práticas de cultivo adotadas pelo produtor.



**Figura 2** – Semeadura realizada sobre palhada de aveia preta.

Os demais tratos culturais foram efetuados seguindo técnicas usualmente empregadas pelo produtor em cultivos de milho e segundo necessidades específicas até o momento da colheita.

#### 3.4. COLETA DE DADOS

Para a colheita mecanizada foi utilizada uma colhedora radial John Deere 1175 (Figura 3), ano 2014. Sendo realizadas determinações das perdas de grãos durante o processo de colheita em locais distintos distribuídos por toda a lavoura a fim de realizar-se o acompanhamento das perdas de grãos para uma mesma regulagem da colhedora.



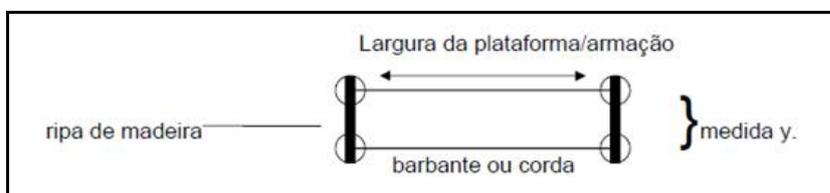
**Figura 3** – Colhedora John Deere 1175 utilizada para o estudo.

Para determinação da produtividade em cada ponto realizou-se colheita manual de amostras de espigas, sendo colhidas as espigas em 2 linhas por 2m lineares. Para avaliação das perdas de grãos realizou-se a coleta dos grãos perdidos, espigas perdidas e produtividade, sendo registrado um ponto georeferenciado com uso do GPS Garmim, sendo no total 16 pontos (figura 4).



**Figura 4** – Mapa de contorno da área e pontos de avaliação de produtividade e perdas de grãos de milho.

Para a determinação das perdas de grãos utilizou-se uma armação retangular (Figura 5) de acordo com a largura da plataforma de corte, totalizando área de 2m<sup>2</sup> para avaliação de perdas na plataforma de colheita e sistema internos da colhedora (trilha, separação e limpeza), e de 30m<sup>2</sup> para avaliar as perdas naturais, conforme metodologia descrita por Portella (2000) e Mesquita et al. (2011).

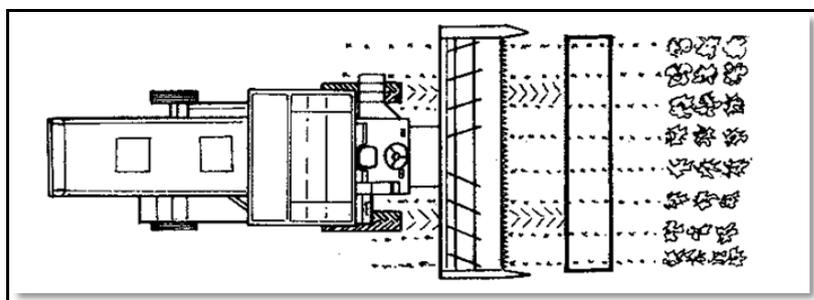


**Figura 5** – Esquema da armação de barbante utilizada para medição de perdas.

Fonte: Pinheiro Neto & Troli, 2003.

### 3.4.1. Perdas na plataforma de colheita

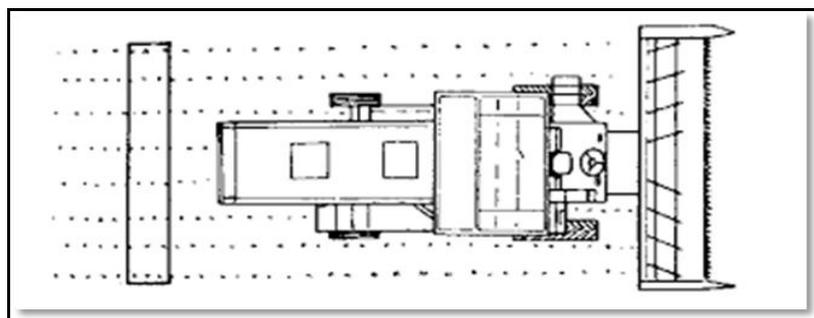
Para a determinação das perdas na plataforma de colheita, a colhedora estava em processo de operação e velocidade constante então determinava-se um local aleatório e a colhedora era parada. Após a saída de toda a palha, eram desligados os mecanismos de colheita e a colhedora retrocedia certa distância. A armação era colocada à frente do rodado dianteiro e eram coletados todos os grãos soltos e em espigas que estavam dentro dos limites da armação, conforme pode-se observar na Figura 6.



**Figura 6** – Esquema da coleta de grãos da plataforma.  
Fonte: Portella 2000.

### 3.4.2. Perdas nos mecanismos internos

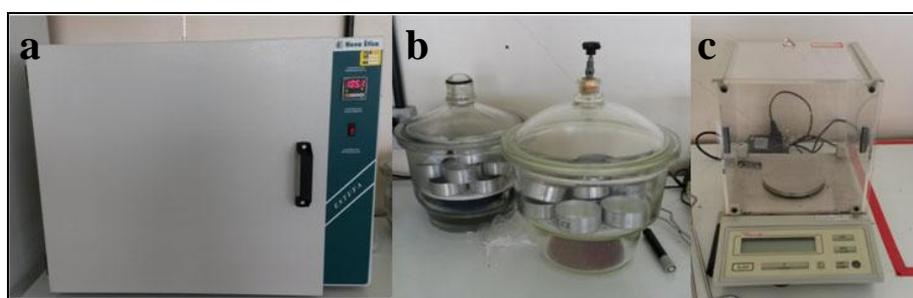
Para coleta nos mecanismos internos, a armação foi posicionada aleatoriamente em um local onde a colhedora trabalhou em processo constante, conforme mostra a Figura 7.



**Figura 7** – Esquema da instalação da armação para coleta das perdas nos mecanismos internos.  
Fonte: Portella 2000.

### 3.5. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DOS GRÃOS

A umidade dos grãos foi obtida através do método padrão de estufa/gravimétrica (Regra de Análise de Sementes – RAS). As amostras coletadas foram levadas ao laboratório de processamento de grãos da URI - Erechim, Campus II, onde foram pesadas e colocadas na estufa de secagem a 105°C por 24 horas (Figura 8), metodologia padrão, em estufa, estabelecido pela Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).



**Figura 8** – Equipamentos utilizados para determinação da umidade dos grãos de milho. Estufa (a), dessecador (b) e balança de precisão (c).

Após corrigiu-se a umidade das mesmas para 13% com auxílio da equação 1 proposta por Vencovsky & Cruz (1991):

$$PC = [(100 - UC) \times P] / (100 - UR) \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

PC = peso corrigido (g)

UC = umidade no momento da pesagem (%)

P = peso de grãos da amostra (g)

UR = umidade requerida (13%).

### 3.6. GERAÇÃO DE MAPAS

Para o processo de geração dos mapas de produtividade e de perdas de grãos foi utilizado o software CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33). Sendo realizada a determinação do contorno da área e após a obtenção dos resultados foram gerados os mapas com dados interpolados de produtividade e perdas de grãos. Para a interpolação utilizou-se o método do inverso do quadrado da distância com raio máximo de interpolação de 100m e os mapas confeccionados com malha de pixel de 2 x 2m.

Os resultados experimentais foram submetidos à análise geoestatística descritiva e de variância, através do software CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33). Classificou-se o coeficiente de variação (CV) da produtividade de grãos e da perda de grãos como baixo, médio e alto seguindo proposta de Warick & Nielsen (1980). Para o CV ser considerado baixo deveria ser menor que 12%, para ser médio o CV deveria estar entre 12% e 62% e para ser considerado alto deveria ser maior que 62%.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colheita foi realizada quando os grãos apresentavam umidade média de 21,5%, considerada ideal para a colheita mecânica (MORAES et al., 2005). A produtividade média de grãos na área do experimento foi de 10792,35 kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 1), superior à média geral do estado do Rio Grande do Sul de 7207,00 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016), sendo justificada pela adoção de tecnologias de produção e condições edafo-climáticas favoráveis.

**Tabela 1** – Produtividade da cultura do milho e perdas de grão determinadas na safra 2015/2016.

Ponto	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )	PP* (kg.ha <sup>-1</sup> )	PMI (kg.ha <sup>-1</sup> )	Total (kg.ha <sup>-1</sup> )	PP (%)	PMI (%)	Total (%)
1	14216,91	3,66	65,69	69,35	5,28	94,72	0,64
2	9060,30	2,62	12,70	15,32	17,13	82,87	0,14
3	8366,50	32,13	18,51	50,64	63,44	36,56	0,47
4	11180,91	19,23	28,57	47,79	40,23	59,77	0,44
5	11571,92	3,50	19,33	22,82	15,32	84,68	0,21
6	10657,11	5,31	27,04	32,35	16,41	83,59	0,30
7	10338,85	4,67	23,35	28,02	16,67	83,33	0,26
8	9552,86	2,56	41,29	43,85	5,85	94,15	0,41
9	11178,16	2,54	5,98	8,52	29,77	70,23	0,08
10	12474,76	9,77	8,88	18,65	52,38	47,62	0,17
11	12196,21	13,56	15,48	29,04	46,70	53,30	0,27
12	9347,91	46,63	26,71	73,33	63,58	36,42	0,68
13	10041,44	0,00	8,84	8,84	0,00	100,00	0,08
14	11247,26	9,15	13,50	22,65	40,40	59,60	0,21
15	9914,44	0,00	36,47	36,47	0,00	100,00	0,34
16	11332,04	11,43	20,63	32,06	35,66	64,34	0,30
Média	10792,35	10,42	23,31	33,73	28,05	71,95	0,31
DP	1460,61	12,72	15,01	19,24	21,52	21,52	0,18
CV (%)	13,53	122,06	64,39	57,04	76,73	29,90	57,04

\*PP: Perdas na plataforma; PMI: Perdas nos mecanismos internos; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

As perdas resultantes no processo de colheita na plataforma de corte e dos mecanismos internos foram baixas, 10,42 kg.ha<sup>-1</sup> e 23,31 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e as perdas totais médias também se apresentaram baixas com 33,73 kg.ha<sup>-1</sup> sendo considerados valores aceitáveis de perdas de até 120 kg.ha<sup>-1</sup> para o milho (EMBRAPA, 2002). O maior valor de perdas foi encontrado no ponto 12, com 73,33 kg.ha<sup>-1</sup>, que pode ser explicado como sendo o local da

lavoura onde se encontrava um pé de erva-mate, portanto, teve que ser feitas manobras o que acarretou em maiores perdas. Já nos pontos 13 e 15 não foram encontrados perdas de grãos da plataforma no local avaliado, devido à cultura apresentar boa uniformidade de inserção de espigas, altura da plataforma e a velocidade de deslocamento adequadas.

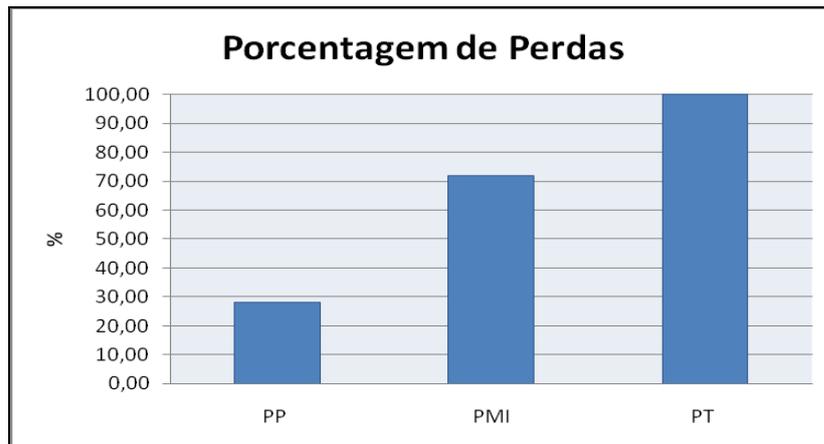
Observou-se na tabela 1 que a produtividade de 10792,35 kg.ha<sup>-1</sup> e as perdas totais foram de 33,73 kg.ha<sup>-1</sup>, ou seja, as perdas totais representaram apenas 0,31% da produtividade. Verifica-se ainda, que as perdas na plataforma de recolha e nos mecanismos internos, representaram 28,05% e 71,95% das perdas totais, respectivamente. Justificando-se pela boa regulagem da colhedora e da velocidade de colheita adotada pelo operador.

Os valores de perdas encontrados neste trabalho foram de 33,73 kg.ha<sup>-1</sup>, o que diferem de Loureiro et al. (2009) avaliando as perdas quantitativas ocorridas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional, que observaram perdas maiores que 90 kg.ha<sup>-1</sup> para perdas na plataforma e mecanismos internos.

Os valores do coeficiente de variação (CV) para os atributos plataforma de recolha e mecanismos internos foram altos (>62%), e para as perdas totais foi médio (entre 12% e 62%), conforme a classificação de Warick & Nielsen (1980), podendo ser justificado pela variabilidade encontrada na determinação de perdas no campo. No entanto estão dentro do limite observado por outros autores, como Cortez et al. (2009), que encontraram CV alto (83,9%) para a variável perdas na colheita de milho, esclarecendo que os valores de CV considerados altos podem estar relacionados à irregularidade das espigas e ao fluxo de material que entra na máquina colhedora.

Na colheita mecanizada do milho geralmente o maior índice de perdas ocorre nos mecanismos internos, conforme pode-se observar no gráfico (Figura 9), em que as perdas na plataforma de colheita foram de 28,05%, e nos mecanismos internos foram de 71,95%, devido ao fato de existir uma plataforma de corte específica para esta cultura. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Oliveira et al. (2014) avaliando perdas quantitativas na colheita mecanizada de milho safrinha na região norte de Mato Grosso, em que observaram os maiores índices de perdas provenientes dos mecanismos internos.

Já, na soja cerca 80 a 85% das perdas na colheita ocorrem pela ação dos mecanismos da plataforma de corte das colhedoras (molinete, barra de corte e caracol), 12% ocasionadas pelos mecanismos internos (trilha, separação e limpeza) e 3% causadas por deiscência natural (EMBRAPA, 2005).

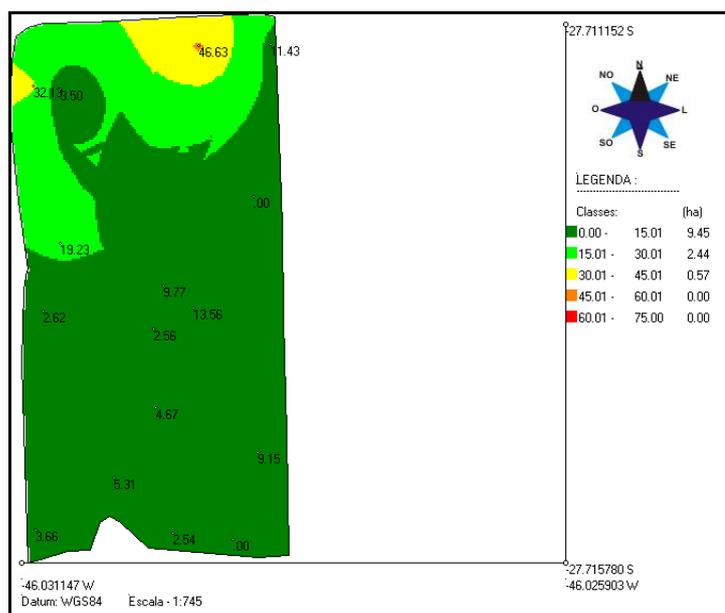


**Figura 9** – Distribuição das perdas de grãos de milho nas diferentes etapas do processo de colheita mecanizada. PP: Perdas na plataforma; PMI: Perdas nos mecanismos internos; PT: Perdas totais.

Após estas determinações, procedeu-se o processo de geração dos mapas das perdas resultantes do processo de colheita. Para a confecção dos mapas utilizou-se malha de pixel de 2 x 2m e 100m de raio máximo de interpolação.

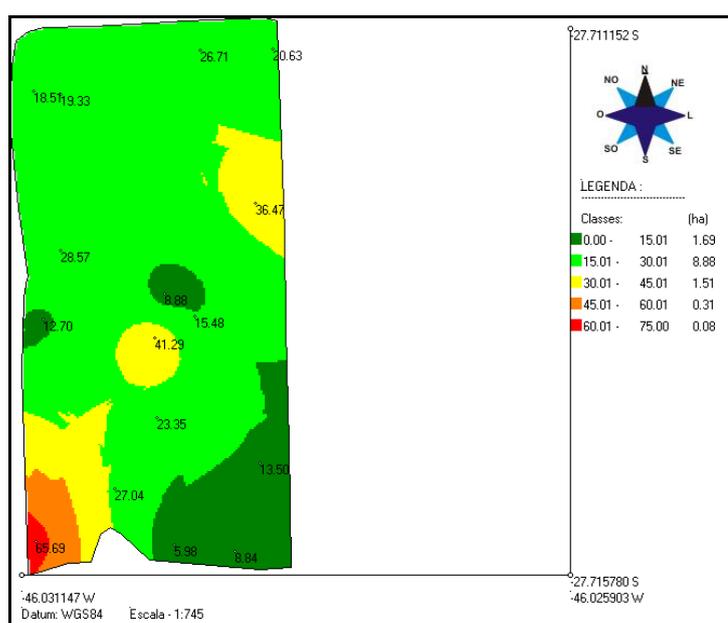
Na figura 10 a seguir pode ser observada a variação espacial das perdas de grãos provenientes da plataforma de colheita. Nas amostragens para quantificar perdas de plataforma foram coletados grãos soltos, espigas inteiras e em pedaços que contivessem grãos ainda aderidos.

Pode-se observar que em 78,75% da área as perdas na plataforma de colheita foram mínimas. Na área em verde claro e amarelo apresentaram perdas maiores, de 15 kg.ha<sup>-1</sup> a 45 kg.ha<sup>-1</sup>, que podem ter sido ocasionadas pelo diâmetro da espiga ou também por grãos provenientes da debulha nos rolos despigadores.



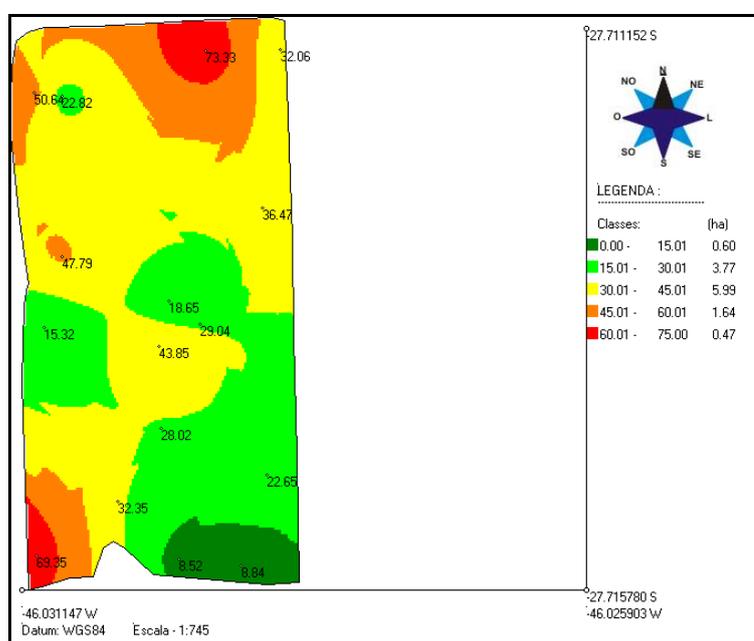
**Figura 10** – Mapa de perdas de grãos provenientes da plataforma de colheita da colhedora.

Na figura 11 a seguir pode ser observada a variação espacial das perdas de grãos provenientes dos mecanismos internos da colhedora (trilha, separação e limpeza). Pode-se destacar que os maiores valores de perdas, apresentadas nas cores amarela, laranja e vermelha, representam juntas 15,83% da área. Nestes locais as possíveis razões da incidência de perdas se dão pela sobreposição de linhas no final da linha de plantio (Ponto 1), em que a plataforma pode derrubar as plantas e, declividade existente no terreno.



**Figura 11** – Mapa de perdas de grãos provenientes dos mecanismos internos da colhedora.

O mapa da disposição das perdas totais observados em cada ponto na área em estudo (Figura 12) mostra que os maiores valores de perdas (classes de cores vermelha, laranja e amarela) representam 67,5% da área, salientando estarem abaixo dos valores descritos como críticos em EMBRAPA (2002). As possíveis razões da incidência de perdas se dão pela declividade existente no terreno e também pela velocidade de deslocamento superior a capacidade da colhedora de processar toda a biomassa de planta que é colhida junto com os grãos acarretando em uma separação e limpeza de forma inadequada de todo o volume de material que entra na máquina.



**Figura 12** – Mapa de perdas totais provenientes do processo de colheita mecanizada.

Desta forma pode-se destacar a importância em se conhecer em quais etapas são observadas as perdas de grãos durante a colheita mecanizada e realizar a regulação da colhedora de forma adequada, minimizando os valores de perdas de grãos a níveis inferiores ao tolerado, aumentando assim a renda com a cultura e diminuindo desperdício de fontes de alimentos.

## 5. CONCLUSÃO

As perdas totais durante a operação de colheita mecanizada de milho foram reduzidas e dentro dos parâmetros aceitáveis, com média de  $33,73 \text{ kg.ha}^{-1}$ , representando apenas 0,31% da produtividade. Isto indica que a regulagem promovida pelo operador no momento da colheita foi adequada.

Houve variabilidade na perda de grãos na área, sendo em média a maior contribuição proveniente dos mecanismos internos da máquina colhedora, compostos pelo sistema de trilha, separação e limpeza, com uma contribuição de cerca de 71,95% das perdas totais.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA FAPESP. **Origem do cultivo do milho remonta ao México de 8,7 mil anos atrás**, 2014. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/origemcultivomilhoremontamexicomilanosatras47352>> Acesso em: 09 nov. 2015.

BERTONHA, R. S.; DA SILVA, R. P.; BARROZO, L. M.; CAVICHIOLI, F. A.; CASSIA, M. T. **Perdas e desempenho de sementes de milho em dois sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento da colhedora**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.11, n.3, p. 243-253, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Brasília: Mapa/Assessoria de Comunicação Social, 2009. 399 p.

CARREIRA, A.S.; D'EPIRO, G. A.; TANAKA, E.M. **Perdas na colheita mecanizada de milho (Zea mays L.) na região de Cândido Mota e Pedrinhas Paulista**. In: Encontro de Mecanização em Agricultura de Precisão, 4., 2014, Pompéia, SP. Anais... 2013. Disponível em: <<http://www.portalmquinasagricolas.com.br/files/2015/02/Tecnologia-Colheita-----Maior-aproveitamento-no-campo.pdf>>. Acesso em: 01 junho 2016.

CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J.W.; SILVA, R.P.; ZAGO, M.S. **Perdas na colheita mecanizada de soja no Triângulo Mineiro**. Revista Nucleus, v.3, p.57-60, 2005.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Milho 1ª e 2ª safras, Safra 2013/2014. Séries Históricas. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 21 setembro 2015.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento de safras**. Safra 2015/16. N.8. Oitavo Levantamento. 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_05\\_10\\_09\\_03\\_26\\_boletim\\_graos\\_maio\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_10_09_03_26_boletim_graos_maio_2016.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2016.

CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P. **Sistemas de adubação e Consórcio de culturas intercalares e seus efeitos nas variáveis de colheita da cultura do milho**. Engenharia Agrícola, v.29, n.2, p.277-287, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Paraná: 2003**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 195p. Sistemas de produção.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Sistemas de produção 9: tecnologias de produção de soja** – Região central do Brasil 2006. Londrina, 2005. 220p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Milho: História e arte**. Sete Lagoas- MG: Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7\\_edicao/grao\\_em\\_grao\\_materia\\_03.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm) Acesso em: 09 nov. 2015.

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

GERMIRO. R. **Análise da viabilidade da colheita mecanizada da cultura do milho (*Zea mays L.*), cultivada em diferentes espaçamentos entre linhas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003. Anais. Goiânia: SBEA, 2003. v. 1. p. 6.

IDO, O.T.; OLIVEIRA, R.A. **Apostila 8 – Aula 8 Tratos Culturais**. Paraná: Universidade do Paraná, 2004. 17 p. Disponível em: <http://www.agriculturageral.ufpr.br/bibliografia/apostila8.pdf> Acesso em: 09 mar. 2014.

IMEA- Instituto Mato Grossense de Economia Agropecuária. Workshop Jornalismo Agropecuário uma oportunidade para sua carreira. **Entendendo o Mercado do Milho**, 2015. Disponível em: [http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper\\_jornalistas\\_Milho\\_AO.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf) Acesso em 13 nov. 2015.

LOUREIRO, D.R.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; LEITE, D.M.; COSTA, M.M. **Perdas quantitativas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamento reduzido e convencional**. Viçosa, Minas Gerais, v.33, n.2, p.565-574. 2009.

MANTOVANI, E. C. **Cultivo do Milho**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Sistemas de Produção, 1 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica 6ª edição, set./2010.

MANTOVANI, E.C. Colheita mecanizada de milho. In: **Colheita mecânica, secagem e armazenamento do milho**. Campinas - SP: Fundação Cargill, 1989, 35p.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura de Precisão na Fronteira. **Agricultura de Precisão na Fronteira**, 2013. Disponível em: <http://agriculturadeprecisaonafrenteira.blogspot.com.br/2013/10/os-mapas-de-produtividade-como-sao.html>. Acesso em: 20 novembro 2013.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTOVANI, E.C.; ANDRADE, J.G. M.; NETO, J.B.F.; SILVA, J.G.; FONSECA, J.R.; SOBRINHO, J.B.G. **Monitoramento das perdas de grãos na colheita de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 14p.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; PEREIRA, J.E.; MAURINA, A.C.; ANDRADE, J.G.M. **Caracterização da colheita mecanizada da soja no Paraná**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal-SP, v.21, n.2, p.197-205, 2001.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTOVANI, E.C.; ANDRADE, J.G.M.; FRANÇA NETO, J.B.; SILVA, J.G.; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES

SOBRINHO, J.B. **Manual do produtor: Como evitar desperdícios nas colheitas da soja, do milho e do arroz**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 32p.

MORAES, M.L.B. REIS, A.V. MACHADO, A.L.T. **Máquinas para colheita e processamento de grãos**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2ª ed., 2005. P.150.

OLIVEIRA, T.C.; FIGUEIREDO, Z.N.; FAVARE, H.G.; TROUI, J.G.; SILVA, R.P. **Perdas quantitativas na colheita mecanizada de milho safrinha**. AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.1, n.02; p.141, Dez. 2014.

OLIVEIRA, F.G.; LIMA, J.S.S.; LOPES, J.D.S. **Análise e comparação de perdas na colheita mecânica de milho para duas colhedoras**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1994, Viçosa: Anais..., Viçosa - MG: UFV/SBEA, 1995.

PEIXOTO, C.M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**, 2014. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>> Acesso em: 13 nov. 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

PINHEIRO NETO, R. TROLI, W. **Perdas na colheita mecanizada da soja (Glycine Max (L.) Merrill), no município de Maringá, Estado do Paraná**. Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental, Campinas Grande, v.15, n.11, p.393-398, 2003.

PORTELLA, J.A. **Colheita de grãos mecanizada: implementos, manutenção e regulagem**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 190 p.

ROMANELLI, T. **Máquinas e Implementos Agrícolas- Aula 9 Máquinas para a Colheita de Cereais**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, p. 146. 2013.

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, 403-436.

TABILE, A.R.; TOLEDO, A.; SILVA, P.R.; FURLANI, A.E.C.; GROTTA, C.C.D.; CORTEZ, W.J. **Perdas na colheita de milho em função da rotação do cilindro trilhador e umidade dos grãos**. Revista Scientia Agrária, Curitiba, v9, n.4, p. 505-510, 2008.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C.D. Comparação de métodos de correção do rendimento de parcelas com estandes variados - I: Dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, p.647-657, 1991.

WARICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the Field**. In: HILLEL, D. (Ed). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.