



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria  
Brasil

Pereira da Silva, Rouverson; Reis, Leandro Daniel; Naves dos Reis, Gustavo; Furlani, Carlos Eduardo  
Angeli; Lopes, Afonso; Cortez, Jorge Wilson

Desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora de feijão

Ciência Rural, vol. 38, núm. 5, agosto, 2008, pp. 1286-1291

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33113631013>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora de feijão

### Operational performance of a pull-type bean combine

Rouverson Pereira da Silva<sup>I\*</sup> Leandro Daniel Reis<sup>II</sup> Gustavo Naves dos Reis<sup>II</sup>  
Carlos Eduardo Angeli Furlani<sup>I</sup> Afonso Lopes<sup>I</sup> Jorge Wilson Cortez<sup>II</sup>

#### RESUMO

A colheita mecanizada do feijão apresenta altos custos. Além disso, as características botânicas e a alta tendência ao acamamento do feijoeiro dificultam o uso de colhedoras combinadas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora-trilhadora de feijão e quantificar as perdas ocasionadas durante a colheita, em Jaboticabal, SP. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com fatorial 2 x 3, combinando-se dois sistemas de preparo de solo (convencional e plantio direto) e três velocidades teóricas de trabalho (V1, V2 e V3, correspondendo a 4,0; 4,9 e 5,8km h<sup>-1</sup>, respectivamente), com quatro repetições, totalizando 24 observações. O nível de ruído, os consumos volumétrico e ponderal, a taxa de alimentação da máquina, a matéria seca e a densidade da palhada, as perdas na plataforma da recolhedora e totais não são influenciadas pelos sistemas de preparo do solo (preparo convencional e plantio direto) e pelas velocidades de trabalho. As perdas ocorridas no sistema de trilha, separação e limpeza são menores na velocidade de 4,9km h<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** colheita mecanizada, consumo de combustível, perdas na colheita.

#### ABSTRACT

Mechanized harvesting of beans has a high cost. On the other hand, the botanical characteristics and the high tendency for lodging of bean planting make the combined use of harvesters difficult. This paper aimed to evaluate the operational performance of the pull-type bean combine and to quantify losses in bean harvest. The experiment was carried out in the experimental field of the São Paulo State University in the city of Jaboticabal, SP, Brazil. The field trial was in randomized blocks, in a 2 x 3 factorial scheme, combining two soil tillage systems (conventional and no-tillage) and three theoretical working speeds (V1, V2 and V3, respectively 4.0, 4.9 and 5.8km h<sup>-1</sup>). Four repetitions of the scheme totaled up

24 observations. The analyzed factors (tillage systems and working speeds) did not affect noise level, volume and weight of fuel consumption, machine feeding flow, dry matter and straw density, losses at the harvester platform and total losses. The losses with threshing, separation and cleaning were lesser in the 4.9km h<sup>-1</sup> speed.

**Key words:** mechanical harvesting, fuel consumption, harvesting losses.

#### INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de feijão, com previsão de atingir, na safra 2006/2007 (CONAB,(2007), a produção de 3,3 milhões de toneladas, com produtividade média de 817kg ha<sup>-1</sup>. De acordo com SANTOS & BRAGA (1998), desde a década de 80 o feijoeiro passou também a ser cultivado por médios e grandes produtores, tornando-se uma cultura tecnificada, com maior produtividade e produto final de melhor qualidade, devido principalmente ao aumento das áreas irrigadas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Entre as etapas do ciclo operacional de uma cultura, a colheita se destaca em razão das dificuldades apresentadas e do alto custo agregado, seja ela realizada mecânica ou manualmente (MORAES et al., 1996). Na cultura do feijoeiro, as dificuldades são ainda maiores, pois, devido às suas características botânicas, há maior facilidade de deiscência das vagens ocasionada pelo estágio de desenvolvimento e por condições da cultura, tais como pragas, doenças e plantas daninhas. Por se tratar de planta com hábito

<sup>I</sup>Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 14884-900, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: rouverson@fcav.unesp.br. \*Autor para correspondência.

<sup>II</sup>UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, Brasil.

prostrado, a utilização de colhedoras combinadas pode resultar em elevadas perdas com operação de colheita (ALCÂNTARA et al., 1991). De acordo com SILVA & FONSECA (1996) e SILVA & SILVEIRA (2004), em geral, o feijoeiro possui muitas vagens próximas do solo, fora do alcance das lâminas de corte das colhedoras, o que dificulta sobremaneira o uso de colhedoras combinadas.

De modo geral, são três os sistemas empregados na colheita do feijoeiro: o manual, o semimecanizado e o mecanizado (SILVA, 2004). No primeiro sistema, o arranquio, o recolhimento e a trilha são realizados manualmente, arrancando-se as plantas inteiras, a partir da maturação fisiológica das sementes. As plantas arrancadas permanecem na lavoura, em molhos com as raízes para cima, para completar o processo de secamento até os grãos atingirem cerca de 16 a 18% de umidade (ELIAS et al., 1999). Em seguida, são postas em terreiros onde se processa a batida com varas flexíveis. No sistema semimecanizado, o arranquio e o enleiramento das plantas são, normalmente, manuais, e a trilha é realizada com auxílio de trilhadoras estacionárias ou recolhedoras-trilhadoras. No sistema mecanizado, todas as operações da colheita são feitas com máquinas, de forma direta ou indireta. Na colheita mecanizada direta, são empregadas colhedoras combinadas, que realizam simultaneamente todas as operações, enquanto que na colheita indireta se utilizam equipamentos como o ceifador enleirador e a recolhedora-trilhadora em operações distintas (SILVA, 2004). No sistema mecanizado direto, partes das plantas que ainda se encontram verdes liberam umidade que, juntamente com a terra, acabam por sujar o feijão.

Procurando estudar as características da colheita direta de feijão, SILVA et al. (1999) avaliaram o efeito de três velocidades de operação de uma colhedora automotriz sobre a altura de corte e a perda de sementes na colheita de três cultivares e uma linhagem de feijão em sistema de plantio direto irrigado. Os autores concluíram que, em solo com superfície plana, desprovida de curvas de nível e de sulcos, a altura média de corte do feijoeiro com colhedora combinada foi de 113mm. Eles observaram também que, nestas condições, a perda de sementes na colheita direta do feijoeiro variou de 6,2% na cultivar “Pérola” a 15,0% na cultivar “Carioca”. O comportamento de três métodos de colheita do feijoeiro em função de diversos manejos, com o emprego de diferentes velocidades de semeadura, foi avaliado por SILVA et al. (2005). De acordo com os resultados obtidos, os autores concluíram que a colheita mecanizada indireta proporcionou perda de grãos menor ou igual ao método

direto. Além disso, a perda de ambos métodos foram superiores à perda do método semimecanizado, com arranquio manual e recolhimento e trilha mecanizados.

Os principais parâmetros que afetam o consumo de energia durante o processo de colheita mecânica são a velocidade periférica, o diâmetro e o momento de inércia do cilindro trilhador, a abertura entre cilindro e côncavo, o tipo e as dimensões do côncavo, além das características físico-mecânicas da cultura e da taxa de alimentação (MANTILLA & RAMOS, 1998). Ao verificar o desempenho das máquinas destinadas à colheita do feijão para permitir a seleção do trator adequado para sua operação, SOUZA (2001) observou que a potência exigida para tracionar a colhedora, com carregamento máximo do tanque graneleiro, foi equivalente a 7,90kW e que o acionamento dos órgãos internos demandou 45,28kW.

Pressupondo-se que os sistemas de preparo do solo, aliados a diferentes velocidades de deslocamento, podem afetar o desempenho do conjunto trator recolhedora e as perdas na colheita, este trabalho teve como objetivo avaliar um conjunto trator-recolhedora de feijão, em dois sistemas de preparo de solo e três velocidades de deslocamento, determinando o desempenho operacional e as perdas durante a colheita.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área Demonstrativa e Experimental de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da UNESP/Jaboticabal, SP, sob sistema de irrigação por tipo pivô central, em área de 4,3ha, localizada nas coordenadas geodésicas 21°14' Latitude S e 48°17' Longitude W, com altitude média de 614m, declividade média de 8% e clima Cwa (subtropical), de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (EMBRAPA, 1999).

A área sob pivô central foi manejada com sucessão das culturas do feijoeiro, na época mais seca do ano, e do milho, na época mais úmida, sob sistema convencional (SC) e sistema plantio direto (SPD). Antes da instalação da cultura do feijoeiro, aplicou-se herbicida glifosato na dose de 4L ha<sup>-1</sup> em toda a área, sendo utilizada a cultivar “IAC-Carioca” precoce. A cultura foi implantada no espaçamento entre linhas de 0,45m e 14 sementes m<sup>-1</sup>. A adubação de semeadura utilizada foi 50kg ha<sup>-1</sup> de uréia, 400kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, e 75kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, de acordo com análise química do solo. A adubação de cobertura foi feita aplicando-se aproximadamente 150kg ha<sup>-1</sup> de uréia, aos 27 dias após a emergência, com

adubadora pendular Vicon e, em seguida, irrigou-se com lâmina de 5mm para a incorporação do adubo ao solo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com fatorial 2x3, combinando-se dois sistemas de preparo do solo (SC e SPD) e três velocidades de trabalho, definidas por meio da seleção de três marchas indicadas pelo fabricante da recolhadora (V1, V2 e V3, correspondendo às velocidades teóricas de 4,0; 4,9 e 5,8km h<sup>-1</sup>, respectivamente), com quatro repetições, totalizando 24 parcelas demarcadas com 30m de comprimento e intervalos de 15m entre si, espaços estes destinados às manobras. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Para avaliação do desempenho do conjunto trator-recolhedora, foram avaliados os seguintes parâmetros: nível de ruído na cabine do operador, capacidade de campo operacional e consumo horário de combustível (volumétrico e ponderal). Estes parâmetros representam uma medida do comportamento da máquina sob condições reais de operação, nas mãos do usuário, refletindo uma interação entre as constantes construtivas, as variáveis operacionais e as condições de manejo do conjunto mecanizado (MIALHE, 1996).

Para a medição do nível de ruído na cabine do operador, utilizou-se um medidor de nível de pressão sonora da marca Extech Instruments®, modelo 407706, com escalas de baixa e alta intensidade de 40 a 80 e 80 a 120dB, respectivamente, calibrado com áudio calibrador, marca Extech Instruments®, modelo 407744. Nas medições de ruído, utilizou-se circuito de compensação "A" do medidor de pressão sonora. Portanto os valores medidos em dB(A) representam o número de pressão sonora equalizado de acordo com a curva "A" do aparelho, padronizada internacionalmente - Normas IEC 651 e EB 386, citadas pela NBR-9999 (ASSOCIAÇÃO..., 1987). Os resultados encontrados foram comparados com os limites de tolerância estabelecidos pela NR-15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO ..., 2003).

A capacidade de campo operacional (equação 1) foi determinada com base na largura da plataforma de recolhimento (1,62m), na velocidade real de deslocamento do conjunto em cada parcela e na eficiência de trabalho da operação de recolhimento, que foi de 75%. Para determinar a velocidade real de deslocamento, utilizou-se uma unidade móvel de radar do tipo RVS II, colocada na lateral direita da parte inferior do trator, formando um ângulo de 45° com o solo.

$$Cco = \frac{L.V.Ef}{10} \quad (1)$$

em que, Cco: Capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>); L: Largura da plataforma de recolhimento (m); V: Velocidade real de deslocamento (km h<sup>-1</sup>); Ef: Eficiência de campo da recolhadora-trilhadora (0,75); 10: fator de adequação das unidades.

O consumo de combustível foi medido com a utilização de um protótipo desenvolvido por LOPES et al. (2003), que consiste em dois medidores de fluxo instalados em série e dois medidores de temperatura para quantificar o débito de combustível e a temperatura do mesmo, no momento do experimento. Os consumos horário volumétrico e ponderal foram calculados por meio das equações (2) e (3), respectivamente.

$$Chv = \frac{(Fe - Fr).3,6}{T} \quad (2)$$

$$Chp = Chv.d \quad (3)$$

em que, Chv: consumo volumétrico (L h<sup>-1</sup>); Fe: fluxo de entrada na bomba injetora registrado pelo micrologger (mL); Fr: fluxo de retorno registrado medido pelo micrologger (mL); T: tempo para percorrer a parcela (s); Chp: Consumo ponderal (kg h<sup>-1</sup>); d: densidade do combustível (kg L<sup>-1</sup>), obtida por meio de regressão linear.

Para a aquisição e o armazenamento dos dados relativos ao desempenho do conjunto, utilizou-se sistema de aquisição de dados do tipo Micrologger, da marca Campbell Scientific Inc®, modelo CR23X, posicionado na cabine do trator.

O arranquio e o enleiramento das plantas foram realizados de forma manual, formando-se leiras de quatro linhas, que foram posteriormente recolhidas por uma recolhadora-trilhadora DOUBLE MASTER III, com sistema de fluxo axial, tracionada por trator e acionada pela TDP, com largura de trabalho de 1,62m e rotação do cilindro trilhador de 540rpm, tracionada pelo trator Valtra, modelo BM 100, 4x2 TDA, com potência de 73,6kW (100cv) no motor a 2350rpm. Para determinação da umidade dos grãos, foram retiradas amostras na caçamba graneleira da máquina durante o processo de recolhimento das plantas de feijão, que posteriormente foram levadas ao laboratório para pesagem. Em seguida, as amostras foram colocadas em recipiente próprio e levadas à estufa com temperatura de 105°C e, após 48 horas, foram determinadas novamente as massas, obtendo-se assim o teor médio de água dos grãos no momento da colheita, que foi de 10%.

A avaliação das perdas de grãos foi realizada por meio de determinações no campo utilizando-se armação de madeira com área de 2m<sup>2</sup> (1,62 x 1,24m),



Observa-se que as perdas no sistema de plantio convencional foram da ordem de 4,0% e, no sistema plantio direto foram de 5,5% (Tabela 1), sem diferir entre, assim como as perdas ocorridas na plataforma de recolhimento e as perdas totais. As perdas da plataforma representaram de 42 a 58% das perdas totais, concordando com SILVA & BEVITORI (1994), que embora tenham utilizado recolhedor-autopropelida, verificaram valores de perdas na plataforma de até 60% das perdas totais. As perdas na pré-colheita e no arranquio e no enleiramento manual, somadas foram muito baixas, razão pela qual elas foram consideradas desprezíveis.

No sistema de trilha, separação e limpeza da máquina (Tabela 1), as perdas também ocorreram na faixa de 42 a 58% das perdas totais e foram significativas em função do fator velocidade, com a velocidade 2 ( $4,9\text{ km h}^{-1}$ ), apresentando menores perdas em relação à velocidade 3 ( $5,8\text{ km h}^{-1}$ ). Os altos valores encontrados para o coeficiente de variação podem ser justificados pela alta variabilidade da amostra observada em vários estudos sobre perdas na colheita realizados em condições de campo, bem como naqueles com controle experimental (PINHEIRO NETO & GAMERO, 1999; MESQUITA et al., 2002; CAMPOS et al., 2005). A matéria seca, a densidade da palhada e o fluxo de alimentação da máquina não diferiram em função dos fatores analisados (Tabela 1), não influenciando o processo de perdas da máquina.

## CONCLUSÕES

Os sistemas de preparo do solo (preparo convencional e plantio direto) e as velocidades de trabalho não influenciam o nível de ruído no posto do operador, os consumos horários volumétrico e ponderal, a taxa de alimentação da recolhedor e as perdas na plataforma da recolhedor e totais.

A velocidade V2 ( $4,9\text{ km h}^{-1}$ ) proporciona menores perdas no sistema de trilha, separação e limpeza durante a colheita do feijoeiro. A matéria seca, a densidade da palhada e a taxa de alimentação da máquina são semelhantes em função dos fatores analisados, porém as perdas ocorridas no sistema de trilha, separação e limpeza são menores na velocidade de  $4,9\text{ km h}^{-1}$ .

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, J.P. et al. Avaliação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes densidades de semeadura e condições de ambiente. *Ciência e Prática*, Lavras, v.15, n.4, p.331-428, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Níveis de ruído aceitáveis: NBR 10152 (NB-95)**. Rio de Janeiro, 1987. 4p.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310p.
- CAMPOS, M.A.O. et al. Análise de perdas na colheita mecanizada de soja no estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.25, n.1, p.207-213, 2005.
- CONAB. **Série histórica de grãos: safra 1976/77 a 2006/07**. Capturado em 30 set. 2007. Disponível na Internet <http://www.conab.gov.br/conabweb/>.
- GARCIA, R.F. **Simulação do comportamento dinâmico de uma colhedora de feijão**. 2002. 86f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ELIAS, A.I. et al. Colheita mecanizada de feijão *Phaseolus vulgaris* L.. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Publique, 1999. p.102-107.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412p.
- LOPES, A. et al. Protótipo de sistema instrumental para medição de consumo de combustível em tratores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E À INDÚSTRIA, 4., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: SBIAgro, 2003. 1 Cd.
- MANTILLA, E.N.; RAMOS, J.N. Metodología de cálculo de órganos trilladores del tipo cilindro cóncavo. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**. La Habana, v.7, n.2., p.75-79, 1998.
- MESQUITA, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A. **Medidor de perdas na colheita de soja e trigo**. Londrina. Com. Tec. Cent. Nac. Pesq. Soja/EMBRAPA, 1982. N.15, p.1-8.
- MESQUITA, C.M. et al. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: safra 1998/1999. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.3, p.398-406, 2002.
- MIALHE, L.G. Características do ensaio de máquinas agrícolas. In: \_\_\_\_\_. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. p.37-68.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. **Atividades e operações insalubres** (115.000-6): NR-15. Capturado em 12 dez. 2003. Online. Disponível na Internet <http://www.mtb.gov.br>.
- MORAES, L.B. et al. **Máquinas para colheita e processamento de grãos**. Pelotas: UFPel, 1996. 153p.
- PINHEIRO NETO, R.; GAMERO, C.A. Efeito da colheita mecanizada nas perdas quantitativas de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.14, n.1, p.69-81, 1999.
- SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C. et al. **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p.19-53.

- SILVA, C.C.; BEVITORI, R. Colheita e beneficiamento de feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.63-65, 1994.
- SILVA, J.G. et al. Desempenho de métodos de colheita em função de manejos empregados na cultura do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p.615-618.
- SILVA, J.G. Mecanização sem esforço. **Cultivar máquinas**. Pelotas, 2004. V.3, n.36. 10p. (Encarte: Caderno Técnico).
- SILVA, J.G. et al. Colheita direta do feijoeiro com colhedora automotriz. In: COBUCCI, T. (Ed.). **Avanços tecnológicos com a cultura do feijoeiro comum no sistema de plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 36p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 100).
- SILVA, J.G.; FONSECA, J.R. Colheita. In: ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.523-541.
- SILVA, J.G.; SILVEIRA, P.M. Colheita mecanizada do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n.223, p.138-144, 2004.
- SOUZA, C.M.A. **Avaliação e simulação do desempenho de uma colhedora de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2001. 113f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SOUZA, L.H. et al. Níveis de ruído emitidos por uma recolhedora-trilhadora de feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.745-749, 2004.
- SUMMERS, J.D. et al. Draft relationships for primary tillage in Oklahoma soils. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.29, n.1, p.37-39, 1986.
- ZOPPELLO, G. et al. Aziende agricole, il rischio da rumore ed il D.Lgs 277/91. **Macchine e Motori Agricoli**, Bologna, v.2, n.10, p.9-16, 1995.