

ASSOCIAÇÃO RANIERI DE EDUCAÇÃO E CULTURA
FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU – FIB
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PAULO CÉSAR FIRMINO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E OPERACIONAL DE UM
TRATOR DURANTE O TRANSBORDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

BAURU – SP

2022

PAULO CÉSAR FIRMINO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E OPERACIONAL DE UM
TRATOR DURANTE O TRANSBORDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia como requisito para obtenção do título de bacharel em Agronomia das Faculdades Integradas de Bauru – FIB.

Orientador: Prof. Arthur Gabriel Caldas Lopes

BAURU – SP

2022

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E OPERACIONAL DE UM TRATOR DURANTE O TRANSBORDO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Paulo César Firmino¹; Arthur Gabriel Caldas Lopes²;

¹Aluno do curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru – FIB – pc.firmino@hotmail.com;

²Professor do curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru – FIB – arthur.lopes@fibbauru.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi comparar o desempenho energético e operacional na atividade de transbordo de cana-de-açúcar em diferentes grupos de marchas com a finalidade de identificar qual delas apresenta o melhor desempenho funcional e maior economia de combustível. Os parâmetros avaliados foram, consumo de combustível por tonelada transportada ($L t^{-1}$); consumo de combustível ($L ha^{-1}$), eficiência na operação de transbordo (Eot) e custo da operação ($R\$ ha^{-1}$). Os dados foram coletados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$) onde verificaram-se diferenças significativas entre os tratamentos. Foi possível concluir que ao utilizar uma marcha mais longa (C2) durante a operação de transbordo em solo plano houve uma redução significativa no consumo de combustível, bem como a otimização da operação trator transbordo.

Palavras-chave: Consumo de combustível, escalonamento de marchas, otimização, produtividade e *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar).

ABSTRACT

This study aimed to compare the fuel consumption of an agricultural tractor in the sugarcane transshipment activity in different groups of gears in order to identify which one has the best functional performance and greater fuel economy. This is an experimental, exploratory research with a quantitative-qualitative approach. The parameters evaluated were: fuel consumption per ton transported ($L t^{-1}$); fuel consumption per hectare worked ($L ha^{-1}$) and efficiency in the transshipment operation (Eot). The means were compared by Tukey's test ($p > 0.05$) where efficient results were verified in T4 when using the C2 gait. It was possible to conclude that when using a longer gear during the transshipment operation on flat ground there was a significant reduction in fuel consumption, as well as the optimization of the operation and the equipment.

Keywords: Fuel consumption, gear scaling, optimization, productivity and *Saccharum officinarum* (sugar cane)

INTRODUÇÃO

Atualmente a eficiência nas operações de campo e o aumento na produtividade das culturas são possíveis com o uso de máquinas e equipamentos agrícolas. Essa intensificação de atividades mecanizadas na agricultura acarretou maiores gastos energéticos nas

propriedades rurais, principalmente no consumo de combustível dos tratores agrícolas (ANTUNIASSI, BAIIO e SHARP, 2007).

O desenvolvimento da agricultura atual está diretamente ligado à intensificação de atividades mecanizadas no campo e do uso de novas tecnologias de precisão voltadas para a agricultura, sendo o trator agrícola um dos fatores de maior importância, responsável por transformar energia química contida nos combustíveis, em energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas agrícolas e fornecer torque na tomada de potência (TDP) para acionar equipamentos.

Uma das formas de reduzir o custo de combustível é operar racionalmente as máquinas, em regimes de rotação baixos e maior controle do trator agrícola. Na cultura da cana-de-açúcar essa redução pode tornar-se significativa quando ajustados os tratores de transbordo para regimes de trabalho em marchas e rotações adequadas, o que corresponde até 15% a menos no custo das operações (MOLIN, 2004).

A agricultura nos últimos anos vem sofrendo pressões para a modificação de técnicas, visando aumento da produtividade, redução dos custos de produção aliados ao equilíbrio ambiental. Um grande avanço tecnológico para a produção da cultura da cana-de-açúcar foi a substituição do sistema de colheita manual para o sistema mecanizado. A colheita mecanizada passa a suprir a escassez de mão de obra para o corte manual, além de possibilitar maior rendimento na colheita e menor agressão ao ambiente, por evitar a queima da palha, prática realizada anteriormente à colheita manual (GIACHINI, 2016).

O combustível óleo diesel é a principal fonte de energia das máquinas agrícolas, no entanto, o aumento dos preços desse recurso tem preocupado produtores, sendo necessários estudos que apontem alternativas para minimizar esses custos nas operações agrícolas.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

O agronegócio é um setor importante para a economia nacional e todas as suas atividades precisam de um bom gerenciamento, pois é essencial reduzir custos constantemente para aumentar a lucratividade. Um dos principais itens que compõe o custo de produção é o consumo de combustível, podendo chegar a 45% do custo de um equipamento agrícola, tornando-se necessário maior gerenciamento dos fatores que afetam o mesmo. (SILVA, 2008).

A eficiência nas operações de campo e o aumento na produtividade das culturas são possíveis com o uso de máquinas e equipamentos agrícolas. Essa intensificação de atividades

mecanizadas na agricultura acarretou em maiores gastos energéticos nas propriedades rurais principalmente no consumo de combustível dos tratores agrícolas (GIACHINI, 2016).

Dentre os fatores que afetam a eficiência de equipamentos agrícolas pode-se destacar o equilíbrio operacional, tipo de pneu, pressão nos pneus, tipo de solo e tipo de cultura anterior, além do equipamento utilizado. Uma das principais preocupações em relação ao consumo de combustível é a questão ambiental, pois a queima de combustíveis fósseis é fonte de gases que contribuem negativamente com aquecimento global. Considerando tais fatores, é necessário avaliar a qualidade da operação na cultura da cana-de-açúcar, empregando o consumo de combustível das operações agrícolas como um indicador de qualidade (MONTANHA et al., 2012).

1.1 Importância do setor sucroalcooleiro no Brasil

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável pela produção de 654,5 milhões de toneladas, sendo 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol, valores obtidos na safra 2020/21 (NACHILUK, 2021).

1.2 Mecanização Agrícola e consumo energético

A expansão das lavouras de cana-de-açúcar no Brasil é um dos fatores que mais favorece a utilização e, principalmente, o desenvolvimento do sistema de colheita mecanizada. Os prejuízos que o uso irracional do maquinário agrícola traz ao ambiente são conhecidos, por isso, a tendência mundial está direcionada ao uso de sistemas conservacionistas na agricultura mecanizada, com uma alternativa de minimizar os danos ao solo, atmosfera, plantas e ao próprio homem (FERNANDES et al., 2020).

O consumo de combustível do trator representa índices elevados nas operações agrícolas. Desta forma, é necessário que se faça a adequação e relação de vários fatores como: trator, equipamento, preparação de solo e também o treinamento do operador, objetivando otimizar o desempenho das máquinas e a redução do consumo energético (MONTANHA et al., 2012).

Para Mialhe (1991), a partir da identificação da quantidade de combustível consumido é possível avaliar o rendimento do motor do trator agrícola, bem como o seu desempenho enquanto máquina térmica conversora de energia. Portanto, a identificação dos parâmetros de

consumo energético torna-se indicadores indispensáveis para verificação do custo operacional mecanizado, facilitando assim a tomada de decisão quanto a forma de executar operações agrícolas específicas (FERNANDES et al., 2008).

Os tratores agrícolas atuais são energeticamente mais eficientes e menos poluentes desde que estejam adequados a operação em curso. Caso o conjunto trator-implemento-solo (TIS) esteja mal equilibrado, haverá redução da eficiência operacional, aumento no consumo de combustível, incremento dos custos de manutenção, desgaste prematuro dos pneus entre outros efeitos na operação agrícola (FERNANDES et al., 2020).

1.3 Escalonamento de Marchas

O escalonamento de marchas é a relação existente entre a velocidade e a rotação do motor, sendo que cada operação exige uma velocidade de trabalho para garantir a qualidade da operação. A partir da correta escolha pelo operador do trator é possível economizar combustível, visto que algumas atividades não requerem máxima potência do trator (GRISSO et al., 2010.)

Ao operar o trator em terrenos mais leves a demanda de potência é menor, desta forma é possível utilizar uma marcha mais alongada, tendo como resultado uma economia do combustível. Ao selecionar a marcha adequada nos tratores agrícolas é possível obter resultados positivos e satisfatórios tanto para a eficiência na produtividade quanto na economia de combustível consumido (SCHLOSSER, 1997).

Alonço et al. (2016) enfatizam a importância da tomada de decisão do operador do trator ao realizar uma operação específica, visto que a mesma acontece a partir da velocidade ideal adquirida com a relação da rotação do motor e a marcha de trabalho, sendo que a economia no consumo de combustível é significativa quando há uma redução na rotação do motor associada a utilização de uma marcha mais longa.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi comparar o desempenho energético e operacional na atividade de transbordo de cana-de-açúcar em diferentes grupos de marchas com a finalidade de identificar qual delas apresenta o melhor desempenho funcional e maior economia de combustível

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período entre os dias 14 a 25 de setembro de 2021 em área destinada à produção de cana-de-açúcar da Fazenda São José, no município de Pirajuí,

localizado na região Centro Oeste do estado de São Paulo. A área em questão pertence ao grupo Ipiranga Agroindustrial S/A, com sede localizada no município de Iacanga-SP.

O canalial avaliado foi da variedade RB 86-7515, caracterizada como sendo de porte ereto, com espaçamento de plantio entre linhas de 1,5 m, sendo de terceiro corte com produção estimada em 50 toneladas ha⁻¹.

Foi utilizado um trator John Deere, modelo 7200J, com tração 4x2 TDA de 147 kW de potência, com injeção direta, transmissão AutoQuad™, equipado com pneus radiais da marca Michelin com medidas 710/70 R38 na traseira e 600/65 R 28 na dianteira, espaçados em 3,0 m afim de evitar o pisoteio das soqueiras. O trator estava equipado com antena SF6000 e monitor GS3 para o devido acompanhamento e posicionamento do conjunto durante a operação, além de um monitor de coluna integrado responsável por informar a velocidade da operação, rotações por minuto do motor, marcha selecionada, além de informações de demais componentes do trator.

O trator John Deere, modelo 7200J utilizado no experimento possui no sistema de transmissão quatro grupos de marchas sendo elas : A, B, C e D cada uma contendo quatro marchas totalizando em 16 marchas. A marcha 1º A é a mais reduzida e com maior capacidade de torque, e a marcha 4º D sendo a mais veloz e com a menor capacidade de torque.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo quatro tratamentos compostos por grupos de marchas para a operação de transbordo de cana-de-açúcar, T1: marcha B3, T2: marcha B4, T3: marcha C1 e T4: marcha C2, com seis repetições por tratamento, resultando em 24 parcelas experimentais dispostas de forma aleatória.

Para os comandos do trator foi utilizada a central de controle de equipamentos CommandCenter, na qual realizam-se configurações como sistema de levante hidráulico, acionamento da tomada de potência, aceleração do conjunto e troca de marchas (Figura 1).

Figura 1. Central de controle de equipamentos. (em anexo, pagina 17)

Foi acoplado à barra de tração do trator uma carreta transbordo da marca TMA, modelo VTX 5022 com dimensões em milímetros de 3740 x 9810 x 3955 para largura, comprimento e altura, respectivamente, equipado com circuitos elétrico, hidráulico e pneumático responsáveis por realizar a movimentação do transbordo durante a carga e descarga. O

transbordo tem bitola ajustável entre 2400 e 3000 mm, com capacidade volumétrica de 49,55 m³ e capacidade máxima de carga de 23000 kg (Figura 2).

Figura 2. Conjunto trator-transbordo utilizado no experimento, (em anexo, pagina 17).

Foram coletados neste experimento os seguintes dados: consumo de combustível (L h⁻¹), tempo de carregamento do transbordo (minutos), distância de carregamento (metros) e o horário de início e fim do percurso de carregamento para os diferentes grupos de marchas mantendo a mesma velocidade de 5,5 km/h.

Todos os dados foram coletados a partir dos carregamentos realizados, sendo que para cada grupo de marcha foram estipulados seis carregamentos, que compuseram as repetições.

As coletas de rotações por minuto do motor e consumo de combustível, foram realizadas a partir de leitura direta no monitor do trator, as leituras foram realizadas a cada 10 segundos e os dados armazenados em planilha do software Excel. Os dados de tempo foram coletados com cronômetro digital enquanto a distância percorrida foi fixada em 1821 m, sendo este o comprimento de cada parcela.

Após coleta dos dados foram realizados cálculos para definir os parâmetros de avaliação da operação, sendo estes, eficiência da operação de transbordo, consumo de combustível pela área trabalhada, consumo de combustível por tonelada transportada e custo com combustível por área trabalhada.

Para determinar o consumo de combustível por área trabalhada (L ha⁻¹) e por tonelada colhida foram utilizadas as Equações 1 e 2 proposta por Mialhe (1974).

$$Cca = \frac{Ch}{Cce} \quad (1)$$

Sendo,

Cca = consumo por área (L ha⁻¹),

Ch = consumo horário (L h⁻¹),

Cce = capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹).

$$Ct = \frac{Cca}{P} \quad (2)$$

Sendo,

Ct = consumo por tonelada (L t⁻¹),

Cca = consumo por área (L ha⁻¹),

P = produtividade estimada do canavial.

Para determinação da eficiência da operação de transbordo (Eot), foi utilizada a Equação 3 proposta por Mialhe (1974).

$$Eot = \frac{Tc}{Tt} \times 100$$

Sendo,

Eot = eficiência da operação de transbordo (%),

Tc = tempo de carregamento (h),

Tt = tempo total (h).

Para determinação do custo de combustível por área trabalhada foi utilizada a Equação 4 proposta por Mialhe (1974).

$$C = Cca \times Pc \tag{4}$$

Sendo,

C = custo de combustível por área (R\$ ha⁻¹),

Cca = consumo por área (L ha⁻¹),

Pc = preço do combustível (R\$).

O preço do combustível foi determinado para o período em que o experimento foi realizado de acordo com a tabela de preços para a região disponibilizado pela agência nacional do petróleo (ANP, 2022).

Os dados coletados foram analisados com auxílio do software estatístico Agroestat (Barbosa e Maldonado, 2010) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados para consumo por área trabalhada, consumo por tonelada transportada, eficiência na operação de transbordo e custo com óleo diesel durante a operação.

Tabela 1. Consumo de combustível por tonelada transportada (L t⁻¹), Consumo de combustível por hectare trabalhado (L ha⁻¹) e Custos (R\$ ha⁻¹).

Tratamentos	Variáveis			
	L ha ⁻¹	L t ⁻¹	Eot (%)	Custo (R\$ ha ⁻¹)
T1	9,9 d	0,17 d	80,7	42,1
T2	8,5 b	0,14 b	81,5	36,1
T3	8,7 c	0,15 c	85,2	37,0
T4	7,2 a	0,12 a	86,9	30,6
DMS	0,13	0,002	10,5	-
CV (%)	0,94	0,94	7,74	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna representam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS: diferença mínima significativa. CV (%): coeficiente de variação.

Diante dos dados expostos na Tabela 1 é possível verificar que ao utilizar a marcha B3, os resultados encontrados mostram que o consumo de combustível foi maior em todos os parâmetros em relação à utilização das outras marchas. Seguindo esse mesmo raciocínio, a marcha B4 também resultou em um menor consumo em relação a marcha subsequente C1, e maior comparado com a C2.

O T4,(C2) apresentou os melhores resultados em três dos quatro indicadores analisados. Percebe-se que para todos os tratamentos do experimento houve diferenças significativas nos quatro modos de transmissão avaliados.

Essa avaliação foi realizada em uma área considerada em terrenos com baixos declives com plantio em nível, vale a pena ressaltar que ao trabalhar em terrenos mais acidentados exige uma maior necessidade de torque, porém deve-se utilizar mais pesadas.

Kim, Chung e Choi (2013) reafirmam que a seleção de marchas durante os procedimentos agrícolas influencia a quantidade de combustível que é consumida durante a operação. Essa informação corrobora os dados obtidos na tabela 1, que confirmam que a utilização da marcha mais longa (C2) é capaz de manter o desempenho operacional sendo mais econômica do que os demais escalonamentos.

Indo ao encontro dos resultados obtidos, Alonço et al., (2016) em sua pesquisa expõe que o consumo de combustível é maior quando a rotação do motor é aumentada. Da mesma forma, Neujahr e Schlosser (2001), ao realizarem estudos nessa área verificaram que há um efeito crescente no volume de consumo de combustível à medida que a força de tração é aumentada.

Considerando os grupamentos de marchas, houve comportamento semelhante dentre as variáveis analisadas, exceto pela eficiência da operação, sendo que no T4 obteve-se uma diminuição no consumo de combustível por hectare trabalhado, apresentando uma diferença de 37,5% em relação ao T1 que se demonstrou a opção menos eficiente para a operação.

Comparando o T4 com T3 e T2, diferenças consideráveis foram observadas. De forma que ocorreu um aumento no consumo de combustível por toneladas de 20,8 e 13,4% entre os escalonamentos de marchas. Em relação ao consumo de combustível por tonelada transportada ocorreu o mesmo comportamento dos dados que a variável consumo por hectare trabalhado, pelo fato que as marchas B3, B4 e C1 apresentaram consumo entre 16 e 41% superiores a marcha C2.

O funcionamento do trator se dá a partir da correlação da velocidade do trabalho e da força de tração, sendo esses parâmetros definidos pela rotação do motor e pela transmissão da caixa de marchas, onde as mais variadas combinações entre eles resultam na potência adequada para operações específicas (ALONÇO et al., 2014). São essas estratégias de condução entre a escolha de uma marcha mais longa e a diminuição de rotação de motor que garantem a economia de combustível e eficiência na operação (PARK et al., 2010).

A variável eficiência na operação de transbordo foi a única que não diferiu significativamente entre os tratamentos, devido ao fato que a velocidade de operação foi constante em todos os tratamentos, portanto, a capacidade de campo efetiva não foi alterada e nenhum dos tratamentos apresentou eficiência de tempo distinta em relação aos demais.

A justificativa para esse feito se dá pela utilização da marcha C2 no T4, caracterizada como uma marcha longa que exige uma aceleração reduzida, apresentando assim um menor consumo tanto para carga transportada, quanto para o deslocamento e também na eficiência da operação transbordo.

A partir desses resultados é possível comprovar que o modo como o trator é conduzido tem efeito direto no consumo energético dispendido. Diante disso, ressalta-se a importância de utilização racional da máquina focando em produtividade e economia.

Ao analisar o custo de combustível por hectare trabalhado é possível verificar que ao utilizar a marcha B3 na operação transbordo o valor gasto com combustível foi de 42,1 R\$ ha⁻¹, sendo que esse índice foi reduzindo a medida que o escalonamento de marchas alongadas foi empregado.

Isso se explica, pois, quanto mais longa a marcha, menor a aceleração necessária para a realização de uma operação agrícola específica e, conseqüentemente, o consumo de combustível foi reduzido, tornando o custo operacional menor.

Hansson et al. (2003) reforça que o consumo de combustível pode sofrer alteração em seus valores, dependendo da marcha selecionada. Márquez (2012) enfatiza que o sistema de Transmissão de Potência garante os elementos operacionais necessários quanto à rotação do motor e torque adequado para a realização de determinada operação, priorizando a economia de combustível e desempenho eficaz do trabalho proposto.

O mesmo autor supracitado ainda ressalta que a diversidade de marchas no trator e o escalonamento das mesmas é indispensável para a manutenção do sistema de transmissão de potência.

Ao utilizar a marcha B4 (T2) o custo com combustível foi de 36,1 R\$ ha⁻¹, enquanto que ao utilizar a marcha C1 no (T3) esse custo foi aumentado para 37 R\$ ha⁻¹. Essa elevação de valor justifica-se pelo posicionamento intermediário da marcha C1 entre as marchas B4 e C2, ambas mais alongadas quando comparadas à que foi citada anteriormente.

Por fim, ao analisar a utilização da marcha C2 (T4) observou-se que essa foi a mais eficiente em economia de combustível quando comparada com os outros tratamentos, apresentando o valor equivalente a 30,6 R\$ ha⁻¹. Diante disso, foi possível concluir que ao utilizar a marcha longa C2 (T4) o custo com consumo de combustível foi reduzido em aproximadamente 5,85 R\$ ha⁻¹ quando calculado a partir da média total entre os tratamentos aplicados nesse experimento.

Esses valores foram mensurados considerando apenas o custo operacional, obtido por meio da razão entre o custo horário e a capacidade de trabalho, definida pela produção efetiva em campo, sendo no caso específico da colheita da cana-de-açúcar, a matéria prima.

O gasto de combustível pode ser quantificado a partir da área útil trabalhada determinada a partir da capacidade de campo efetiva e o consumo operacional do combustível, sendo esse processo conhecido como consumo operacional (L ha⁻¹) (MIALHE, 1991). O mesmo autor ainda discorre sobre outra forma de mensurar o consumo de combustível, sendo esse quantificado a partir de parâmetros volumétricos correlacionando o tempo e o trabalho desenvolvido (L h⁻¹).

Ainda nesse contexto, confirma-se a afirmativa de que existe uma relação inversa entre o consumo de combustível e a carga imposta ao trator. Hansson et al. (2003), reforça que as cargas temporárias impostas para uma máquina têm efeito predominante sobre o consumo energético. Essa informação é corroborada por Lyne, Burt e Meiring. (1984) que explana que a otimização do motor resulta em eficiência da tração, adequação na potência e redução do combustível consumido.

Ao se tratar de velocidade de deslocamento, foi possível verificar que ao utilizar a marcha C2 (T4) o tempo em que a distância média foi percorrida foi menor, bem como o consumo de combustível pelo motor. Lopes et al. (2003) apresentou em seu estudo comportamento similar, onde demonstrou que o fator marcha influenciou significativamente o consumo específico, de forma que o mesmo foi reduzido a medida que a velocidade era aumentada.

Monteiro (2011) define “a importância de uma transmissão, e consideram que esta pode representar cerca de 25 a 30% do custo total do trator”. Dados probatórios dessa

informação são encontrados na Tabela 1, que apresentou custos reduzidos de combustível consumido por hectares trabalhados no T4. Tais resultados correlacionam-se diretamente com os resultados de consumo.

Esse autor em seu estudo apontou dados que confirmam a utilização da marcha longa e aceleração reduzida como forma de redução do combustível em operações agrícolas e enfatiza que o modo como a máquina é conduzida é um fator importante para obter resultados positivos na economia. Em conclusão, esse mesmo autor recomenda essa estratégia como promissora, apresentando valores de economia equivalentes à 29,39% de óleo diesel.

Segundo o Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas – PECEGE (2012), o custo operacional referente a colheita de cana-de açúcar representa R\$ 20,25 t⁻¹ equivalendo a cerca de 40% da despesa total na produção. Em pesquisa realizada por Milan e Rosa (2015) os autores constataram que o custo total do sistema de colheita representa 46% do consumo de combustível, sendo que 23% desse valor correspondem à operação transbordo.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados é evidenciado que a forma como o trator agrícola é conduzido tem efeito direto no consumo energético.

Utilizando o grupo de marchas C2 durante a operação de transbordo, houve uma redução significativa no consumo de combustível, bem como a otimização da operação, do equipamento e a redução do custo de combustíveis, sendo mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEL. **Sistema de Levantamento de Preços**. Brasília, DF: ANP, 2022.

ALONÇO, P.B. et al. **Análise do escalonamento de marchas das caixas de câmbio em tratores agrícolas**. XLV CONBEA 2016. Florianópolis, SC. Disponível em: <<https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2016/livros-2016/mma-maquinas-e-mecanizacao-agricola-3/1429-analise-do-escalonamento-de-marchas-das-caixas-de-cambio-em-tratores-agricolas/file>> Acesso em: 25/08/2022

ANTUNIASSI, U. R., BAILO, F. H. R., SHARP, T. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: ABRAPA, 2007. 934 p

CORREIA, L.N. **Otimização de manobras de transbordos na colheita mecanizada de cana-de-açúcar por meio de programa computacional**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. 2019. Jaboticabal, Sp. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/235747/corr%C3%AAa_ls_me_jabo.pdf?sequence=3> Acesso em: 29/07/2022

FERNANDES, H.C; SILVA, A. C.; RODRÍGUEZ, Y. M. T. Qual o consumo de combustível mais econômico em operações agrícolas. **Revista Cultivar Máquinas**, ed 147, v 6. 2020. Disponível em: < <https://revistacultivar.com.br/artigos/qual-o-consumo-de-combustivel-mais-economico-em-operacoes-agricolas>> Acesso em: 19/08/2022

GIACHINI, C. F.; RAMOS, C. R. G.; LYRA, G. A.; GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Consumo de combustível e perdas de cana-de-açúcar durante a colheita diurna e noturna. **Revista Energia na Agricultura**, vol. 31, n.1, p.10-16, janeiro-março, 2016. Botucatu, Sp. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/864/pdf_71> Acesso em: 12/08/2022

GRISSE, R.; PITMAN, R.; PERUMPRAL, J.V.; ROBERSON, G.T. Gear up and Throttle down to Save Fuel. In Virginia Cooperative Extension; Virginia Tech.: Blacksburg, VA, USA, 2010; pp. 442–450. Disponível em: <<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/98873/BSE-326.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 16/10/2022

HANSSON, P. et al. *A methodology for measuring the effects of transient loads on the fuel efficiency of agricultural tractors*. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 19, n. 3, p. 251-257, 2003. Disponível em: < <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=13657>> Acesso em: 29/07/2022

KIM, Y. J.; CHUNG, S. O.; CHOI, C. H. *Effects of gear selection of an agricultural tractor on transmission and PTO load during rotary tillage*. **Soil & Tillage Research**, v. 134, p. 90-96, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198713001414>> Acesso em: 12/08/2022

LOPES, A. et al. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 382-386, jul. 2003. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/FmBW5sD3JWd8bFNjCKWqYny/?lang=pt#:~:text=Os%20resultados%20evidenciaram%20vantagens%20para,deslocamento%20reduziu%20o%20consumo%20espec%C3%ADfico.>> Acesso em: 03/08/2022

LYNE, P. W. L.; BURT, E. C.; MEIRING, P. *Effect of tire and engine parameters on efficiency. Transactions of the ASABE, Saint Joseph*, v. 27, n. 1, p. 5-11, 1984. Disponível em: < <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=32723>> Acesso em: 03/08/2022

MÁRQUEZ, L. **Tractores Agrícolas: Tecnología y Utilización**. Espanha: B&H Grupo Editorial, 2012. 844p.

MIALHE, L. G. **Gerência de sistema tratorizado versus operação otimizada de tratores**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1991. 30p.

MIALHE, L.G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301p.

MILAN, M.; ROSA, J.H.M. **Corte, transbordo e transporte (ctt): aspectos relevantes e uso da modelagem para o CTT**. In: BELARDO, G. C. et al. Processos Agrícolas e Mecanização da Cana de Açúcar. Jaboticabal: SBEA, 2015 p.415-428. Disponível em: < http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Milan/leb589/Capitulo_LivroCana.pdf> Acesso em: 13/08/2022

MOLIN, J. P. Utilização de GPS em Agricultura de Precisão. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.3, p.121-132, 2004. Disponível em: < <https://summitagro.estadao.com.br/tendencias-e-tecnologia/como-o-gps-pode-melhorar-a-productividade-do-agronegocio/>> Acesso em: 29/07/2022

MONTANHA, G.K et al. Consumo De Combustível De Um Trator Agrícola Em Função Do Tipo De Solo E Da Pressão De Inflação Nos Pneus Utilizando O Equipamento Can-Teirador. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 27, n.2, abril-junho, 2012, p.44-59. Disponível em: < <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/623/281>> Acesso em: 04/09/2022

MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético, segundo a norma OECD – Code 2 de dois tratores agrícolas 4x2 TDA com motores de 132 kW em pista de concreto e solo agrícola**. 2011. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011a. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/discover?filtertype=type&filter_relational_operator=equals&filter=Disserta%C3%A7%C3%A3o+de+mestrado> Acesso em: 07/09/2022

NEUJAHN, E. B.; SCHLOSSER, J. F. Comportamento de pneus agrícolas radiais e diagonais em relação à tração. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 180-189, mai. 2001. Disponível em: < http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Literatura/patinagem_1.pdf> Acesso em: 12/08/2022

PARK, S. H. et al. *Analysis of factors affecting fuel consumption of agricultural tractor*. *Journal of Biosystems Engineering*, v. 35, n. 3, p. 151-157, 2010b. Disponível em: < <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201022262412620.page>> Acesso em: 12/08/2022

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, jun. 2021, p. 1-5. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925>> > Acesso em: 02/10/2022

PECEGE. Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil: fechamento da safra 2016/17; 2017/18; 2018/19**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017-2019. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11153/tde-09102019-103141/pt-br.php>> Acesso em: 09/10/2022

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 Estudo “Luiz de Queiroz”, 1996. cap.13, p.635-73.

SCHLOSSER, J. F. **Máquinas agrícolas**. Departamento de Engenharia Rural. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria -RS, 1997. 220

SILVA, R.P et al. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.292-304, abr./jun. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/8wFFWF378FcwksgfxBvLrhF/?lang=pt&format=pdf#:~:text=As%20opera%C3%A7%C3%B5es%20de%20colheita%20de,a%20recep%C3%A7%C3%A3o%20da%20mat%C3%A9ria%20prima.>> Acesso em: 19/08/2022

SILVEIRA, J.C.M et al. Avaliação Da Qualidade Da Semeadura Direta Do Milho Em Função Do Aumento Da Velocidade De Deslocamento E Do Escalonamento De Marcha De Um Conjunto Trator-Semeadora-Adubadora. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 95–103, 2012. DOI: 10.13083/reveng.v20i2.240. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/219> Acesso em: 02/10/2022

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Dados de Históricos**. Disponível em: <<https://observatoriodacana.com.br>> Acesso em: 02/10/2022

SILVA, Marcos Noé Pedro da. "O Surgimento da Equação do 2º Grau "; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/o-surgimento-equacao-2-o-grau.htm>. Acesso em 02 de outubro de 2022.

ANEXOS



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.