

## **DEMANDA ENERGÉTICA DO CONJUNTO TRATOR-SEMEADORA EM FUNÇÃO DE DOIS MECANISMOS SULCADORES E QUATRO COBERTURAS DO SOLO NA REGIÃO NORDESTE**

**FRANCISCA EDCARLA DE ARAUJO NICOLAU<sup>1</sup>, CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA<sup>2</sup>, PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS<sup>3</sup>, MARCELO QUEIROZ AMORIM<sup>4</sup>, CARLOS ALESSANDRO CHIORDEROLI<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Mestranda em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, carla\_nicolau18@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Mestranda em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, cliciaraujo@hotmail.com

<sup>3</sup> Mestrando em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, paulo\_ptg@hotmail.com

<sup>4</sup> Mestrando em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, mqueirozamorim@yahoo.com

<sup>5</sup> Prof. Dr. em Ciências do solo, Universidade Federal do Ceará – UFC, ca.chiorderoli@gmail.com

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

**RESUMO:** Tendo em vista a otimização do processo de semeadura torna-se necessário avaliar o desempenho energético do conjunto trator-semeadora com diferentes mecanismos sulcadores e coberturas do solo. O trabalho teve como objetivo avaliar a demanda energética do conjunto trator-semeadora em função de dois mecanismos sulcadores e quatro coberturas do solo na Região Nordeste. O estudo foi realizado na Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4, com 4 repetições, sendo dois mecanismos sulcadores (disco e haste) e quatro coberturas do solo (crotalária, sorgo, capim mombaça e solo nú). As variáveis analisadas foram: força na barra de tração, potência, consumo horário de combustível, consumo operacional, consumo específico, resistência específica, consumo por área mobilizada e velocidade de deslocamento. De acordo com as variáveis analisadas em função dos mecanismos sulcadores as variáveis força, potência, velocidade de deslocamento, consumo específico e consumo por área mobilizada apresentaram diferença significativa, exceto consumo horário e operacional de combustível e resistência específica. As plantas de coberturas não influenciaram no desempenho energético do conjunto trator-semeadora.

**PALAVRAS-CHAVE:** Força; Potência; Consumo de combustível.

### **ENERGY DEMAND TRACTOR-SEEDER SET IN MECHANISMS OF TWO FUNCTION FURROWERS AND COVERS FOUR SOIL IN NORTHEAST REGION**

**ABSTRACT:** In view of optimization of the seeding process becomes necessary to evaluate the energy performance of the tractor-seeder combined with different furrowers and soil coverings. The study aimed to assess the energy demand of the tractor-seeder set according to two furrowers and four ground covers in Northeast Region. The study was conducted at the University Federal of Ceará, the soil of the area is classified as Red-Yellow Argisol. The experimental design was randomized blocks in factorial 2 x 4, with 4 repetitions, two furrow openers mechanisms (disc and stem) and four soil covers (sunn hemp, sorghum, Mombasa grass and bare soil). The variables analyzed were strength in the drawbar, potency, hourly consumption of fuel, operational consumption, specific consumption, specific resistance, consumption per area mobilized and displacement speed. According to the variables analyzed

depending on the mechanisms furrowers all the variables analyzed presented significant difference except hourly fuel consumption, operating consumption and specific resistance. The plants coverages not influence the energy performance of the tractor-seeder set.

**KEYWORDS:** Force; Potency; Fuel consumption.

## **INTRODUÇÃO**

Os tratores agrícolas realizam a transformação da energia química dos combustíveis em energia mecânica e transferi aos implementos por meio da barra de tração, sistema hidráulico de três pontos e tomada de potencia, configurando a principal fonte de potência no meio rural para a realização das atividades agrícolas (GABRIEL FILHO et al., 2010).

A análise da demanda energética do conjunto mecanizado trator-implemento visa identificar o requerimento de potencia nos processos mecanizados em condições reais de campo e identificar a melhor regulagem do implemento com o intuito de auxiliar na seleção do conjunto mecanizado, trabalhando de forma eficiente e reduzindo os custos (ARAÚJO et al., 2001b).

A semeadora-adubadora realiza o processo de semeadura sem o preparo prévio do solo, pois são máquinas configuradas para realizar o preparo na linha de semeadura proporcionando a mínima mobilização do solo, sendo possível realizar a semeadura após a colheita da cultura antecessora (DELMOND, 2009).

O desempenho energético e operacional dos mecanismos sulcadores pode ser alterado por diversos fatores, que segundo Siqueira e Casão Júnior (2004) destacam a forma geométrica do mecanismo sulcador, os tipos de sulcadores, as características e propriedades físicas do solo como, por exemplo, textura, densidade e resistência à penetração, quantidade de cobertura vegetal na superfície do solo, profundidade de atuação do sulcador e a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora.

Conforme KAZAMA et al. (2015), comparando sistemas de manejo do solo e quantidades de coberturas vegetais no solo, verificaram que o plantio direto apresentou melhor desempenho energético, com menor consumo de combustível e demanda de energia.

Tendo em vista a otimização do processo de semeadura torna-se necessário avaliar o desempenho energético do conjunto trator-semeadora com diferentes mecanismos sulcadores e coberturas do solo. O trabalho teve como objetivo avaliar a demanda energética do conjunto trator-semeadora em função de dois mecanismos sulcadores e quatro coberturas do solo na Região Nordeste.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado na área experimental do Núcleo Integrado de Máquinas e Projetos Agrícolas - NIMPA pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC Campus do Pici), localizado nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'S, longitude 38°34'W de Greenwich e altitude de 19,5 m.

Conforme a classificação de Köppen, a região do estudo é definida como Aw', que indica tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono, com temperatura média em todos os meses superiores a 18°C (KOPPEN, 1948).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 8 tratamentos em esquema fatorial 2x4, com quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos por dois mecanismos sulcadores (disco e haste) e quatro coberturas do solo

(crotalária, capim mombaça, sorgo e solo sem cobertura). As parcelas experimentais possuíam 3,0 m de largura e 20,0 m de comprimento, com uma área de 60 m<sup>2</sup>.

Foram utilizados dois tratores, sendo o primeiro trator de tração BM120 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), de 88,26 kW (120 cv) no motor na rotação de 2000 rpm, com a tração dianteira ligada, equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro com pneus 14.9-24 R1 com pressão de inflação de 18 psi (124 kPa) e traseiro 18.4-34 R1 com pressão de inflação de 22 psi (152 kPa). Adequado para operação média com relação peso potência de 55 kg cv<sup>-1</sup>, com distribuição de 65% no eixo traseiro e 35% no eixo dianteiro, com lastros sólidos e líquidos, pressão de inflação de ar nos pneus de 110 e 124 kPa para os pneus dianteiro e traseiro, respectivamente, que tracionou o trator suporte na operação de semeadura do milho (Figura 1A).

O trator suporte utilizado foi Massey Ferguson 265 4 x 2 com 47,80 kW (65 cv), equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro 6.00-16 F2 com pressão de inflação de 46 psi (316 kPa) e traseiro 14.4-30 com pressão de inflação de 11 psi (75,79 kPa). Adequado com uma relação peso potência de 50 kg cv<sup>-1</sup>, com distribuição de 65% no eixo traseiro e 35% no eixo dianteiro, com lastros sólidos e líquidos, acoplado a semeadora de precisão, usado como no comboio para o processo de semeadura (Figura 1B).

Figura 1. Tratores utilizados na semeadura do milho.



Fonte: Nicolau (2015)

O processo de semeadura foi realizado pela semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, montada, configurada com 3 linhas, espaçadas por 0,80 m, podendo ser configurada com disco desencontrado e haste no mecanismo sulcador para deposição de fertilizante, disco duplo desencontrado para disposição de sementes, disco vertical pneumático de dosagem de sementes com acionamento dos sistemas de distribuição de fertilizantes e sementes realizado por meio de roda motriz traseira côncava de borracha com alívio central para a compactação das sementes. O depósito de adubo e sementes apresenta capacidade de 39 litros.

A força média requerida na barra de tração foi determinada pelo método indireto, conforme Mialhe (1996), utilizando um comboio de tratores. O comboio consiste na utilização de dois tratores, sendo o primeiro denominado de trator de tração, pois tracionará o segundo, chamado de trator suporte. Entre os dois tratores colocou uma célula de carga da marca HBM, modelo U 10M, com sensibilidade de 135 kW, instalada entre a barra de tração do trator de tração e no cabeçalho colocado na frente do trator suporte que foi acoplado à semeadora, conforme na figura 2. Por meio da diferença entre os tratores se obteve a força na barra de tração.

Figura 2. Comboio de tratores.



Fonte: Nicolau (2015)

A aquisição dos dados foi obtido na área útil e armazenados no programa QuantumX Assistant. Na delimitação do início e fim da área útil foram utilizadas estacas espaçadas a 10 m que serviu de ponto de referência para ligar e desligar o sistema de armazenamento de dados.

A demanda de potência média na barra de tração foi realizada de forma indireta por meio da equação 1.

$$PB = FT \times V \quad (1)$$

em que,

PB = Potência média na barra de tração (kw);

FT = Força média na barra de tração (kN);

V = Velocidade real de deslocamento ( $m s^{-1}$ ).

A velocidade real de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora foi obtida em função do espaço percorrido em cada unidade experimental e do tempo de percurso realizado pelo trator, com o uso do cronômetro digital.

O consumo horário de combustível foi obtido utilizando um fluxômetro da marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III e LSF 41, com dois medidores de fluxo, os pulsos gerados eram convertidos em volume, considerando a vazão de  $1 ml pulso^{-1}$ . O consumo horário de combustível foi medido na área útil de todas as parcelas em unidade de volume (mL), e pela diferença entre os volumes de combustível medido na entrada e no retorno da bomba injetora.

O consumo operacional ( $L ha^{-1}$ ) foi obtido pela razão entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva. O consumo específico ( $kg kw h^{-1}$ ) foi adquirido em função da densidade do combustível pelo consumo horário e dividido pela potência.

A resistência específica ( $kN m^{-2}$ ) foi obtida pela razão entre o força e a área mobilizada, já a relação entre o consumo por área mobilizada é adquirida pelo consumo específico de combustível e a área mobilizada.

Por meio dos coeficientes de assimetria e curtose foi atestada a normalidade dos dados, onde os valores no intervalo de -2 e 2 segundo Montgomery (2004), seguem uma distribuição normal. Após a verificação realizou-se a análise de variância (ANOVA) e quando significativo foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade para comparação das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A normalidade dos dados foi atestada pelos coeficientes de assimetria e curtose de acordo com o gráfico 1, demonstrando que todas as variáveis testadas encontram-se entre os intervalos de -2 e 2 seguindo uma distribuição normal conforme Montgomery (2004).

### Coeficientes de Assimetria e Curtose

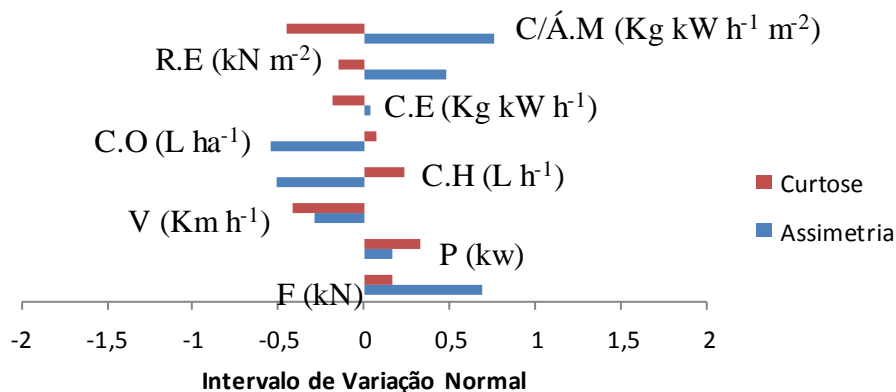


FIGURA 3. Coeficientes de Assimetria e Curtose para as variáveis: F – Força (kN), P – Potência (kW), V – Velocidade de Deslocamento (Km h<sup>-1</sup>), C.H – Consumo Horário (L h<sup>-1</sup>), C.O – Consumo Operacional (L ha<sup>-1</sup>), C.E – Consumo Específico (Kg kW h<sup>-1</sup>), R.E – Resistência Específica (kN m<sup>-2</sup>), C/Á.M – Consumo/Área Mobilizada (Kg kW h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>).

De acordo com a análise descritiva dos dados apresentados na figura 3, os coeficientes de assimetria e curtose apresentam distribuição normal, com distribuição assimétrica positiva para as variáveis de força, potência, consumo específico, resistência específica e consumo por área mobilizada e distribuição assimétrica negativa para velocidade de deslocamento, consumo horário, consumo operacional. Deslocamento negativo para velocidade de deslocamento, consumo específico, resistência específica e consumo por área mobilizada com pouco achatamento da curva em relação à normal, sendo observados também resultados parecidos do achatamento da curva com deslocamento positivo para força, potência, consumo horário e consumo operacional.

As coberturas do solo não influenciaram nas variáveis de desempenho operacional do conjunto trator-semeadora em função de ser o primeiro ano de cultivo com plantas de coberturas na área e por ter realizado o processo de dessecação antes da floração não sendo possível obter grande quantidade de cobertura vegetal na superfície do solo (Tabela 1).

Resultados diferentes foram observados por Bortolotto et al. (2006) obtendo que as diferentes coberturas do solo influenciaram as variáveis de desempenho operacional, com a cobertura de vegetação espontânea requerendo maior força, potência e consumo de combustível se comparado as demais coberturas.

Os mecanismos sulcadores apresentaram diferença estatística significativa, com a haste requerendo maior força e potência, podendo ser justificado por a haste além de abrir o sulco na linha de semeadura realiza a descompactação superficial do solo, observados também por Fernandes et al. (2014).

TABELA 1. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de força, potência, velocidade de deslocamento e consumo horário de combustível. **Synthesis of the analysis of variance values and the mean test for strength variables, potency, displacement speed and hourly consumption of fuel.**

FATOR		Força (kN)	Potência (kW)	Velocidade de Deslocamento (Km h <sup>-1</sup> )	Consumo (L H <sup>-1</sup> )
Mecanismo (M)	M1	11,68 b	18,15 b	5,54 a	12,53
	M2	15,53 a	23,28 a	5,36 b	11,25
Cobertura (C)	C1	13,44	20,41	5,43	11,18
	C2	13,23	20,42	5,53	11,36
	C3	13,61	20,86	5,47	13,55
	C4	14,12	21,17	5,37	11,46
Valor de F	M	63,10 <sup>**</sup>	62,45 <sup>**</sup>	8,24 <sup>**</sup>	2,55 <sup>NS</sup>
	C	0,61 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	1,18 <sup>NS</sup>	1,95 <sup>NS</sup>
	MxC	1,63 <sup>NS</sup>	1,70 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	0,58 <sup>NS</sup>
DMS	M	1,00	1,34	0,13	1,66
	C	1,90	2,55	0,25	3,15
C.V (%)		10,06	8,86	3,32	19,01

\* (p<0,05); <sup>NS</sup> (Não Significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; C1 – Cobertura com Crotalária; C2 – Cobertura com capim mombaça; C3 – Cobertura com sorgo; C4 – Solo em cobertura.

A velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora ocorreu diferença significativa e o disco proporcionou maior velocidade de deslocamento devido apresentar menor resistência ao rolar sobre o solo. Com relação ao consumo horário de combustível não houve diferença estatística significativa entre os mecanismos.

A resistência específica não apresentou diferença estatística significativa para os mecanismos (Tabela 2) em função da área mobilizada não apresentar significância, Santos et al. (2015) trabalhando com diferentes mecanismos sulcadores e velocidades de deslocamento obtiveram resultados diferentes apresentando significância, com a haste proporcionando maior resistência específica devido ter apresentado maior área mobilizada.

As variáveis consumo específico e consumo por área mobilizada apresentaram diferença estatística significativa com o disco proporcionando maior consumo, sendo justificado pela ação do disco, ou seja, proporciona a ruptura do solo em qualquer ponto se comprado com a haste, pois essa realiza a ruptura do solo nos pontos de fraqueza. Francetto et al. (2015) encontraram resultados parecidos aos observados no trabalho para o consumo específico, sendo que o disco apresentou consumo 76,73% superior a haste, ficando 132,60 g kWh<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> para o disco e 75,03 g kWh<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> para a haste.

TABELA 2. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de consumo operacional, consumo específico, resistência específica e consumo por área mobilizada. **Synthesis of the analysis of variance values and the mean test for consumption operating variables, specific fuel consumption, specific resistance and consumption per mobilized area.**

FATOR		Consumo Operacional (L ha <sup>-1</sup> )	Consumo Específico (kg kW h <sup>-1</sup> )	Resistência Específica (kN m <sup>-2</sup> )	Consumo por Área Mobilizada (kg kW h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )
Mecanismo (M)	M1	9,42	0,58 a	2308,56	116,41 a
	M2	8,75	0,43 b	2643,89	70,43 b
Cobertura (C)	C1	8,57	0,47	2683,94	98,94
	C2	8,53	0,49	2562,32	97,65
	C3	10,33	0,55	2226,70	90,42
	C4	8,90	0,52	2431,93	86,67
Valor de F	M	1,18 <sup>NS</sup>	27,37 <sup>**</sup>	2,47 <sup>NS</sup>	15,50 <sup>**</sup>
	C	1,87 <sup>NS</sup>	1,71 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>
	MxC	0,36 <sup>NS</sup>	1,92 <sup>NS</sup>	2,04 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>
DMS	M	1,29	0,05	442,93	24,28
	C	2,44	0,11	839,67	46,04
C.V (%)		19,31	15,74	24,33	35,35

\* (p<0,05); <sup>NS</sup> (Não Significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; C1 – Cobertura com Crotalaria; C2 – Cobertura com capim mombaça; C3 – Cobertura com sorgo; C4 – Solo em cobertura.

O consumo operacional de combustível (L ha<sup>-1</sup>) não houve diferença estatística para os fatores analisados, mas o mecanismo disco apresentou maior média (Tabela 2).

Conforme Mahl et al. (2007), avaliando o consumo horário e operacional com disco e haste em diferentes propriedades, em ambas o maior consumo horário foi quando se utilizou o sulcador tipo haste, no consumo operacional o efeito dos sulcadores foi observado apenas na propriedade com o solo de textura arenosa.

## CONCLUSÕES

As plantas de coberturas não influenciaram no desempenho energético do conjunto trator-semeadora, já com relação aos mecanismos sulcadores apresentaram resultados distintos, a haste demandou maior força e potência e o disco maior consumo específico de combustível.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto. **Informe de Pesquisa**, Londrina, PR, IAPAR, n. 137, 2001b.
- BORTOLOTTI, V. C.; NETO, R. P.; BORTOLOTTI, M. C. **Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, 2006.

DELMOND, J. G. **Desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura do feijão**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2009.

FERNANDES, H. C.; FONTES, J. M.; Teixeira, M. M.; SILVA, A. C. da; Rinaldi, P. C. N. **Potência demandada por um conjunto trator-semeadora-adubadora de plantio direto em função do mecanismo sulcador**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, Anais XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, Campo Grande – MS, 2014.

FRANCETTO, T. R.; ALONÇO, A. DOS S.; BELLÉ, M. P.; FRANCK, C. J.; CARPES, D. P. **Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.35, n.3, 2015.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. **Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 14, n. 3, 2010.

KÖEPPEN, 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de La Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 478p.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H. **Demanda energética de semeadora-adubadora de plantio direto em função de elementos de corte, velocidade e tipo de solo**. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, vol. 22, n.3, 2007.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

SANTOS, P. R. A. dos; NICOLAU, F. E. DE A.; CHIODEROLI, C. A.; LIMA, I. O.; SANTOS, V. C. dos. **Desempenho de semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e mecanismos sulcadores de fertilizantes**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015. Anais do XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015, São Pedro/SP, 2015.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JÚNIOR, R. **Trabalho no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de cobertura e semeadura no sistema de plantio direto**. Curitiba: SENAR-PR, 2004.