

## DEMANDA ENERGÉTICA DA COLHEDORA DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

MURILO APARECIDO VOLTARELLI<sup>1</sup>, CARLA S. STRINI PAIXÃO<sup>2</sup>, TIAGO DE OLIVEIRA TAVARES<sup>3</sup>, ANTÔNIO TASSIO S. ORMOND<sup>4</sup>, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Prof. Dr., Máquinas e Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, (+55) 31 3829-2729, murilo\_voltarelli@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutoranda em Agronomia, Máquinas e Mecanização Agrícola, Univ Estadual Paulista, (+55) 16 3209-7283, ca\_paixao@live.com.com

<sup>3</sup> Mestrando em Agronomia, Máquinas e Mecanização Agrícola, Univ Estadual Paulista, (+55) 16 3209-7283, tiagoolitavares@hotmail.com

<sup>4</sup> Doutorando em Agronomia, Máquinas e Mecanização Agrícola, Univ Estadual Paulista, (+55) 16 3209-7283, tassiormond@gmail.com

<sup>5</sup> Prof. Dr., Máquinas e Mecanização Agrícola, Univ Estadual Paulista, (+55) 16 3209-7283, rouverson@fcav.unesp.br

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O monitoramento da demanda energética das colhedoras de cana-de-açúcar ao longo da colheita de mudas torna-se essencial para garantir o seu funcionamento e também para verificar o nível de sustentabilidade do sistema produtivo. Neste sentido, objetivou-se avaliar a demanda energética de uma colhedora de mudas de cana-de-açúcar ao longo da colheita. O delineamento experimental utilizado foi baseado na lógica do controle estatístico de qualidade, para o acompanhamento das variáveis ao longo do tempo da operação. Foram coletados um total 50 pontos amostrais, em dois dias de monitoramento da colhedora. Os indicadores de qualidade do desempenho do motor da colhedora foram: velocidade, consumo horário de combustível, potência efetiva e o consumo específico de energia. Na maior velocidade de trabalho ocorre o maior consumo específico de energia. O consumo horário de combustível, potência efetiva e o consumo específico de energia apresentaram instabilidade do processo de colheita de mudas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia na agricultura, Máquinas agrícolas, Cartas de controle.

## ENERGY DEMAND OF THE SUGARCANE HARVESTER BUDS

**ABSTRACT:** Monitoring the energy demand of harvesters sugarcane along the buds crop becomes essential to ensure its operation and also to check the level of sustainability of production systems. In this sense, we aimed to evaluate the energy demand of a harvester sugarcane buds along the harvest. The experimental design was based on the logic of statistical quality control, to monitor the variables over time of the operation. Total one were collected 50 sample points in two days monitoring the harvester. Engine performance quality indicators of the harvester were: speed, fuel consumption per hour, effective power and specific energy consumption. Mostly working speed is the highest specific energy consumption. The hourly fuel consumption, effective power and the specific energy consumption showed instability buds harvesting process.

**KEYWORDS:** Agriculture energy, Agricultural machinery, Control charts.

**INTRODUÇÃO:** Dentre as etapas mais importantes dentro do ciclo de produção da cana-de-açúcar, destaca-se a colheita mecanizada de mudas, pois, se a relação máquina-solo-planta-mão de obra não estiver em equilíbrio, à qualidade da operação, bem como a longevidade do viveiro de mudas, sua produtividade e a qualidade do plantio serão comprometidas (SUZUKI et al., 2007). Neste sentido, para tornar esta operação mais sustentável o monitoramento da demanda de energia da colheita mecanizada de mudas torna-se fundamental, uma vez que reflete como o gerenciamento da operação vem sendo realizado, podendo inferir nas tomadas de decisões para tornar o sistema mais eficaz se necessário.

Pressupondo que a demanda de energia da colheita mecanizada de mudas de cana-de-açúcar seja influenciada durante a operação, objetivou-se neste trabalho avaliar a demanda energética de uma colhedora de mudas de cana-de-açúcar ao longo da colheita, por meio do controle estatístico de processo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado em área agrícola de uma usina de cana-de-açúcar, na região do Triângulo Mineiro – MG, Brasil, nas proximidades das coordenadas geodésicas: latitude 20°01' S e longitude 48°56' W, com altitude média de 516 metros. A declividade média da área agrícola da unidade produtora, onde foi realizado o ensaio, era de 5%, sendo que o clima predominante é Aw, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área colhida possuía classificação textural como média, apresentando 65% de areia, 11% de silte e 24% de argila.

O porte do canavial foi avaliado, utilizando-se de um triângulo retângulo padrão, de acordo com a metodologia proposta por Ripoli (1996), na qual foram determinados 25; 39 e 36% de colmos deitados, acamados e eretos, respectivamente. A variedade colhida foi a RB85-5453, estando no segundo corte. A produtividade média da área colhida ao longo do monitoramento da colhedora foi de 90,91 Mg ha<sup>-1</sup>.

A colhedora utilizada possuía as seguintes características técnicas: motor 6090T PowerTech (Tier III), com 9,0 litros, de 251 kW (342 cv), com quatro válvulas por cilindro, sendo equipada com o sistema *Field Cruise*, de controle de rotação do motor e rodados de esteiras com bitola de 1,88 m. Esta colhedora não possuía o sistema automático de direcionamento (piloto automático) durante a operação. A máquina colhe somente uma fileira de plantio, no espaçamento de 1,50 m. Esta colhedora possuía o tempo de uso de 2 anos, com diferentes quantidades de hora-motor (2700 h) e hora elevador (2240) trabalhadas.

O delineamento experimental foi realizado em faixas, baseado na metodologia do controle estatístico de processo, ao longo de dois turnos diurnos (dois dias) com uma jornada de trabalho de 8 horas (7h às 15h40 min), totalizando 50 pontos amostrais, sendo coletados 25 pontos por dia ou por turno a cada 19 minutos aproximadamente. As variáveis ou indicadores de qualidade avaliados foram: velocidade de trabalho, consumo horário de combustível, potência efetiva e o consumo específico de energia por unidade de área. A velocidade e o consumo horário de combustível foram coletadas pelos valores no monitor de coluna frontal, dentro da colhedora, na qual são quantificados por meio de sensores específicos instalados na máquina. A estimativa da potência efetiva foi calculada de acordo com Mialhe (1974). Por fim, o consumo específico de energia por unidade de área foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Seki et al. (2009). A capacidade de campo efetiva foi caracterizada de acordo com Mialhe (1974). A caracterização da capacidade de campo efetiva foi de 0,21 ha h<sup>-1</sup>.

Os resultados foram avaliados por meio do controle estatístico de processo, utilizando as cartas de controle do tipo I (valores individuais), que possui linha central (média geral), bem como os limites superior e inferior de controle, definidos como LSC e LIC, calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio, quando maior que zero) (MONTGOMERY, 2009). Independentes da suposição de normalidade dos dados às cartas de controle foram elaboradas para o monitoramento do processo, sendo a análise e o conhecimento do processo essencial para a tomada de decisão (MONTGOMERY, 2009).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A velocidade de colheita apresentou estabilidade do processo ao longo dos turnos da jornada de trabalho durante a colheita mecanizada de mudas de cana-de-açúcar (Figura 1). Nota-se ainda que a variação da velocidade ao longo da colheita foi de aproximadamente de 1,5 km h<sup>-1</sup>, situação que não foi suficiente para tornar o processo não aleatório, portanto, quanto maior a homogeneidade da velocidade de colheita de mudas, melhor poderá ser o desempenho e qualidade realizada pela máquina.

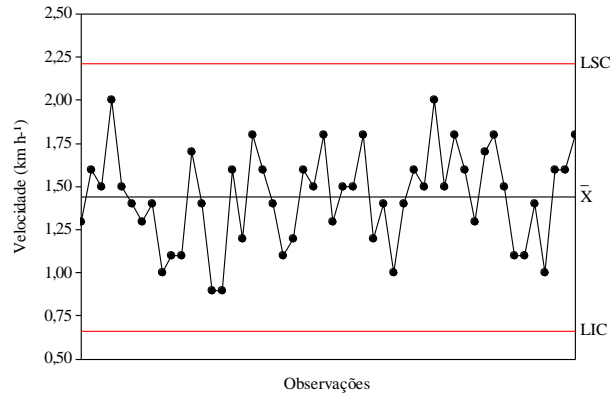


FIGURA 1. Cartas de controle para velocidade da colheita de mudas de cana-de-açúcar.

O consumo horário de combustível apresentou instabilidade do processo ao longo da colheita mecanizada de mudas de cana-de-açúcar (Figura 2), ou seja, existem causas não aleatórias influenciando a operação. Neste sentido, a possível explicação pode ser em virtude da maior quantidade de matéria prima no interior da máquina, que aumentou a demanda de potência do motor da colhedora nestes pontos fora do limite superior de controle, para que a mesma pudesse desempenhar sua função sem haver paradas técnicas.

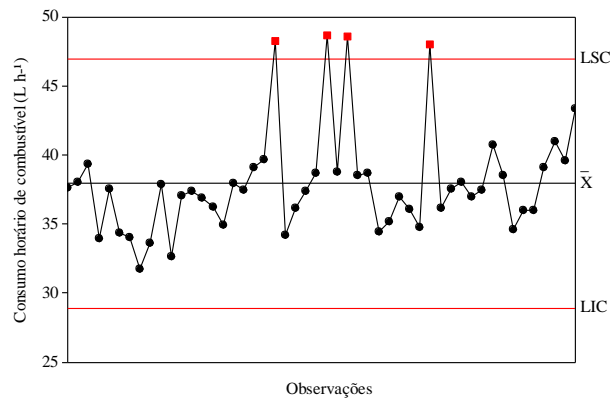


FIGURA 2. Cartas de controle para o consumo horário de combustível da colheita de mudas de cana-de-açúcar.

Por outro lado, a potência efetiva apresentou instabilidade do processo podendo ser verificado pelos pontos que extrapolaram o limite superior de controle (Figura 3). Esta situação é decorrente do consumo horário de combustível, uma vez que a maior potência exigida na operação pode ser associada ao aumento do fluxo de material vegetal no interior da máquina.

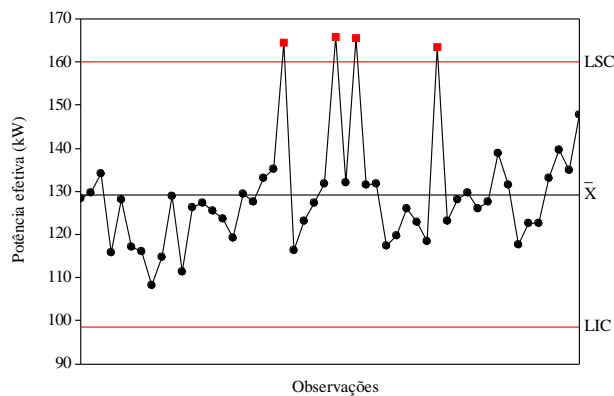


FIGURA 3. Cartas de controle para a potência efetiva da colheita de mudas de cana-de-açúcar.

Ressalta-se ainda que a maior parte da potência efetiva ficou abaixo da média com aproximadamente 60% dos pontos amostrais, situação esta que pode diminuir o consumo de combustível durante a operação, refletindo na maior sustentabilidade da colheita de mudas, portanto, valores próximos ou abaixo da média são satisfatórios para manter o processo dentro dos padrões de qualidade estipulados pela Unidade Produtora.

O consumo específico de energia por unidade de área apresentou estabilidade do processo ao longo da colheita mecanizada de mudas de cana-de-açúcar (Figura 4), podendo esta situação ser favorável à operação, em virtude de o processo possuir somente causas aleatórias atuantes durante a colheita.

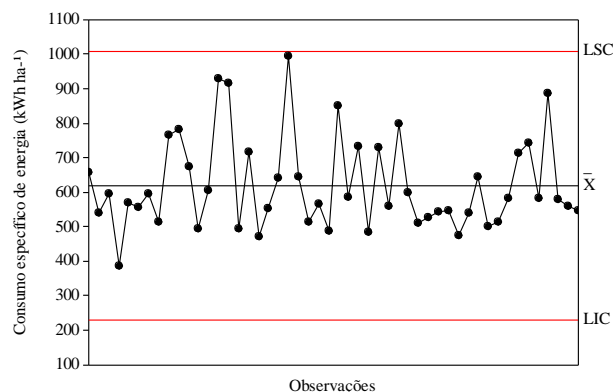


FIGURA 4. Cartas de controle para o consumo específico de energia na colheita de mudas de cana-de-açúcar.

Voltarelli (2013) ao avaliar a qualidade de processos agrícolas mecanizados em cana-de-açúcar, relata que a estabilidade de um indicador de qualidade pode representar de maneira satisfatória o desempenho da operação ou de um serviço realizado, porém o conhecimento e a correta interpretação para cada situação tornam-se fundamentais para um gerenciamento eficaz da operação, para assim torna-la sustentável e dentro dos padrões de qualidade exigidos pela Unidade produtora. Esta situação pode ser semelhante ao estudo do presente trabalho, uma vez que o monitoramento da operação tem por finalidade treinar e determinar possíveis falhas no decorrer da operação, caso o processo apresentasse causas não aleatórias.

**CONCLUSÕES:** Na maior velocidade de trabalho ocorre o maior consumo específico de energia e, conseqüentemente, a maior demanda de energia. O consumo horário de combustível, potência efetiva e o consumo específico de energia apresentaram instabilidade do processo de colheita de mudas.

## REFERÊNCIAS

- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronomica Ceres, 1974. 301 p.
- MONTGOMERY, D. C. **Control charts for variables**. In: MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. Arizona: Wiley, 2009. v.6, p. 226-268.
- RIPOLI, T. C. C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996 p 635-73.
- SEKI, A. S.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. A.; YANO, E. H.; MELLO, L. M. M. Demanda energética nas operações mecanizadas na silagem de milho no sistema de “silo bag”. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n.3, p.424-430, 2009.
- SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; LIMA, C.L.R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p.1159-1167, 2007.
- VOLTARELLI, M. A. **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno**. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.