

## DESEMPENHO ENERGÉTICO DE COLHEDORAS AXIAIS COM SISTEMA AXIAL E DUPLO ROTOR AXIAL NA COLHEITA DE SOJA SEMENTE

LAURO STRAPASSON NETO<sup>1</sup>, GABRIÉLE SANTIAGO DE CAMPOS<sup>2</sup>,  
GUILHERME LUIZ PARIZE<sup>3</sup>, LEONARDO LEONIDAS KMIECIK<sup>4</sup>, DANIEL  
SAVI<sup>2</sup>, SAMIR PAULO JASPER<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Fone:41 987550089, [laurostrapasson@ufpr.br](mailto:laurostrapasson@ufpr.br), Curitiba – PR;

<sup>2</sup>Graduandos em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR;

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR;

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR;

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Profº Dr. Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA) – UFPR/Curitiba-PR;

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

**RESUMO:** A máquina para realizar a colheita de grãos deve proporcionar menor consumo de combustível com maior velocidade, aliados a limpeza dos grãos e menor taxa de desperdícios. O experimento teve por objetivo avaliar o desempenho energético de duas colhedoras, com sistema axial e duplo rotor axial, analisando o consumo horário de combustível e velocidade operacional. O experimento foi conduzido no delineamento em faixas do tipo fatorial duplo (2x6), sendo o primeiro fator qualitativo, duas colhedoras de 198 e 202 kW, com sistema axial e duplo rotor axial, e o segundo fator quantitativo, seis velocidades alvo, e cinco repetições (60 unidades experimentais). Os resultados foram submetidos análise de variância e quando significativa ao teste de Tukey ou análise de regressão. A colhedora com rotor axial apresentou 11,41% a menos no consumo de combustível, o qual foi menor em todas as velocidades alvo, com diferença abrupta nas menores velocidades. A velocidade operacional foi superior em 1,78% para a colhedora com duplo rotor axial. Portanto, operações agrícolas que demandem menor velocidade de colheita, como na da soja semente, a colhedora com rotor axial mostra-se uma alternativa mais eficiente do ponto de vista energético.

**PALAVRAS-CHAVE:** máquinas agrícolas, grãos, consumo de combustível

### ENERGY PERFORMANCE OF AXIAL HARVESTERS WITH AXIAL SYSTEM AND DOUBLE AXIAL ROTOR IN SOYBEAN SEED HARVESTING

**ABSTRACT:** The machine for grain harvesting should provide lower fuel consumption with higher speed, combined with the cleaning of the grain and lower waste rate. The experiment aimed to evaluate the energy performance of two harvesting machines, with axial system and double axial rotor, analyzing the hourly fuel consumption and operating speed. The experiment was conducted in double factor ranges (2x6), the first qualitative factor being two 198 and 202 kW harvesters, with axial system and double axial rotor, and the second quantitative factor, six target speeds, and five repetitions (60 experimental units). The results were submitted to analysis of variance and when significant to Tukey's test or regression analysis. The axial impeller harvester showed 11.41% less fuel consumption, which was lower at all target velocities, with an abrupt difference at the lower velocities. The operating speed was 1.78% higher for the twin-axle harvester. Therefore, agricultural operations that demand lower harvesting speed, as in the case of soybean seed, the axial-rotor harvester shows itself to be a more energy-efficient alternative.

**KEYWORDS:** agricultural machinery, grain, fuel consumption

**INTRODUÇÃO:** A crescente expansão da produção agrícola brasileira está diretamente relacionada com a combinação tecnológica entre sementes e máquinas agrícolas, sem a necessidade da expansão de novas áreas para tal (PEREIRA et al., 2019). A colhedora realiza o corte, recolhimento, separação, peneiramento e armazenamento (LIANG et al., 2015), sendo desafio para a ciência e indústria desenvolver máquinas, de forma a realizar essas etapas no menor tempo possível, com menor consumo de combustível, aliados a menores perdas e danos, além da limpeza dos grãos. Dentre as opções do mercado nacional, hoje temos as colhedoras equipadas com diversos sistemas de trilhagem como a radial ou tangencial, axial, e híbridas que contam com sistema radial e axial na mesma máquina. A colhedora denominada axial é aquela cujo sistema é composto por rotor e côncavo, dispostos longitudinalmente em relação à colhedora, realizando a debulha e a separação do grão da palha, conforme explicado por CUNHA et al. 2009. A quantidade de material que é manipulado simultaneamente varia de acordo com a capacidade de debulha, separação e fluxo da colhedora, portanto, está intimamente relacionada a velocidade de colheita e com o consumo de combustível (SPOKAS et al., 2014), o sistema de único ou duplo rotor, permitem diferentes capacidades de manipulação, fazendo-se necessário estudos para determinar a melhor escolha para cada finalidade. O experimento teve por objetivo avaliar o desempenho energético de duas colhedoras com sistema de rotor axial e duplo rotor axial, analisando o consumo horário de combustível e velocidade operacional.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na cidade de Patos de Minas – MG, durante a safra de soja para semente no ano de 2019 em área dessecada, apresentando espaçamento de 0,5 m (50 cm) entre linhas e 14,2 plantas por metro linear (284.000 plantas por hectare), variando a umidade da semente entre 13 a 18% durante a colheita. O delineamento experimental utilizado foi em faixas, com arranjo fatorial duplo (2x6) sendo o primeiro fator, colhedoras com sistema de rotor axial e duplo rotor axial, e como segundo fator, seis velocidades alvo, sendo elas: 4, 5, 6, 7 e 8 km h<sup>-1</sup> respectivamente. Em cada tratamento, foram realizadas cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais, com cada faixa apresentando 500 m de comprimento. As colhedoras avaliadas foram modelo S550, John Deere, com 202 kW (275 cv) de potência nominal, axial de único rotor com 3,12 m de comprimento e 0,61 m de diâmetro, ano 2017, ajustada com abertura do côncavo de 9 mm e rotação do ventilador de 950 RPM e uma CR 5.85, New Holland, com 198 kW (269 cv) de potência nominal, axial de duplo rotor, com 2,64 m de comprimento e 0,43 m de diâmetro cada rotor, ano 2018, ajustada com abertura do côncavo de 46 mm e rotação do ventilador de 1050 RPM. Ambas as colhedoras montadas com plataforma de cereais de 30 pés (9,14 m) com condutor do tipo caracol, dupladas no eixo dianteiro e mantidas com tanque de combustível completo durante a realização do estudo. A partir de dois fluxômetros, instalados no sistema de alimentação de combustível da colhedora (entrada e retorno a tanque), foi determinado o consumo horário de combustível, conforme descrito por NETO al. 2020. Através de radar foi determinado a velocidade operacional, em função do número de pulsos emitidos. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, quando significativa para o primeiro fator (único ou duplo rotor), foi analisado as diferenças das médias pelo Teste de Tukey (análise qualitativa), e para o segundo fator e interação, optou-se pela análise de regressão (quantitativa).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 estão apontados os resultados da análise de variância e do teste de médias para as variáveis analisadas. Os resultados obtidos entre as colhedoras apresentaram diferença significativa entre os parâmetros: CHC e VO.

Tabela 1. Síntese da análise de variância e do teste de médias.

Colhedora (COL)	CHC (L h <sup>-1</sup> )	VO (km h <sup>-1</sup> )
Rotor Axial	39,66 B	4,98 B
Duplo Rotor Axial	44,77 A	5,07 A
<b>Veloc. Alvo (VA)</b>		
3,0 km h <sup>-1</sup>	34,61	2,95
4,0 km h <sup>-1</sup>	35,88	3,90
5,0 km h <sup>-1</sup>	38,70	4,75
6,0 km h <sup>-1</sup>	44,88	5,65
7,0 km h <sup>-1</sup>	48,55	6,30
8,0 km h <sup>-1</sup>	50,67	6,60
<b>Teste F</b>		
COL	16,65*	2.939,75**
VA	123,30**	1.489,89**
COL x VA	38,39**	207,08**
<b>Coef. Variação (%)</b>		
COL	8,68	2,14
VA	4,03	2,16
COL x VA	4,24	2,32

Parâmetros: consumo horário de combustível (CHC), velocidade operacional (VO). Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo “Teste de Tukey” (P < 0,05). Teste F da análise de variância (ANOVA): NS – Não significativo; \* (P < 0,05) e \*\* (P < 0,01).

O CHC foi 11,41% menor para a colhedora com Rotor Axial, resultado que tem relevância na planilha dos custos operacionais (SOPEGNO et al. 2016). O maior CHC na colhedora Duplo Rotor Axial pode ser explicado pela maior VO alcançada em relação a de Rotor Axial, que representa maior volume de material processado pela máquina, demandando maior gasto energético (EISENBIES et al., 2017). A colhedora com Duplo Rotor Axial apresenta rotores de menor diâmetro, quando comparada com a Rotor Axial, aliado ao aumento da rotação de trabalho dos rotores, confere maior força centrífuga para agir no processo de trilha (Cunha te al., 2009), possibilitando maior VO. A VO na colhedora de Duplo Rotor Axial foi superior em 1,78%. Houve interação significativa entre a velocidade alvo e os parâmetros analisados, a dependência entre os parâmetros foi determinada através de regressão, conforme pode ser observado na Figura 1.

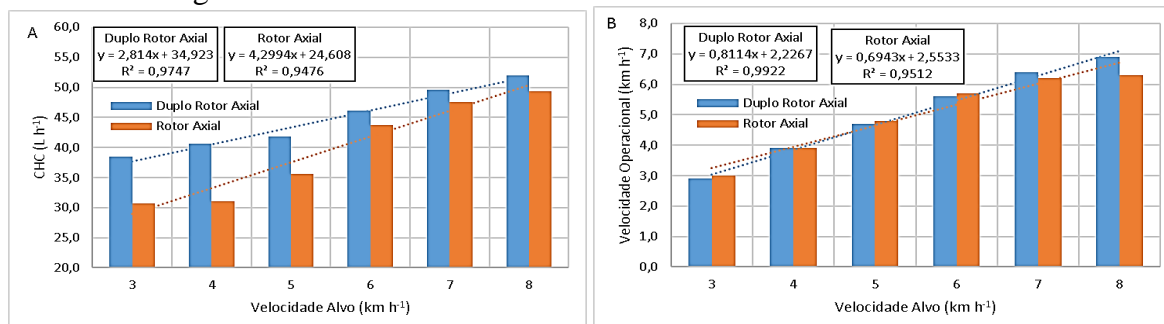


FIGURA 1. Consumo horário de combustível (1 A) e velocidade operacional (1 B), em função da velocidade alvo.

O consumo horário de combustível e a velocidade operacional expressaram diferentes comportamentos nas velocidades selecionadas, apresentando linha de tendência linear, para ambas as colhedoras. A colhedora Duplo Rotor Axial apresentou maior consumo horário de combustível em todas as velocidades alvo (Figura 1 A), quando comparada a de Rotor Axial, com diferença mais abrupta nas menores velocidades. SPOKAS et al. 2014, obtiveram resultados semelhantes, ao analisarem consumo de combustível em colhedora axial. Analisando a velocidade operacional, ambas as colhedoras tiveram comportamento semelhante nas velocidades de 3, 4, 5 e 6 km h<sup>-1</sup> (Figura 1 B), e maior distanciamento nas velocidades de 7 e 8 km h<sup>-1</sup>, em que a colhedora com Duplo Rotor Axial expressou VO superior. A colhedora Duplo Rotor Axial, por apresentar maior velocidade operacional nas maiores velocidades alvo, demonstrou maior capacidade de processamento, pois, os mecanismos de funcionamento de duplos rotores utilizam maior força centrífuga do sistema, proporcionando maior gasto energético e vantagem na capacidade de manipulação, reduzindo a limitação da máquina, proporcionando com que houvesse maior VO, em relação a de Rotor Axial.

**CONCLUSÕES:** A colhedora com rotor axial apresentou 11,41% a menos no consumo horário de combustível, em relação a de duplo rotor axial. O comportamento de menor consumo se repete em todas as velocidades alvo em que as colhedoras foram comparadas, com diferença mais discrepante nas menores velocidades, e comportamento semelhante nas maiores velocidades alvo. A velocidade operacional foi superior em 1,78% para a colhedora com duplo rotor axial. Diante do exposto, para culturas que demandem menor velocidade de colheita, como a de soja destinada a semente, a colhedora dotada de rotor axial mostra-se uma alternativa mais eficiente do ponto de vista energético.

#### **REFERÊNCIAS:**

- CUNHA, J. P. A. R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C. A. A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. **Bioscience Journal**, v. 25, n.4, p. 37-42, 2009.
- Eisenbies M. H.; Volk T. A.; Espinoza J.; Gantz C.; Himes A.; Posselius J.; Shuren R.; Stanton B.; Summers B. Biomass, spacing and planting design influence cut-and-chip harvesting in hybrid poplar. **Biomass and Bioenergy**, v.106, p. 182 190, 2017
- LIANG, Z.; LI, Y.; ZHAO, Z.; XU, L. Structure Optimization of a Grain Impact Piezoelectric Sensor and Its Application for Monitoring Separation Losses on Tangential-Axial Combine Harvesters. **Sensors**, v.15, n. 1, p. 1496-1517, 2015.
- NETO, L. S.; KMIĘCIK, L. L.; JASPER, S. P.; ZIMMERMANN, G. G.; SAVI, D. Interference of the number of remote control valves in use on the energy performance of an agricultural tractor with productivity management. **Engenharia Agrícola**, v. 4, p. 356-362, 2020.
- PEREIRA, L. A. G.; SANTOS, I. J. F.; FERREIRA, W. R. Geografia do comércio de commodities, dinâmicas 354 espaciais da logística de transportes e dos fluxos de exportações do setor de soja no Brasil. **Revista 355 Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 23, n. 3, p.3, 2019.
- Sopegno A.; Calvo A.; Berruto R.; Busato P.; Bocthis D. A web mobile application for agricultural machinery cost analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 130 p. 158–168, 2016
- SPOKAS, L.; STEPONAVICIUS, D.; BUTKUS, V. Reduction of fuel consumption of two rotors axial flow combine harvester. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 12, n.2, p. 329-333, 2014.