

## CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO E ROTAÇÃO DO MOTOR

CARLOS R. G. RAMOS<sup>1</sup>, KLÉBER P. LANÇAS<sup>2</sup>, MURILO B. MARTINS<sup>3</sup>, INDIAMARA MARASCA<sup>4</sup>, JEFFERSON SANDI<sup>5</sup>

1 Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Doutorando em Energia na Agricultura, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (14) 3811.7165, cramos@fca.unesp.br

2 Eng<sup>o</sup> Mecânico, Professor Titular, Dept<sup>o</sup> de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

3 Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Mestrando em Energia na Agricultura, Dept<sup>o</sup> de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

4 Tecnol. Prod. Grãos, Doutoranda em Energia na Agricultura, Dept<sup>o</sup> de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

5 Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Mestrando em Energia na Agricultura, Dept<sup>o</sup> de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** O objetivo foi avaliar o consumo de combustível de uma colhedora de cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento e rotação do motor. O experimento foi conduzido em um canavial em que a colheita ocorreu sem queima prévia, sendo a cana-de-açúcar da variedade RB 855156 em seu segundo estágio de corte, com porte considerado deitado e produtividade de 85 t ha<sup>-1</sup>. Foram utilizadas duas velocidades de deslocamento, sendo a velocidade 1 (V1) de 4,0 km.h<sup>-1</sup> ou 1,1 m.s<sup>-1</sup>, e a velocidade 2 (V2) de 5,5 km.h<sup>-1</sup> ou 1,52 m.s<sup>-1</sup> e três diferentes rotações do motor, sendo a rotação M1 de 1800 rotações por minuto (rpm), a rotação do motor M2 de 1950 rpm e a rotação do motor M3 de 2100 rpm. Foi avaliado o consumo de combustível horário, por área e por tonelada colhida. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott à 1% de probabilidade. Quanto maior a velocidade de deslocamento e rotação do motor, maior foi o consumo horário de combustível da colhedora, porém, os melhores resultados para o consumo de combustível por tonelada de cana-de-açúcar colhida foram obtidos na maior velocidade e menor rotação do motor.

**PALAVRAS-CHAVE:** colheita mecanizada de cana-de-açúcar, desempenho, eficiência.

## FUEL CONSUMPTION OF A SUGAR CANE HARVESTER IN DIFFERENT FORWARD SPEEDS AND ENGINE ROTATION

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the fuel consumption of a sugar cane harvester in different forward speeds and engine rotation. The tests were conducted in green harvested canes, variety RB 855156 in its second cut and its relative position from the ground was classified as lying down and yields were around 85 t ha<sup>-1</sup>. Were used two machine forward speeds, being the first speed 4.0 km h<sup>-1</sup> (V1), and the second speed 5.5 km h<sup>-1</sup> (V2) and were used three different engine rotations, being the M1 of 1800 revolutions per minute (rpm), M2 of 1950 rpm and M3 of 2100 rpm. It was analyzed the fuel consumption per hour, per area and per ton of sugar cane harvested. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by the Scott Knott test at 1% probability. The higher machine forward speed and engine rotation the greater fuel consumption per hour of the harvester; but the best results for fuel consumption per ton of sugar cane harvested was obtained at a higher machine forward speed and lower engine rotation.

**KEYWORDS:** sugar cane mechanized harvest, performance, efficiency

**INTRODUÇÃO:** Os combustíveis de fontes alternativas têm impulsionado o crescimento do setor sucroalcooleiro brasileiro, sendo o preço dos combustíveis fósseis e o impacto ambiental que estes combustíveis causam, os principais fatores que tornam o etanol um dos combustíveis mais competitivos no mercado mundial. Um dos fatores que vêm sendo analisado e pesquisado de forma mais intensa é o consumo de combustível das colhedoras mecanizadas de cana-de-açúcar, visto que o mesmo está além dos valores estimados para essa operação. Ao se comparar o consumo de combustível de colhedoras de cana-de-açúcar, o consumo por tonelada colhida deve ser favorecido, quando a eficiência é o parâmetro desejado. Segundo Ripoli e Ripoli (2009), considerando-se todas as etapas do sistema produtivo canavieiro a colheita junto com o transporte da matéria prima até a unidade industrial, representam cerca de 30% de todos os custos envolvidos (variedades, fertilizantes, mão de obra, agroquímicos, operações mecanizadas). Contudo, o maior agravante desta tecnologia é o alto consumo de combustível das colhedoras (cerca de 50 a 60 L h<sup>-1</sup>). Lyra (2012) avaliou o consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em canaviais com produtividade de 37,58 t ha<sup>-1</sup> e 102,07 t ha<sup>-1</sup>, em função de diferentes rotações do motor da colhedora e velocidades de deslocamento. O autor concluiu que em canavial de baixa produtividade, a colhedora economizou mais de 17 litros por hora trabalhada, quando utilizou baixa rotação do motor, uma vez que a baixa produtividade não demandou alta potência para realização da colheita. Além disso, o autor afirma que, neste canavial, independente da faixa de velocidade utilizada, o consumo horário de combustível foi menor quando utilizada a menor rotação do motor. O consumo horário de combustível é influenciado pela velocidade de deslocamento da colhedora, sendo que quanto maior for a velocidade, maior será o consumo horário de combustível e menor será o consumo por tonelada colhida (BELARDO, 2010; SCHMIDT JR, 2011; LYRA, 2012). Nery (2000) avaliou o consumo de combustível de uma colhedora de cana-de-açúcar em quatro diferentes velocidades de operação, sendo elas: 1,34; 2,66; 5,27; e 7,68 km h<sup>-1</sup>. O autor obteve consumos de combustível de 45,28; 49,77; 60,04; e 66,27 L h<sup>-1</sup> e 2,92; 1,25; 0,69; e 0,61 L t<sup>-1</sup>, para as quatro velocidades avaliadas respectivamente. Carvalho Filho (2000) em estudo de desempenho operacional e econômico de uma colhedora de cana-de-açúcar, concluiu que houve menor consumo horário de combustível na velocidade de 1,5 km h<sup>-1</sup> e maior consumo horário na velocidade de 7 km h<sup>-1</sup>, enquanto que para o consumo de combustível em litros por tonelada colhida, ocorreu o inverso. Segundo o autor, as baixas velocidades e capacidades de campo elevam o custo por tonelada de cana-de-açúcar colhida, uma vez que a vida útil economicamente ideal para colhedora é de seis anos, já que a partir do sétimo ano o custo com reparo e manutenção torna-se bastante elevado. O objetivo foi avaliar o consumo de combustível de uma colhedora de cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento e rotação do motor.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As determinações de campo foram realizadas em junho de 2012 na Usina Santa Cândida, localizada no município de Bocaina, estado de São Paulo, com coordenadas geográficas: 22°06'22" de Latitude Sul, 48°28'46" de Longitude Oeste e altitude de 532 metros em relação ao nível do mar. A colheita ocorreu sem queima prévia do canavial, na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, sendo a cana-de-açúcar da variedade RB 855156 em seu segundo estágio de corte. O espaçamento entre fileiras utilizado foi de 1,5m e a produtividade média estimada pela usina era de 85 t ha<sup>-1</sup>. O relevo do terreno era plano e encontrava-se em condições adequadas para a operação de colheita mecanizada, com sulcos apresentando paralelismo ideal. Como tratamentos, foram selecionadas duas velocidades de deslocamento para a colhedora, sendo as velocidades de 4,0 km h<sup>-1</sup> (V1) e 5,5 km h<sup>-1</sup> (V2). Foram utilizadas três diferentes rotações do motor da colhedora, sendo a rotação do motor M1 de 1800 rotações por minuto (rpm), a rotação M2 de 1950 rpm e a rotação M3 de 2100 rpm. Para todo o experimento foi utilizada uma única colhedora. A análise estatística foi efetuada pelo sistema SISVAR e os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott à 1% de probabilidade. Os tratamentos foram submetidos a seis repetições (cada repetição representou a colheita de uma fileira de planta com comprimento de 300 m), totalizando 36 parcelas experimentais. Para avaliação do consumo de combustível da colhedora, foram utilizados dois medidores de combustível tipo fluxômetro da marca Oval, modelo LSF45 com capacidade máxima de leitura 500 L h<sup>-1</sup>, instalados no sistema de alimentação de combustível entre o tanque e o motor e outro instalado no retorno para o tanque. Para aquisição dos dados foi utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP) que registra uma unidade de pulso a cada 10 mL de combustível que passou pelos fluxômetros, permitindo calcular através da diferença de combustível que entra no motor e o que retorna ao tanque, o consumo horário de combustível, com a visualização instantânea dos dados, segundo a metodologia utilizada por Monteiro (2008) e adotada pelo Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA) da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA-UNESP) campus de Botucatu-SP. Em cada repetição o CLP foi acionado no início da colheita parado ao final, obtendo o resultado de consumo de combustível de cada linha colhida.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O consumo horário de combustível apresentado neste trabalho refere-se apenas ao consumo no momento da colheita, ou seja, enquanto a colhedora encontrava-se em plena operação de colheita de cana-de-açúcar. Este consumo horário efetivo não deve ser comparado com o consumo médio de combustível conhecido pelas Usinas, pois nestes casos, o consumo de combustível da colhedora geralmente refere-se a uma jornada inteira de trabalho, estando associado às outras operações além da colheita efetiva, como: manobras de cabeceira, deslocamentos dentro do talhão (desembuchamentos), mudanças de talhão e ocasiões em que a máquina está parada com o motor ligado, ou seja, situações em que a colhedora encontra-se consumindo combustível, porém, em regime mais econômico. Com isso, o tempo em que a colhedora passa em cada uma dessas situações citadas é determinante para que se obtenha um valor médio alto ou baixo de consumo de combustível. Portanto, ao se comparar o consumo de combustível de colhedoras de cana-de-açúcar deve-se levar em conta sempre o consumo por tonelada colhida, quando a eficiência é o parâmetro desejado. A Figura 1 apresenta os valores obtidos para consumo horário de combustível ( $L h^{-1}$ ) para os tratamentos avaliados. O tratamento V2M3 foi o que apresentou maior consumo horário de combustível, diferenciando-se estatisticamente de todos os outros ao nível de 1% de probabilidade. Entre os tratamentos, o que apresentou menor consumo de combustível ( $53,05 L h^{-1}$ ) foi o que utilizou a velocidade de deslocamento  $4,0 km h^{-1}$  (V1) associado à rotação do motor de 1800 rpm (M1). Os resultados para consumo horário de combustível apresentados neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Lyra (2012) que obteve  $55,88 L h^{-1}$ , Giachini (2012) com  $57,5 L h^{-1}$ , Schmidt Junior (2011) que obteve  $50,3 L h^{-1}$ , Belardo (2010) onde no ensaio realizado a  $5,0 km h^{-1}$  a colhedora consumiu  $63,0 L h^{-1}$  e Nery (2000) que a  $5,3 km h^{-1}$  obteve  $60,04 L h^{-1}$ .

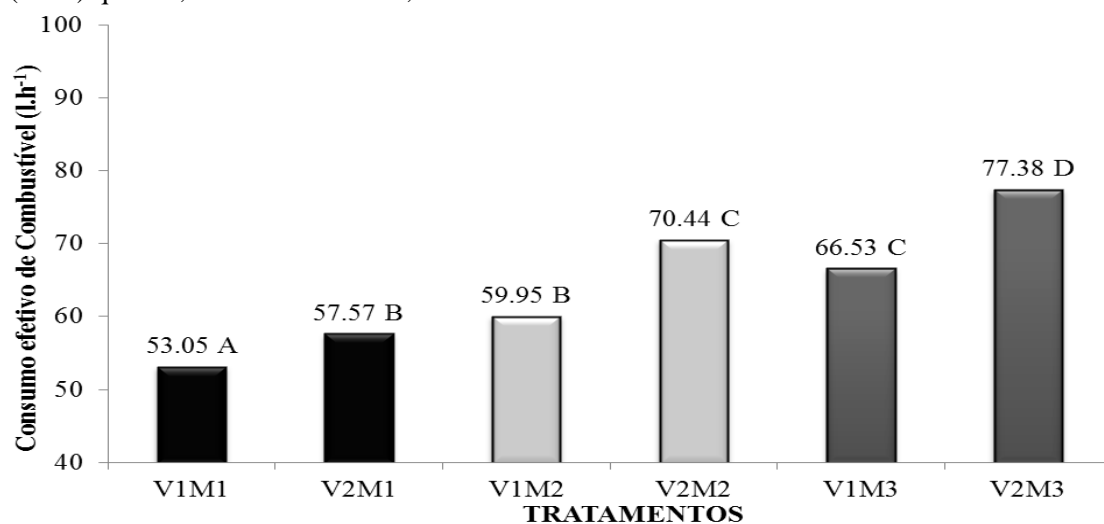


Figura 1: Média do consumo efetivo de combustível dos tratamentos ( $L h^{-1}$ ).

A Figura 2 apresenta o consumo de combustível por tonelada de cana-de-açúcar colhida ( $L t^{-1}$ ) para os tratamentos avaliados. Os tratamentos V2M1; V2M2 e V2M3 apresentaram menor consumo de combustível e não diferiram entre si ao nível de 1% de probabilidade. Os tratamentos V1M1; V1M2 e V1M3 foram diferentes dos tratamentos com maior velocidade (V2 -  $5,5 km h^{-1}$ ) e consumiram mais combustível por tonelada de cana-de-açúcar colhida. Os resultados encontrados neste trabalho foram semelhantes aos resultados de Neves (2011) que obteve média de  $1,15 L t^{-1}$  e Tomazela et al. (2010) de  $0,97 L t^{-1}$  e embora muito próximos, foram maiores que os obtidos por Lyra (2012) com  $0,71 L t^{-1}$ , Giachini (2012) de  $0,61 L t^{-1}$ , Belardo (2010)  $0,70 L t^{-1}$  e Schmidt Junior (2011) de  $0,75 L t^{-1}$ .

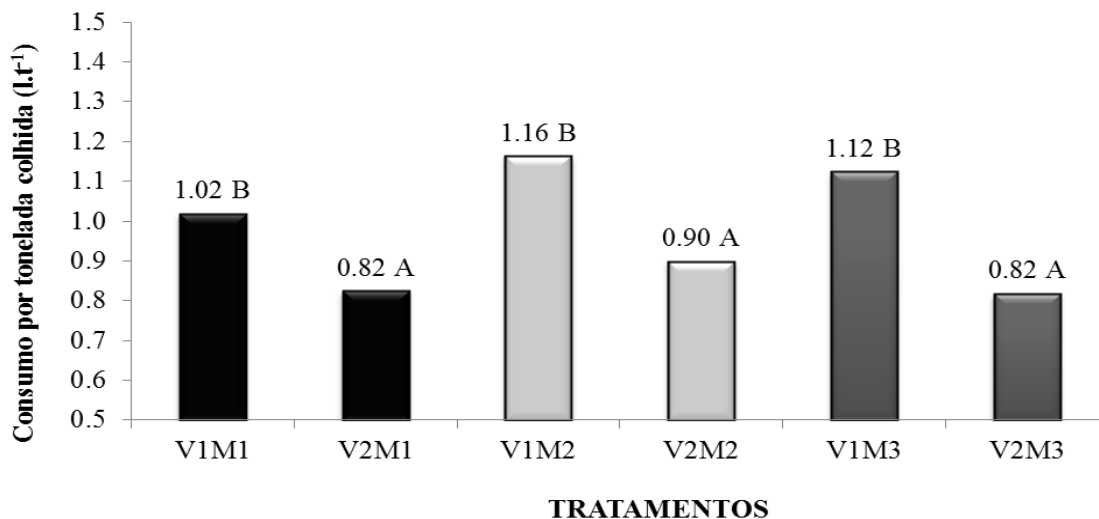


Figura 2: Média do consumo de combustível por tonelada de cana-de-açúcar colhida (L.t<sup>-1</sup>) dos tratamentos.

**CONCLUSÕES:** O consumo horário de combustível da colhedora de cana-de-açúcar variou de acordo com a rotação do seu motor e da sua velocidade de deslocamento, aumentando à medida que se aumentou a rotação ou a velocidade. Quanto maior a velocidade de deslocamento da colhedora, menor foi o consumo de combustível tonelada de cana-de-açúcar colhida.

## REFERÊNCIAS

- BELARDO, G. C. Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) sem queima. 2010. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.
- CARVALHO FILHO, S. M. Colheita mecanizada: desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- GIACHINI, C. F. Desempenho operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) em função dos turnos de trabalho. 2012. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.
- LYRA, G. A. de. Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação do motor. 2012. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.
- MONTEIRO, L. A. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo. 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- NERY, M. S. Desempenhos operacional e econômico de uma colhedora em cana crua. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- NEVES, P. T. Manutenção produtiva total: estudo de caso na colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). 2011. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 333 p.
- SCHMIDT JUNIOR, J. C. Avaliação do desempenho efetivo de colhedora de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*). 2011. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- TOMAZELA, M.; DANIEL, L.A.; FERREIRA, J.C. Administração limpa e enxuta em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 358-366, mar./abr. 2010.