



Perdas na colheita mecanizada de soja (*Glycine max*) no município de Maripá - PR¹

Ricardo Schanoski², Evandro Z. Righi³ & Valmir Werner⁴

RESUMO

Objetivou-se com o trabalho avaliar as perdas na plataforma de corte nos sistemas de trilha e de limpeza e as perdas totais na colheita mecanizada de soja, no município de Maripá, PR, sendo 39 máquinas em 25 propriedades do município. Observou-se que 79% das máquinas perderam mais de 60 kg ha⁻¹. A umidade do ar, a falta de treinamento dos operadores e as deficiências na manutenção e em regulagens, foram os fatores mais importantes na definição das perdas. As máquinas com mais tempo de uso apresentaram tendência de maiores perdas de colheita.

Palavras-chave: treinamento de operadores, colhedoras, condições meteorológicas

Losses in mechanized harvest of soybean (*Glycine max*) in Maripá - PR

ABSTRACT

The goal of this work was to evaluate the losses on the cutting platform, the separation and cleaning systems and total losses in mechanical harvesting of soybeans in the municipality of Maripá-PR considering the age of the combines, displacement speed and operator training. 39 machines in 25 farms were evaluated. It was observed that 79% of the machines lost more than 60 kg ha⁻¹. The air humidity, the untrained operators and deficient maintenance and regulations were the most important factors in defining the losses. The machines with longer timer of use presented tendency of more losses in the harvest.

Key words: operators training, combine, meteorology conditions

¹ Extraído do trabalho de conclusão de curso do primeiro autor, realizado na Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Toledo

² Engenheiro Agrônomo, Rua Castro Alves n. 1460, CEP 85955-000 Maripá, PR

³ Departamento de Fitotecnia/UFPA Av. Roraima n. 1000, Cidade Universitária B. Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: ezrighi@yahoo.com.br

⁴ CESNORS/UFPA. Linha Sete de Setembro, BR386-km 40. CEP 98400-000 Frederico Westphalen, RS

INTRODUÇÃO

A produção mundial de soja aumentou de 44 milhões de toneladas em 1970 para 236 milhões de toneladas em 2007 (EMBRAPA, 2008), consagrando-a como a mais importante oleaginosa do mundo (Araújo, 1995). É uma das principais culturas no estado do Paraná e a principal fonte de renda para o município de Maripá, que cultiva anualmente cerca de 21.000 ha (IBGE, 2007). Portanto, perdas na colheita têm forte impacto econômico na sociedade. Embora sejam aceitáveis perdas de até 60 kg ha⁻¹ na colheita da soja (EMBRAPA, 2002), a complexidade da operação de colheita, a necessidade de agilidade e a instabilidade meteorológica associadas ao descuido e à desinformação do operador, resultam em perdas elevadas.

Geralmente, elas ocorrem em razão das condições de manutenção e operação das máquinas não estarem adequadas (Diehl & Junquetti, 2005). Conforme a EMBRAPA (2002), cerca de 80 a 85 % das perdas ocorrem na plataforma de corte, 12 % pelos mecanismos internos e 3 % pela debulha natural. Conforme Portela (2000) e Silveira (2001), e os resultados de Campos et al. (2005) e Pinheiro Neto & Troli (2003) e Ferreira et al. (2007), a qualidade da colheita depende do operador conhecer a capacidade de trabalho e o estado de conservação da máquina e operar com velocidades adequadas ao estado da lavoura e da própria máquina, realizando ajustes ao longo do dia, de acordo com as condições de temperatura e umidade, além das manutenções necessárias.

Resultados de observações de Pinheiro Neto & Troli (2003) em Maringá, indicaram as menores perdas quando os grãos estavam com umidade em torno de 14,5% em colhedoras com menos de 10 anos de uso, mas em alguns casos ocorreram perdas de até 85,5 kg ha⁻¹, as quais foram atribuídas ao manejo da cultura, ao operador, à máquina e às regulagens da colhedora. EMATER (2005) realizou levantamento em 440 propriedades do estado do Paraná e verificou que grande parte das máquinas perdia mais de 60 kg ha⁻¹ (cerca de 60 a 180 kg ha⁻¹).

Quanto à importância econômica das perdas na colheita, há necessidade de levantamentos de dados e análise de causa-consequência para orientação dos produtores e tomada de ações visando à qualidade da colheita. Portanto, objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas na colheita mecanizada de soja no município de Maripá, PR, por meio de um levantamento de dados a campo, nas condições operacionais usuais de cada propriedade avaliando a influência dos fatores tempo de uso e velocidade de deslocamento da colhedora, preparo do operador e condições ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento de dados foi realizado de fevereiro a março de 2008, em 25 estabelecimentos rurais de Maripá, PR, avaliando-se 39 máquinas de vários modelos. Determinaram-se o tempo de uso, a umidade dos grãos colhidos, as perdas pré-colheita na plataforma e total e a velocidade de deslocamento da colhedora. Para cada máquina foram determinadas a temperatura do ar (T, °C) e a umidade relativa

do ar (UR, %). As avaliações foram realizadas sem aviso prévio ao proprietário/operador para evitar alterações na regulagem usual da máquina.

As perdas pré-colheita foram determinadas antes da passagem da colhedora posicionando-se uma armação de duas hastes de madeira, furadas em vários pontos, para a passagem de dois barbantes perpendiculares a elas, para obtenção de uma área de 1 m², com regulagem de largura e comprimento de acordo com o tamanho da plataforma de corte da colhedora. A armação foi posicionada transversalmente às linhas e foram coletados os grãos, as plantas e as vagens caídas na superfície do solo. Apenas os grãos foram pesados em balança de precisão com resolução de 0,1 grama (Diamond, modelo 500) para uso do resultado no cálculo de perdas. Realizaram-se três repetições por máquina no raio de 70 m (Pinheiro Neto & Troli, 2003).

As perdas na plataforma de corte foram determinadas parando-se a colhedora após avançar por aproximadamente 25 m em operação normal. Com a plataforma desligada a colhedora foi recuada de 4 a 5 m. Nesse espaço se colocou a armação na posição transversal ao sentido de deslocamento da colhedora, coletando-se todos os grãos livres e vagens sobre o solo, em três repetições, pesando-se apenas os grãos. Para obtenção dos resultados subtraiu-se, dessa amostragem, a média das perdas de pré-colheita (Pinheiro Neto & Troli, 2003).

A perda total de colheita foi definida após a passagem da máquina em determinado ponto, usando-se a mesma metodologia descrita e se incluindo a coleta de grãos quebrados. Depois de obtida a média de perda total de colheita se subtraiu a média das perdas de pré-colheita obtendo-se, então, a perda total da colhedora.

A umidade dos grãos foi determinada com um medidor Dickey-John, modelo GAC 2100GL, utilizando-se amostras de 100 g cujos resultados foram expressos em porcentagem de massa de água por massa total do produto. A massa dos grãos foi ajustada para a umidade de 14%, conforme Ribeiro & Biaggioni (2006).

Através de um questionário ao proprietário/operador da máquina, obtiveram-se o ano de fabricação da colhedora, informações sobre os ajustes na regulagem durante a jornada de trabalho, manutenção periódica, ou seja, se o operador participou de curso de operação e regulagem, e se teve consciência das perdas que ocorrem. O estado da máquina foi avaliado visualmente.

A velocidade de trabalho foi obtida com um aparelho de geoposicionamento global (GPS) de bolso (Garmin, modelo Vista). A temperatura T e a umidade relativa do ar UR foram obtidas por um termohigrômetro ICEL, modelo HT-208. O limite inferior de medida do aparelho era 20%, sendo este o valor anotado para umidades do ar muito baixas.

As colhedoras foram classificadas em quatro classes de uso: de 0 a 5; de 6 a 10; de 11 a 20 e com mais de 20 anos de uso. Foram classificados também, em classes de perda na colheita: 0-|60 kg ha⁻¹, 60-|120 kg ha⁻¹, 120-|180 kg ha⁻¹, 180-|240 kg ha⁻¹ e > 240 kg ha⁻¹. Foram construídas curvas de tendência e análise de regressão. Para algumas análises utilizou-se o teste de Bonferroni com probabilidade de erro de 5 %, com os dados transformados pelo logaritmo base 10 para ajustá-los à distribuição normal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os dados foram obtidos em dias quentes, ensolarados e com valores de UR geralmente baixos. Os valores da temperatura T variaram de 25,8 a 38,0 °C e da umidade relativa UR de menos de 20 a 62%. A umidade dos grãos estava no intervalo entre 10,1 e 14,5%. Todas as determinações foram realizadas entre as 10h30min e 18 h 00 min. No geral, as máquinas apresentavam boa aparência, exceto algumas com mais de 30 anos de uso.

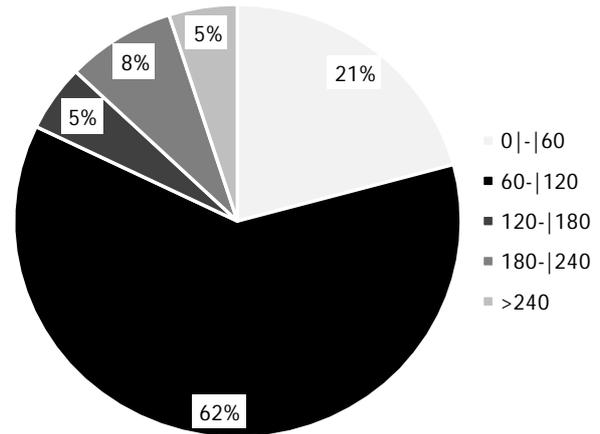
Observa-se, na Figura 1A, que apenas 20% das máquinas tiveram perdas menores de 60,0 kg ha⁻¹ (média = 51,8 kg ha⁻¹), fato considerado tolerável, segundo Silveira (2001). 62 % das máquinas perderam entre 60,0 e 120,0 kg ha⁻¹ (média = 81,2 kg ha⁻¹), 5% das máquinas entre 120,0 e 180,0 kg ha⁻¹ (média = 157,7 kg ha⁻¹), 8% de 180,0 a 240,0 kg ha⁻¹ (média = 212,2 kg ha⁻¹) e 5% perderam mais de 240,0 kg ha⁻¹ (média = 262,9 kg ha⁻¹). Os resultados coincidiram com um levantamento realizado pela EMATER (2005), no município de Maringá, em que a maioria das máquinas perdeu entre 66,0 kg ha⁻¹ e 180,0 kg ha⁻¹. Contudo a EMATER (2005) observou que apenas 2,17% das máquinas perderam mais de 60,0 kg ha⁻¹, valor bem inferior aos 13% observados neste trabalho. O valor mínimo de perdas foi de 46,0 kg ha⁻¹ e o máximo de 278,0 kg ha⁻¹. Apesar de algumas amostragens apresentarem perdas elevadas, a média geral foi 98,5 kg ha⁻¹, aproximadamente 21 kg abaixo da média nacional que, segundo Campos et al. (2005) é de 120,0 kg ha⁻¹.

Observando a Figura 1B, percebe-se que a maior parte das perdas ocorreu na plataforma de corte. Apenas as máquinas com perdas superiores a 240,0 kg ha⁻¹ tiveram perdas equivalentes na plataforma (PP) e sistema de trilha, separação e limpeza (PT), demonstrando haver problemas em todo o processo da colheita mecanizada.

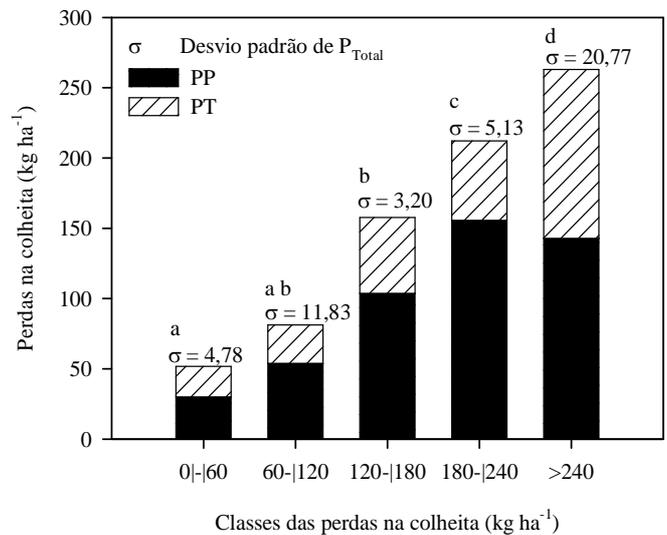
Na entrevista realizada com os operadores e proprietários das máquinas observou-se que 8% deles não fazem ajustes na máquina durante a jornada de trabalho e 15% dos operadores não fizeram curso de operação de colhedoras. Ainda 5% deles assumiram não fazer manutenção periódica na colhedora mas houve impressão visual a campo de que 33% dos operadores fazem pouca manutenção ou não fazem manutenção adequada na colhedora.

Coincidentemente, as máquinas conduzidas por operadores não treinados apresentaram perdas acima de 150,0 kg ha⁻¹. Quando desconsideradas essas máquinas, as duas classes de perdas mais elevadas (180,0-|240,0 e >240,0 kg ha⁻¹) deixaram de existir, mantendo-se diferença significativa entre as classes pelo teste de Bonferroni e a perda média geral na colheita caiu para 74,0 kg ha⁻¹. Essas máquinas colhiam em velocidades entre 4,8 e 6,9 km h⁻¹, tinham entre 19 e 24 anos de uso, eram de diferentes marcas e modelos e as condições de colheita eram semelhantes às das demais. A falta de treinamento sem dúvida levou a falhas de manutenção e/ou na regulagem desses equipamentos. Obviamente, velocidades entre 5 e 7 km h⁻¹ podem ser causa das perdas para equipamentos relativamente antigos com menores recursos de regulagens e ajustes, o que também remete à falta de treinamento dos operadores. As

A.



B.

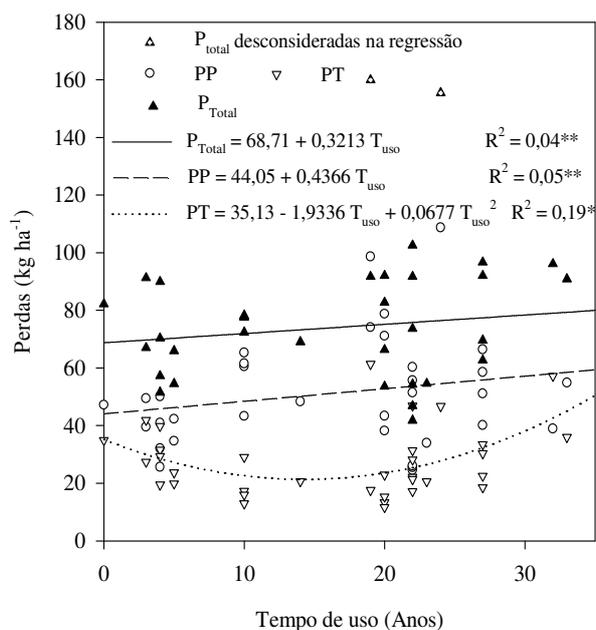


Obs.: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade

Figura 1. A. Porcentagem de máquinas incluídas em cada classe de perdas, em kg ha⁻¹, do total de 39 máquinas estudadas; B. Perdas médias na plataforma (PP) e no sistema de trilha, separação e limpeza (PT) em cada classe de perdas totais (P_{Total}), Maripá, PR, 2008

avaliações na sequência foram realizadas desconsiderando-se as máquinas conduzidas por operadores não treinados.

As relações de PP, PT e P_{Total} de cada máquina com o tempo de uso são apresentadas na Figura 2. Pode-se observar uma leve tendência de aumento em PP com o aumento do tempo de uso (idade) das colhedoras enquanto valores de PT tenderam a diminuir até cerca de 14 anos de uso, crescendo posteriormente. Valores de PP maiores para máquinas mais velhas são consequência do desgaste da plataforma, o que resulta em intensa vibração mas podem estar relacionados a velocidades não compatíveis de colheita. A variação de PT pode estar relacionada a velocidades demasiadamente altas nas máquinas com menos de 14 anos (Figura 3), e ao desgaste nas máquinas com mais de 14 anos. Nos dois casos pode estar associado o efeito da manutenção e das regulagens deficientes em algumas máquinas. Nas máquinas novas os valores de PT foram maiores do que naquelas com cinco ou mais anos de uso, evidenciando a importância da experiência do operador com o equipamento.



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t

** Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t

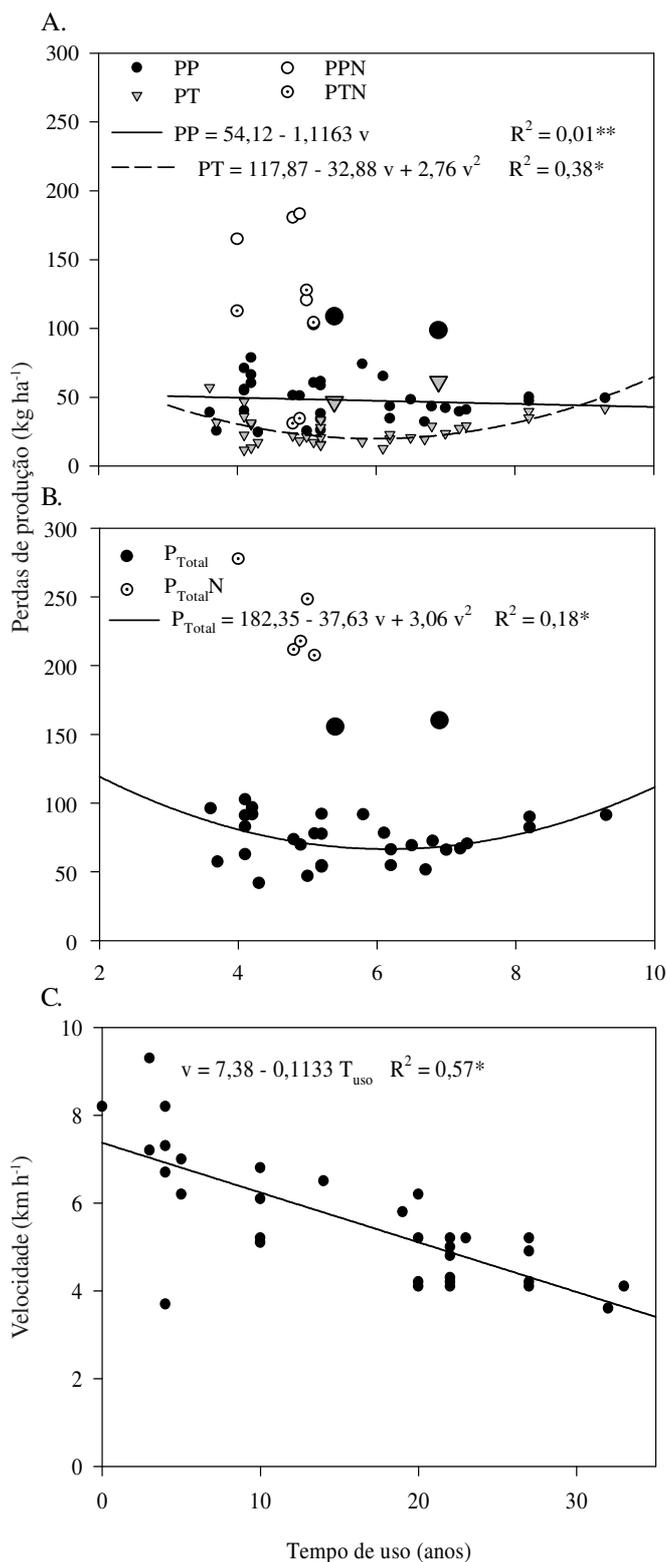
Figura 2. Relação entre a perda de grãos de soja na plataforma (PP), no sistema de trilha, separação e limpeza (PT) e total (P_{Total}) na colheita mecanizada com o tempo de uso da colhedora, desconsiderando-se as máquinas com operadores que não realizaram curso de operação

Quando analisado P_{Total} , nota-se praticamente a mesma tendência de PP, a qual não é significativa (Figura 2), mostrando ser possível realizar uma colheita com qualidade razoável com máquinas mais velhas (Cunha & Zandbergen, 2007). As perdas mais altas nas máquinas com tempo de uso maior podem ser consequência dos requisitos de projeto haja vista que elas foram dimensionadas para produtividades inferiores às atuais e para outras cultivares (Pinheiro Neto & Troli, 2003). As perdas menores nas máquinas novas podem estar relacionadas à maior tecnologia embarcada, como sensores de perda e regulagens elétricas, que facilitam o acerto do conjunto.

Duas máquinas, com 19 e 24 anos de uso, conduzidas por operadores treinados que assumiram realizar manutenções e regulagens ao longo da jornada de trabalho, se destacaram pelas perdas elevadas (entre 155,0 e 160,0 kg ha⁻¹), com valores de cerca de 100,0 kg ha⁻¹ na plataforma. No momento da coleta de dados observou-se que essas máquinas estavam com deficiência de manutenção e de regulagem.

Na Figura 3 são apresentadas as relações de PP e PT (Figura 3A) e de P_{Total} (Figura 3B) com a velocidade de deslocamento e as respectivas equações de ajuste. O aumento da velocidade de operação resultou em leve e não significativa tendência de redução de PP (Figura 3A). No entanto, PT tendeu a diminuir até cerca de 6,0 km h⁻¹ e a aumentar para velocidades maiores. Ao analisar a Figura 3B observa-se que a variação de PT repercutiu numa variação semelhante de P_{Total} .

O melhor entendimento do efeito da velocidade e tempo de uso nas perdas é obtido na Figura 3C. As máquinas mais novas têm condições de se deslocar em velocidades maiores com menores perdas e, quanto mais velhas as máquinas, menor foi sua velocidade de deslocamento. Velocidades menores



PPN, PTN e $P_{Total}N$ referem-se à perda na plataforma, no sistema de trilha, separação e limpeza e total, respectivamente, nas máquinas com operadores não treinados. Os valores referentes aos símbolos destacados em tamanho maior destoam do restante dos dados (ver texto para maiores detalhes) e, juntamente com PPN e PTN, não foram considerados nas equações de ajuste

* Significativo a 5% de probabilidade

** Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 3. Relação entre perda de grãos de soja na colheita e a velocidade de avanço da colhedora: A. perdas na plataforma (PP) e no sistema de trilha, separação e limpeza (PT); B. perdas totais (P_{Total}); C. relação entre a velocidade de deslocamento e o tempo de uso

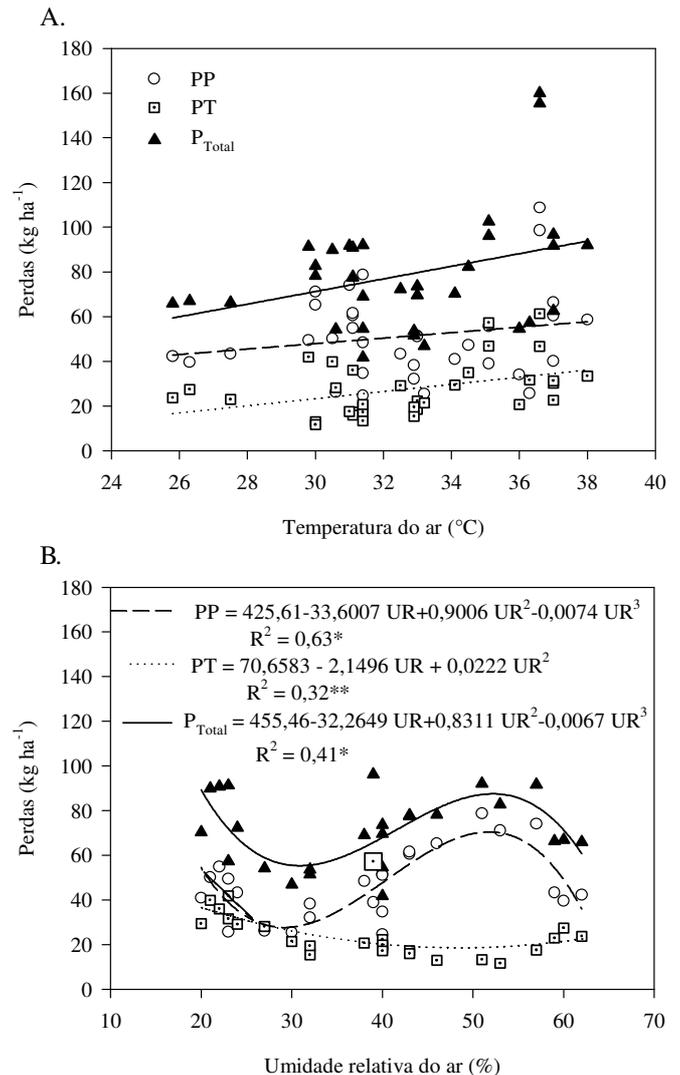
repercutiram em menores valores de PP mas pouco material no sistema de trilha, separação e limpeza pode ter resultado em maiores valores de PT. Essas máquinas com velocidades baixas são as mesmas que apresentaram perdas maiores representadas na Figura 3B. Portanto, as máquinas com mais tempo de uso tiveram PT maiores com velocidades menores do que as máquinas mais novas. Nas velocidades acima de 6,0 km h⁻¹ as perdas maiores podem ser justificadas devido à velocidade acima da recomendada para máquinas de fluxo tangencial (Portela, 2000).

Segundo Diehl & Junquetti (2005), de 80 a 85% das perdas são PP e em torno de 12% são PT. Relação semelhante foi observada neste trabalho em apenas 23% das máquinas. Com relação ao tempo de uso da colhedora observou-se que máquinas mais novas e acima de 30 anos, possuem uma relação de amplitude menor entre PT e PP. As máquinas com idades intermediárias apresentam uma amplitude mais parecida com a citada por Diehl & Junquetti (2005), de aproximadamente 75% para PP e 25% para PT; observa-se, porém, que para algumas máquinas os valores de PT são maiores do que de PP, caracterizando problemas de regulagem e/ou de manutenção dos mecanismos internos. A amplitude entre PP e PT é maior em velocidades intermediárias diminuindo em velocidades mais altas e mais baixas. Sob velocidades baixas pode estar implícito o cuidado do operador, ciente das limitações de sua máquina e, em velocidades mais altas, ciente das boas condições da colhedora com pouco tempo de uso. As duas máquinas em que PT foi maior do que PP, com velocidades menores de 4,0 km h⁻¹, são as mesmas que tiveram problemas de regulagem.

A umidade dos grãos não apresentou relação significativa com as perdas de colheita mas ocorreu tendência de aumento, embora não significativa, das perdas, com o aumento da temperatura do ar (Figura 4A). Com valores de T mais altos as maiores perdas podem ser explicadas pela maior facilidade de abertura das vagens. A vibração nas hastes do molinete, maior em equipamentos desgastados, ocasiona a abertura das vagens fora da plataforma. No entanto, com manutenção e regulagem adequadas consegue-se manter níveis de perda baixos na colheita, explicando a não significância das relações entre as perdas e a temperatura.

Com relação aos valores de PT, essas perdas podem ser explicadas pelo fato de que alguns produtores não consideram a variação da temperatura ao longo do dia e a secagem da planta, não ajustando a colhedora para as condições meteorológicas ocorrentes. Se a massa colhida está mais seca a trilha se torna mais fácil e a rotação do cilindro deve ser reduzida e a abertura do côncavo aumentada. Se esses fatores não forem observados pode ocorrer quebra dos grãos que são perdidos devido ao seu menor peso.

Para a análise das relações entre as perdas na colheita e UR (Figura 4B), foram desconsiderados os valores com os quais a umidade relativa foi inferior a 20%, pois o limite inferior de medida do higrômetro utilizado era de 20%. Observaram-se altas perdas na colheita com valores de UR baixos, de vez que as vagens ficam muito secas e se abrem facilmente quando tocadas pelo molinete da colhedora fazendo com que os grãos caíam no solo. Percebe-se também diminuição das perdas quando UR aumenta até cerca de 30%, pois as vagens ficam



Obs.: As equações referentes à temperatura do ar não são mostradas por não serem significativas
* Significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste t
** Coeficientes e equação significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste t, exceção ao coeficiente 0,0222 da equação referente a PT com relação a UR

Figura 4. Perdas na plataforma (PP), no sistema de trilha, separação e limpeza (PT) e totais (P_{Total}) A. em função da temperatura do ar e B. em função da umidade relativa do ar (UR)

mais úmidas e não se abrem tão facilmente quando tocadas pelo molinete.

Quando a umidade relativa aumenta para valores de 40 a 60%, observa-se tendência de aumento nas perdas. Contudo, este resultado foi mascarado, possivelmente, devido à coincidente amostragem de colhedoras com altos valores de PP com UR nessa faixa. Os altos valores de PP dessas máquinas provavelmente não estão relacionados com o aumento de UR e, sim, por motivos de regulagens e desgaste. É perceptível que, em valores de UR próximos de 60%, as perdas voltaram a ser baixas e, se forem desconsideradas as máquinas citadas acima, é provável que as perdas de plataforma tendam a estabilizar para UR maior de cerca de 30%.

Na Figura 4B observa-se tendência de aumento de PT com valores de UR mais baixos confirmando o que foi analisado na Figura 4A, devido à associação física entre temperatura e

umidade relativa do ar. Com UR de cerca de 60% nota-se tendência de aumento de PT. Essas perdas maiores decorrem do enrijecimento das vagens o que dificulta sua abertura.

CONCLUSÕES

1. No município de Maripá, PR, a maioria das colhedoras perde de 60,1 a 120,0 kg ha⁻¹, com média de 81,2 kg ha⁻¹. A principal causa das perdas é a falta de preparo dos operadores.

2. Há efeito da utilização de máquinas desatualizadas para as condições atuais de produtividade.

3. A velocidade de deslocamento não apresenta correlação significativa com as perdas na colheita e aproximadamente 75% das perdas ocorrem na plataforma de corte e 25% no sistema de trilha, separação e limpeza. Dentre os fatores ambientais a umidade relativa do ar é a que mais interfere nas perdas, havendo uma relação inversa entre esta e a temperatura do ar.

LITERATURA CITADA

- Araújo, R. F. Efeito da colheita mecanizada nas perdas quantitativas e qualitativas de sementes de milho (*Zea mays*, L.). Viçosa: UFV, 1995. 103p. Tese Doutorado
- Campos, M. A. O.; Silva, R. P. da; Carvalho Filho, A.; Mesquita, H. C. B.; Zabani, S. Perdas na colheita mecanizada de soja no estado de Minas Gerais. *Revista de Engenharia Agrícola*, v.25, p.207-213, 2005.
- Cunha, J. P. A. R.; Zandbergen H. P. Perdas na colheita mecanizada da soja na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Brasil. *Bioscience Journal*, v.23, p.61-66. 2007.
- Diehl, S. R. L.; Junquetti, M. T. de G. 2005. Contextos gerais da soja. <http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>. 01 Dez.2007.
- EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. Perdas na colheita mecanizada da soja – Safra 2004/2005. Levantamento para estudo de casos. Curitiba: EMATER-PR, 2005, 15p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja: Paraná: 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 195p. Sistemas de produção 2
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2008. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 280p. Sistemas de produção 12
- Ferreira, I. C.; Silva, R. P.; Lopes, A.; Furlani, C. E. A. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em função de velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. *Engenharia na Agricultura*, v.15, 2007, p.141-150.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007, Lavoura temporária Maripá. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfilwindowat.php?codmun=411535>. 08 Jul. 2008
- Pinheiro Neto, R.; Troli, W. Perdas na colheita mecanizada da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), no município de Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.25, p.393-398, 2003.
- Portella, J. A. Colheita de grãos mecanizada: Implementos, manutenção e regulagem. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 190p.
- Ribeiro, P. J.; Biaggioni, M. A. M. Avaliação econômico-energética da secagem combinada de milho. *Energia na Agricultura*, v.21, p.34-54, 2006.
- Silveira, G. M. da. Máquinas para colheita e transporte. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 289p.