

Desempenho energético e operacional na semeadura do milho: mecanismos sulcadores e coberturas do solo

Energy and operational performance in corn sowing: furrowing mechanisms and soil coverings

Rendimiento energético y operacional en la siembra de maíz: mecanismos surcadores y cobertura del suelo

Recebido: 03/04/2022 | Revisado: 12/04/2022 | Aceito: 21/04/2022 | Publicado: 25/04/2022

Francisca Edcarla de Araujo Nicolau

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1696-4077>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: carla_nicolau18@yahoo.com.br

Carlos Alessandro Chioderoli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5706-8060>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: ca.chioderoli@gmail.com

Paulo Ricardo Alves dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2082-503X>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: paulo_ptg@hotmail.com

Marcelo Queiroz Amorim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4288-484X>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: mqueirozamorim@yahoo.com

Clice de Araújo Mendonça

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4084-2475>

Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Brasil

E-mail: clicemendonca@gmail.com

Renata Fernandes de Queiroz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5045-0240>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: renata.queiroz@uemg.br

Jean Lucas Pereira Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8349-993X>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil

E-mail: jlp.oliveira@unesp.br

Isabela Oliveira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5240-2229>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: isabelaoliveiralima@yahoo.com.br

Resumo

Considerando que diversos fatores podem influenciar no processo de semeadura. O objetivo foi avaliar o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora na semeadura do milho em função de dois mecanismos sulcadores e quatro coberturas do solo. O estudo foi conduzido no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, os tratamentos consistiram em dois mecanismos sulcadores (disco e haste) e quatro coberturas do solo (crotalária, sorgo, capim mombaça e solo sem cobertura) com quatro repetições. As seguintes variáveis foram analisadas: força e potência na barra de tração, área mobilizada, profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores, resistência específica operacional, velocidade de deslocamento, capacidade de campo operacional, patinamento dos rodados dianteiro e traseiro do trator, deslizamento do rodado da semeadora-adubadora, consumo horário de combustível, consumo operacional, consumo específico e consumo por área mobilizada. A área mobilizada foi igual para os dois tipos de mecanismos sulcadores. O mecanismo sulcador tipo haste demandou maior força e potência do conjunto trator-semeadora-adubadora e apresentou maior profundidade de atuação, o que proporcionou menor velocidade de deslocamento. Com relação aos mecanismos sulcadores para consumo horário e consumo operacional, não houve diferença estatística. As plantas de cobertura não influenciam no desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora, exceto para o deslizamento do rodado da semeadora-adubadora. O mecanismo sulcador tipo disco proporcionou melhor desempenho operacional e energético para o conjunto trator-semeadora-adubadora, exceto no consumo específico e consumo específico por área mobilizada.

Palavras-chave: Disco; Haste; Crotalária; Sorgo; Capim mombaça.

Abstract

Considering that several factors can influence the sowing process. The objective was to evaluate the energetic and operational performance of the tractor-seeder-fertilizer set in corn sowing as a function of two furrower mechanisms and four soil coverings. The study was carried out at the Agricultural Engineering Department of the Federal University of Ceará - Campus do Pici. The experimental design was in randomized blocks, the treatments consisted of two furrowing mechanisms (disc and shank) and four soil coverings (sunn hemp, sorghum, mombasa grass and uncovered soil) with four replications. The following variables were analyzed: force and power in the drawbar, mobilized area, depth of action of the furrower mechanisms, specific operational resistance, displacement speed, operational field capacity, skidding of the front and rear wheels of the tractor, slippage of the wheel of the seeder-fertilizer, hourly fuel consumption, operational consumption, specific consumption and consumption per mobilized area. The mobilized area was the same for the two types of furrowing mechanisms. The shank type furrower mechanism demanded greater strength and power from the tractor-seeder-fertilizer set and presented larger depth of action, which provided lower displacement speed. Regarding the furrower mechanisms for hourly consumption and operational consumption, there was no statistical difference. Cover plants do not influence the energy and operational performance of the tractor-seeder-fertilizer set, except for slippage of the wheel of the seeder-fertilizer. The disc type furrower mechanism provides better operational and energy performance for the tractor-seeder-fertilizer set, except for specific consumption and specific consumption per mobilized area.

Keywords: Disc; Shank; Sunn hemp; Sorghum; Mombasa grass.

Resumen

Considerando que varios factores pueden influir en el proceso de siembra. El objetivo fue evaluar el desempeño energético y operativo del conjunto tractor-sembradora-fertilizante en la siembra de maíz en función de dos mecanismos surcadores y cuatro coberturas de suelo. El estudio fue realizado en el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Federal de Ceará - Campus do Pici. El diseño experimental fue en bloques al azar, los tratamientos consistieron en dos mecanismos de surcado (disco y varilla) y cuatro coberturas de suelo (crotalaria, sorgo, pasto mombaça y suelo desnudo) con cuatro repeticiones. Se analizaron las siguientes variables: fuerza y potencia en la barra de tracción, área movilizada, profundidad de acción de los mecanismos surcadores, resistencia operacional específica, velocidad de desplazamiento, capacidad de campo operacional, patinaje de las ruedas delanteras y traseras del tractor, deslizamiento de la rueda de la sembradora-fertilizante, consumo horario de combustible, consumo operacional, consumo específico y consumo por área movilizada. El área movilizada fue la misma para los dos tipos de mecanismos de surcado. El mecanismo surcador varilla exigió mayor fuerza y potencia al conjunto tractor-sembradora-fertilizante y presentó mayor profundidad de acción, lo que proporcionó menor velocidad de desplazamiento. En cuanto a los mecanismos surcadores para consumo horario y consumo operacional no hubo diferencia estadística. Los cultivos de cobertura no influyen en el rendimiento energético y operacional del conjunto tractor-sembradora-fertilizante, excepto por el deslizamiento del conjunto de ruedas sembradora-fertilizante. El mecanismo surcador tipo disco proporcionó un mejor desempeño operacional y energético para el conjunto tractor-sembradora-fertilizante, excepto en consumos específicos y consumos específicos por área movilizada.

Palabras clave: Disco; Varilla; Crotalaria; Sorgo; Pasto mombaça.

1. Introdução

Segundo a CONAB (2022), a área semeada com milho na safra 2021/2022 foi de 20,9 milhões de hectares, na qual prevê uma produção nacional de 112,9 milhões de toneladas, deixando a cultura em segunda posição entre os principais cereais produzidos no Brasil. Para suprir a demanda pelo aumento da produtividade do milho, o uso de máquinas agrícolas que proporcione menor custo e máxima eficiência nos processos mecanizados são fatores importantes que contribuem para o sucesso da atividade.

Dentre os processos mecanizados encontra-se a semeadura, que pode ser realizada por semeadoras-adubadoras de precisão que proporcionam boa uniformidade no estande de plantas, se reguladas corretamente distribuem fertilizantes e sementes de forma adequada no leito de semeadura em espaçamentos pré-definidos para cada cultura (Arcoverde et al., 2017; Singh et al., 2005).

As semeadoras-adubadoras de precisão podem ser equipadas com os mecanismos sulcadores disco ou haste. Segundo Lambrecht et al. (2017) os mecanismos sulcadores têm a função de abrir o sulco e depositar em profundidade adequada o fertilizante e a semente, proporcionando condições ideais para germinação, emergência e crescimento da planta. O desenvolvimento inicial das plântulas depende de um bom leito de semeadura e do microclima em torno da semente, fatores

que podem ser alterados pelo uso dos diferentes mecanismos de abertura de sulco (Santos et al., 2016; Souza et al., 2019). Além disso, eles devem proporcionar economia na demanda energética e bom desempenho operacional. No entanto, esses dois fatores podem ser influenciados por exemplo, pelo tipo de mecanismo sulcador, características do solo, profundidade de atuação e velocidade deslocamento (Francetto et al., 2015; Modolo et al., 2013).

Associadas a essas características dos mecanismos sulcadores, as condições da superfície do solo como, por exemplo, presença ou ausência de coberturas no solo podem apresentar resultados diferentes no desempenho das máquinas agrícolas. Chioderoli et al. (2010) analisaram três sistemas de preparo do solo (convencional, conservacionista e semeadura direta) e observaram que na semeadura direta o patinamento dos rodados do trator foi menor se comparado ao conservacionista, o que resultou em maior velocidade de deslocamento para a semeadura direta.

Tendo em vista que os diversos fatores elencados podem influenciar no processo de semeadura e considerando sua importância para os sistemas mecanizados, o objetivo foi avaliar o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora na semeadura do milho em função de dois mecanismos sulcadores e quatro coberturas do solo.

2. Metodologia

O estudo foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará-Campus do Pici, localizado próximo às coordenadas geográficas: latitude 3°44'S, longitude 38°34'W de Greenwich e altitude média de 19,5 m.

Segundo dados do IPECE (2017), a cidade de Fortaleza apresenta clima Tropical Quente Subúmido, com temperatura média de 26° a 28° C, precipitação média de 1.338 mm ao ano e período chuvoso de janeiro a maio. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-amarelo, com classe textural franco arenoso, com aproximadamente 82,90% de areia, 10,60% de argila e 6,40% de silte (EMBRAPA, 2013).

A caracterização dos atributos físicos da área experimental está apresentada na tabela 1, em três profundidades (0,0-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m) antes da semeadura das plantas de cobertura.

Tabela 1. Caracterização dos atributos físicos do solo da área experimental, Macroporosidade – Ma, Microporosidade – Mi, Porosidade Total – PT, Densidade do Solo – DS nas profundidades de 0,0-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, antes da instalação do experimento.

Profundidade (m)	Ma (m ³ m ⁻³)	Mi (m ³ m ⁻³)	PT (m ³ m ⁻³)	DS (kg dm ⁻³)
0,0 - 0,10	0,13	0,23	0,36	1,57
0,10 - 0,20	0,15	0,20	0,35	1,62
0,20 - 0,30	0,13	0,21	0,34	1,67

Fonte: Autores (2016).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 8 tratamentos em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos por dois mecanismos sulcadores (disco e haste) e quatro coberturas do solo (crotalária, sorgo, capim mombaça e solo sem cobertura). Cada parcela experimental ocupou 3,0 m de largura e 20,0 m de comprimento (60 m²), com área útil de 8 m² (10 m x 0,8 m).

Antes da implantação das plantas de cobertura foi realizada operação de escarificação leve. Para a formação da palhada na superfície do solo foram utilizadas as recomendações de: 10 kg ha⁻¹ para sorgo BRS Ponta Negra (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth) e 12 kg ha⁻¹ capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) com valor cultural de 50%. A semeadura das plantas de cobertura foi realizada manualmente após o preparo do solo com

espaçamento entre fileira de 0,45 m. Após a semeadura foi realizado adubação com as seguintes recomendações: 300 kg ha⁻¹ de ureia, 250 kg ha⁻¹ MAP e 160 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, segundo análise de solo. A média da produção de matéria seca das plantas de cobertura no solo no dia da semeadura do milho encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Média da produção de matéria seca das plantas de cobertura do solo.

Plantas de cobertura		Matéria seca (kg ha ⁻¹)
Crotalária	Disco	5.381,9
	Haste	6.234,7
Sorgo	Disco	9.204,6
	Haste	8.247,4
Capim mombaça	Disco	8.863,1
	Haste	10.038,2

Fonte: Autores (2016).

A dessecação das plantas de cobertura foi realizada 70 dias após sua semeadura e 15 dias antes da semeadura do milho com herbicida sistêmico com 0,480 kg L⁻¹ do ingrediente ativo N-(phosphonomethyl) e pulverizador de barras com 14 m de comprimento, 28 pontas e tanque com capacidade de 600 L.

Na semeadura do milho foram utilizados dois tratores, o primeiro que tracionou o trator suporte na operação de semeadura do milho foi o BM 120 4x2 TDA, de 88,26 kW (120 cv), motor na rotação de 2.000 rpm, com a tração dianteira ligada, equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro com pneus 14.9-24 R1 com pressão de inflação de 124 kPa (18 psi) e traseiro 18.4-34 R1 com pressão de inflação de 152 kPa (22 psi), adequado para operação média com relação peso potência de 55 kg cv⁻¹ e distribuição de 65% no eixo traseiro e 35% no eixo dianteiro.

Como trator suporte foi utilizado o Massey Ferguson 265 4x2 com 47,80 kW (65 cv), equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro 6.00-16 F2 com pressão de inflação de 317,15 kPa (46 psi) e traseiro 14.4-30 com pressão de inflação de 75,84 kPa (11 psi), adequado com relação peso potência de 50 kg cv⁻¹ e distribuição de 60% no eixo traseiro e 40% no eixo dianteiro, com lastros sólidos e líquidos, acoplado a semeadora-adubadora de precisão.

A semeadura do milho foi realizada com a semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, montada, com 3 linhas, espaçadas a 0,80 m, configurada com discos desencontrados com diâmetro de 39 cm ou haste com 1 cm de espessura com ângulo de ataque da ponteira de 18° no mecanismo sulcador para deposição de fertilizante, disco duplo desencontrado para deposição 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.

A força média requerida na barra de tração foi determinada pelo método indireto, conforme Mialhe (1996), utilizando comboio de tratores que consiste na utilização de dois tratores, sendo o primeiro denominado trator de tração, pois traciona o segundo, chamado de trator suporte. Entre os dois tratores foi instalado a célula de carga da marca HBM, modelo U 10M, com sensibilidade de 135 kW, a semeadora-adubadora foi acoplada ao trator suporte. Para a aquisição dos dados de força na barra de tração foi utilizado o programa QuantumX Assistant para armazenamento dos dados.

A força média na barra de tração foi obtida pela diferença entre a força do comboio com a semeadora-adubadora operando, medida em todas as parcelas experimentais, e a força de resistência ao rolamento com a semeadora-adubadora erguida, equação 1. A força de resistência ao rolamento do conjunto foi avaliada nas diferentes coberturas do solo, totalizando quatro repetições.

$$F_t = F_i - R_r \quad (1)$$

em que:

Ft - força de tração média na barra de tração, kN;

Fi - força de tração instantânea em cada parcela, kN;

Rr - resistência ao rolamento do conjunto, kN.

A demanda de potência média na barra de tração foi calculada de forma indireta por meio da equação 2:

$$P_b = F_t \times V \quad (2)$$

em que:

Pb - potência média na barra de tração, kW;

Ft - força de tração média na barra de tração, kN;

V - velocidade real de deslocamento, m s⁻¹.

A área mobilizada foi mensurada com perfilômetro de ferro contendo 50 varetas verticais de 0,64 m de comprimento e espaçamento entre varetas de 0,01 m, os valores obtidos foram convertidos em m².

A resistência específica operacional foi obtida pela equação 3:

$$R_e = \frac{F_t}{A_m} \quad (3)$$

em que:

Reo - resistência específica operacional, kN m⁻²;

Ft - força de tração, kN;

Am - área mobilizada, m².

A determinação da profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores foi mensurada por meio da diferença entre o perfil natural e de fundo.

Em função da distância percorrida em cada unidade experimental e do tempo de percurso realizado pelo trator foi determinada a velocidade real de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora.

A capacidade de campo operacional (equação 4) foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora-adubadora, velocidade real de deslocamento em m s⁻¹ e eficiência teórica da semeadora-adubadora de 75%, segundo ASAE (1997).

$$CCo = LT \times V \times 0,36 \times 0,75 \quad (4)$$

em que:

CCo - capacidade de campo operacional, ha h⁻¹;

LT - largura útil de trabalho da semeadora-adubadora, m;

V - velocidade real de deslocamento, m s⁻¹;

0,36 - fator de conversão da unidade;

0,75 - eficiência teórica da semeadora-adubadora.

O patinamento dos rodados dianteiro e traseiro do trator foi determinado pelo número de voltas do rodado com carga e sem carga, equação 5:

$$P = \left(\frac{NVC - NVS}{NVC} \right) \times 100 \quad (5)$$

em que:

P - patinamento dos rodados do trator, %;

NVC - número de voltas do rodado do trator com carga;

NVS - número de voltas do rodado do trator sem carga.

O deslizamento do rodado da semeadora-adubadora foi medido em todas as parcelas de acordo com a equação 6.

$$DS = \left(\frac{N \times Pr - Le}{N \times Pr} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que:

DS - deslizamento do rodado da semeadora-adubadora, %;

N - número de voltas da roda motriz da semeadora-adubadora;

Pr - perímetro da roda motriz da semeadora-adubadora, m;

Le - comprimento da área útil, m.

Para determinar o consumo horário de combustível foi utilizado fluxômetro, modelo Oval M-III e LSF 41 com precisão de 0,01, com dois medidores de fluxo, os pulsos gerados foram convertidos em volume, considerando uma vazão de 0,001 L pulso⁻¹. O consumo horário de combustível foi obtido pela diferença entre o volume 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 operacional. O consumo específico (kg kw h⁻¹) foi obtido em função da densidade mínima do combustível a 20° C (0,820 Kg L⁻¹) pelo consumo horário dividido pela potência. O consumo por área mobilizada foi mensurado em função do consumo específico de combustível pela área mobilizada.

Realizou-se análise descritiva e por meio dos coeficientes de assimetria e curtose foi atestada a normalidade dos dados. As variáveis que apresentaram distribuição normal foram submetidas a análise de variância pelo teste F e quando significativo foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias.

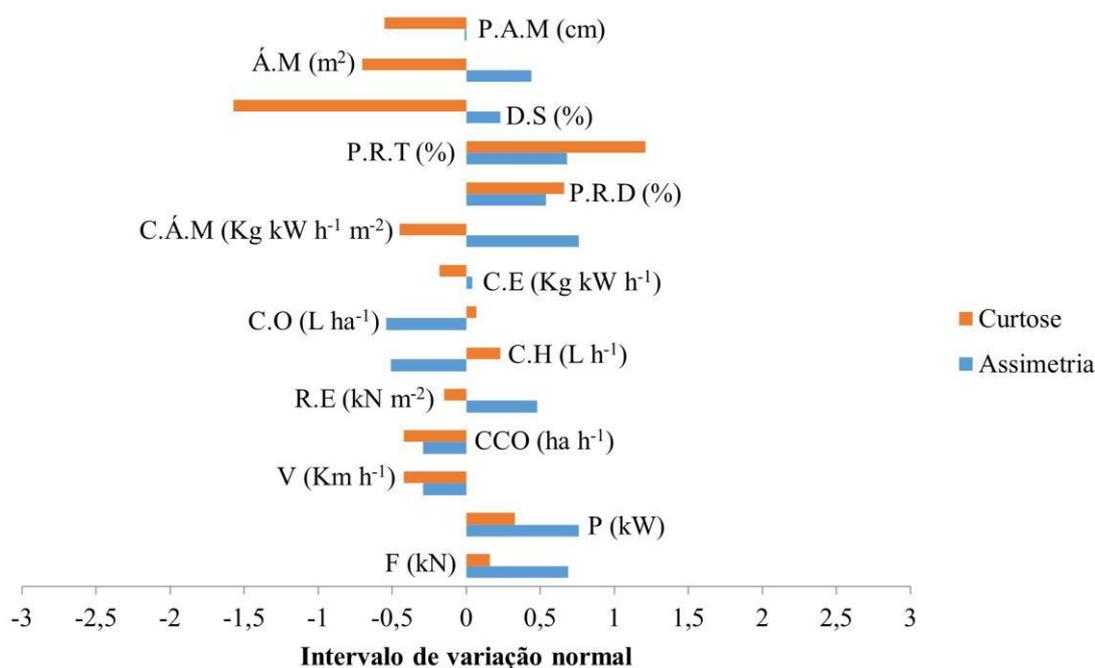
3. Resultados e Discussão

Conforme os valores apresentados na figura 1, os coeficientes de assimetria e curtose encontram-se dentro do intervalo de -2 e 2 indicando que os dados seguem uma distribuição normal, de acordo com Montgomery (2004), podendo ser considerado a hipótese de normalidade dos dados.

As variáveis de força, potência, resistência específica, consumo específico, consumo por área mobilizada, patinamento do rodado dianteiro, patinamento do rodado traseiro, deslizamento do rodado da semeadora-adubadora e área mobilizada apresentaram distribuição assimétrica positiva, com a média aritmética apresentando maior valor que a mediana, e esta por sua vez, maior valor que a moda. A velocidade de deslocamento, capacidade de campo operacional, consumo horário, consumo específico e profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores apresentaram distribuição de frequência assimétrica negativa com os valores da média aritmética sendo menor que a mediana e os valores da mediana menor que a moda.

O coeficiente de assimetria caracteriza como e quanto a distribuição de frequência se afasta da simetria, em que: a distribuição simétrica ocorre quando os valores da média, mediana e moda são iguais; na assimetria positiva (à direita) o valor encontrado da média é maior que a moda; já na assimetria negativa (à esquerda) a média é menor que a moda (Zanão Júnior et al., 2010).

Figura 1. Coeficientes de assimetria e curtose para as variáveis: F – Força, P – Potência, V – Velocidade de Deslocamento, C.H – Consumo Horário, C.O – Consumo Operacional, C.E – Consumo Específico, R.E – Resistência Específica, C.Á.M – Consumo/Área Mobilizada, P.R.D – Patinamento do Rodado Dianteiro, P.R.T – Patinamento do Rodado Traseiro, D.S – Deslizamento do rodado da Semeadora-adubadora, Á.M – Área Mobilizada e P.A.M – Profundidade de Atuação dos Mecanismos sulcadores.



Fonte: Autores (2020).

Tomando como referência a curva padrão observa-se que os valores de curtose (Figura 1) para as variáveis potência, patinamento do rodado dianteiro e patinamento do rodado traseiro apresentaram curva platicúrtica com os dados fracamente em torno da moda. Os valores observados para força, velocidade de deslocamento, capacidade de campo operacional, resistência específica, consumo horário, consumo operacional, consumo por área mobilizada, deslizamento rodado da semeadora-adubadora, área mobilizada e profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores apresentaram curva leptocúrtica com os dados fortemente em torno da moda.

Para Londero et al. (2020) o coeficiente curtose caracteriza o grau de achatamento de uma distribuição em relação à distribuição normal, em que: se o valor de curtose for igual a zero a distribuição é mesocúrtica (igual à curva normal); se o coeficiente de curtose for maior que zero tem-se uma distribuição leptocúrtica (curva de frequência mais fechada); se o valor de curtose for menor que zero ocorre uma distribuição platicúrtica (curva de frequência mais aberta).

Os tipos de coberturas do solo não apresentaram diferença estatística significativa para as variáveis estudadas, recomendando-se o uso de plantas de cobertura na semeadura do milho, visto que a presença de cobertura na superfície do solo não comprometeu o desempenho operacional e energético do conjunto trator-semeadora-adubadora. Contudo, observa-se que para o fator mecanismo sulcador houve diferença estatística para força, potência, profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores, velocidade de deslocamento e capacidade de campo operacional (Tabela 3).

Tabela 3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para a Força na barra de tração (F), Potência (P), Área Mobilizada (AM), Resistência Específica Operacional (REO), Profundidade de Atuação dos Mecanismos sulcadores (PAM), Velocidade de Deslocamento (V) e Capacidade de Campo Operacional (CCO).

Fatores		F (kN)	P (kW)	AM (m ²)	REO (kN m ⁻²)	PAM (m)	V (km h ⁻¹)	CCO (ha h ⁻¹)
Mecanismo Sulcador (M)	M1	11,68 b	18,15 b	0,0058	2308,56	0,050 b	5,55 a	1,00 a
	M2	15,53 a	23,28 a	0,0065	2643,89	0,072 a	5,36 b	0,96 b
Cobertura do Solo (C)	C1	13,45	20,41	0,0052	2683,95	0,055	5,43	0,98 a
	C2	13,24	20,42	0,0062	2562,33	0,058	5,54	0,99 a
	C3	13,61	20,86	0,0068	2226,70	0,065	5,48	0,98 a
	C4	14,13	21,17	0,0064	2431,94	0,064	5,37	0,97 a
Valor de F	M	63,07**	62,45**	1,54 ^{NS}	2,48 ^{NS}	16,18**	8,34**	8,53**
	C	0,62 ^{NS}	0,32 ^{NS}	1,65 ^{NS}	0,84 ^{NS}	0,80 ^{NS}	1,17 ^{NS}	1,19 ^{NS}
	M*C	1,63 ^{NS}	1,70 ^{NS}	2,29 ^{NS}	2,04 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,78 ^{NS}
DMS	M	1,01	1,35	0,0011	442,88	0,011	0,13	0,02
	C	1,91	2,56	0,0021	839,47	0,021	0,25	0,05
CV (%)		10,07	8,86	23,94	24,33	25,37	3,32	3,33

** (p<0,01); ^{NS} (Não Significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,01). M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; C1 – Cobertura com Crotalária; C2 – Cobertura com capim mombaça; C3 – Cobertura com sorgo; C4 – Solo sem cobertura. Fonte: Autores (2019).

A força requerida na barra de tração para tracionar o conjunto trator-semeadora-adubadora foi maior para a haste (15,53 kN), provavelmente em consequência de a área não ter sido preparada antes da semeadura do milho o que pode ter ocasionado maior resistência na ruptura do solo no momento da semeadura, pois o mecanismo sulcador tipo haste realiza a abertura do sulco por meio da ruptura do solo diferentemente do disco que faz um corte na vertical. Apesar dos mecanismos sulcadores serem projetados para abrir sulco de deposição de fertilizante e realizar o preparo do solo na linha de semeadura, a haste também é utilizada para romper camadas compactadas de até 15 cm em áreas de sistema de plantio direto.

A potência é uma variável influenciada diretamente pela força, quanto maior a força para tracionar o conjunto trator-semeadora-adubadora maior foi a potência requerida na barra de tração para o mecanismo sulcador tipo haste.

Francetto et al. (2016) também obtiveram resultados semelhantes com o sulcador fixo (haste) requerendo maior força de tração (2,14 kN) e o sulcador rotativo (disco) demandou menor força (1,75 kN) para o trator tracionar a estrutura porta-ferramentas, segundo os autores estes valores ocorreram por que a haste foi projetada para romper camadas compactadas de solo e trabalhar em maiores profundidades que o disco duplo, o que proporciona maior demanda de energia para superar o incremento de força de atrito entre a ferramenta e o solo. Com relação a potência na barra, a haste foi 24,49% maior que o disco, podendo ser justificado principalmente pela maior profundidade de atuação deste mecanismo sulcador, o que ocasiona aumento da necessidade de energia.

A área mobilizada foi igual para os dois mecanismos sulcadores, isso pode estar associado a classe textural (franco arenoso) do solo em que foi realizado o experimento, resultados semelhantes na mesma área experimental foram obtidos por Santos et al. (2016) que também não observaram diferença significativa na área mobilizada para os mecanismos sulcadores disco e haste. De acordo com os autores os resultados ocorreram devido a textura arenosa do solo e a umidade está acima da friabilidade no momento das análises o que proporcionou a mobilização lateral do solo.

A resistência específica operacional não apresentou diferença estatística, resultado obtido devido a área mobilizada não ter apresentado diferença, sendo que a variável estudada foi obtida pela relação entre a força e a área mobilizada do solo, porém Francetto et al. (2015) obtiveram resultado distinto, com a haste apresentando menor resistência específica operacional em função de apresentar maior área mobilizada.

Apesar de os dois mecanismos sulcadores estarem igualmente regulados, a haste preparou o solo na linha de semeadura em maiores profundidades, isso pode ser justificado em função do formato do sulco em “V” mais fechado formado

pela haste, o que resultou na diferença de atuação dos mecanismos analisados. Segundo Iqbal et al. (1998) o mecanismo sulcador tipo disco duplo aplicam ao solo forças laterais que tendem a formar um sulco uniforme em forma de “V”, formato parecido com o realizado pela haste, porém com o ângulo maior.

O disco proporcionou maior velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora em função da menor profundidade de trabalho e do menor patinamento do rodado traseiro do trator (Tabela 4).

A capacidade de campo operacional obteve resultado igual à velocidade de deslocamento, isto devido a mesma ser calculada pela velocidade real de trabalho e a largura efetiva do equipamento, logo, quanto maior a velocidade real de deslocamento maior é a capacidade de campo operacional. Jasper e Silva (2015) confirmam os resultados obtidos, pois o disco proporcionou maior velocidade de deslocamento e maior capacidade de campo operacional, realizando o processo de semeadura em menor tempo comparado com a haste.

Novamente, as coberturas do solo não influenciaram no desempenho operacional e energético do conjunto trator-semeadora-adubadora (Tabela 4) sendo possível indicar o uso de plantas de cobertura no processo de semeadura do milho, pois elas contribuem para manter ou melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos.

Para Silva et al. (2021) o uso de plantas de cobertura isoladas ou em mix podem proporcionar diversos benefícios para os sistemas agrícolas e seus efeitos podem ser observados nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de proporcionar incremento na produtividade da cultura principal.

Tabela 4. Síntese de análise de variância e do teste de médias para Patinamento do Rodado Dianteiro (PRD), Patinamento do Rodado Traseiro (PRT), Deslizamento do rodado da Semeadora-adubadora (DS), Consumo Horário (CH), Consumo Operacional (CO), Consumo Específico (CE) e Consumo específico por Área Mobilizada (CAM).

Fatores		PRD (%)	PRT (%)	DS (%)	CH (L h ⁻¹)	CO (L ha ⁻¹)	CE (kg kW h ⁻¹)	CAM (kg kW h ⁻¹ m ⁻²)
Mecanismo Sulcador (M)	M1	5,29	3,70 b	7,00 b	12,53	9,43	0,59 a	116,42 a
	M2	7,65	7,15 a	12,60 a	11,25	8,75	0,44 b	70,43 b
Cobertura do Solo (C)	C1	7,47	6,14	9,77	11,18	8,57	0,47	98,94
	C2	6,56	4,20	8,63	11,36	8,54	0,49	97,66
	C3	3,51	3,84	10,18	13,56	10,34	0,56	90,43
	C4	8,33	7,51	10,62	11,46	8,91	0,53	86,68
Valor de F	M	3,45 ^{NS}	10,74 ^{**}	57,32 ^{**}	2,55 ^{NS}	1,19 ^{NS}	27,45 ^{**}	15,50 ^{**}
	C	2,73 ^{NS}	2,66 ^{NS}	1,32 ^{NS}	1,95 ^{NS}	1,87 ^{NS}	1,76 ^{NS}	0,25 ^{NS}
	M*C	0,34 ^{NS}	0,52 ^{NS}	3,91 [*]	0,58 ^{NS}	0,37 ^{NS}	1,86 ^{NS}	0,87 ^{NS}
DMS	M	2,64	2,19	1,54	1,66	1,29	0,06	24,28
	C	5,01	4,15	2,92	3,15	2,44	0,11	46,03
CV (%)		55,57	54,89	21,36	19,01	19,30	15,69	35,35

** (p<0,01); * (p<0,05); ^{NS} (Não Significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,10). M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; C1 – Cobertura com Crotalaria; C2 – Cobertura com capim mombaça; C3 – Cobertura com sorgo; C4 – Solo sem cobertura. Fonte: Autores (2019).

Para o patinamento dos rodados do trator, somente houve diferença estatística para o mecanismo sulcador no rodado traseiro, com a haste proporcionando maior patinamento do rodado traseiro do trator. Conforme a ASAE (2003) o patinamento é a redução de deslocamento em dispositivos de tração em relação a uma condição sem tração. Este resultado está associado a maior profundidade de atuação do mecanismo e a menor velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora quando estava equipada com o mecanismo haste. Milagres et al. (2015) também observaram maior patinamento do rodado do trator quando a semeadora-adubadora estava equipada com o mecanismo sulcador tipo haste.

O consumo horário e o operacional não apresentaram diferença estatística para os mecanismos sulcadores, resultados parecidos foram obtidos por Santos et al. (2016) que também não observaram diferença estatística entre os sulcadores disco e haste para o consumo horário e consumo operacional no processo de semeadura do milho no mesmo tipo de solo, porém sem

cobertura. Evidenciando que para o mesmo tipo de solo em que foi realizado o trabalho o consumo horário e o consumo específico do conjunto mecanizado tende a ser estatisticamente igual independente do tipo de mecanismo sulcador utilizado na semeadora-adubadora.

O mecanismo disco apresentou maior consumo específico, isso em decorrência da menor demanda de potência. Francetto et al. (2015) também observaram maior consumo específico para o sulcador tipo disco, devido requerer menor força e conseqüentemente menor potência.

Resultado semelhante foi observado na variável consumo específico por área mobilizada, o disco apresentou maior média (110,77 Kg kW h⁻¹ m⁻²) devido o maior consumo específico e a área mobilizada não ter apresentado diferença estatística entre os mecanismos sulcadores. Levien et al. (2011) obtiveram resultados parecidos para consumo de combustível em função do solo mobilizado entre os mecanismos disco e haste, observaram menor consumo de combustível por solo mobilizado para o sulcador tipo haste.

No deslizamento do rodado da semeadora-adubadora ocorreu interação entre os fatores e o desdobramento encontra-se na tabela 5. Analisando os mecanismos dentro das coberturas do solo, observa-se que para todas as coberturas a haste apresentou maior deslizamento da roda motriz da semeadora-adubadora, exceto para o capim mombaça que os mecanismos foram estatisticamente iguais. Conforme Mahl (2006) o deslizamento do rodado da semeadora-adubadora no solo argiloso não houve diferença estatística entre os sulcadores disco e haste.

Tabela 5. Síntese de análise de variância e do teste de médias do desdobramento da interação entre os mecanismos sulcadores e as coberturas do solo para o deslizamento do rodado da semeadora-adubadora.

Causa de Variação		Cobertura do solo (C)			
		Crotalária	C.Mombaça	Sorgo	Solo nú
Mecanismo Sulcador (M)	Disco	- 6,10 bA	- 7,18 aA	- 5,77 bA	- 8,94 bA
	Haste	- 13,44 aAB	- 10,09 aB	- 14,58 aA	- 12,29 aAB
DMS	M			3,08	
	C			4,12	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2019).

Analisando as coberturas do solo dentro dos mecanismos sulcadores, quando a semeadora-adubadora estava equipada com mecanismo disco não houve diferença estatística independentemente do tipo de cobertura utilizada. Com relação à haste dentro das coberturas, verificou-se comportamento distinto, a cobertura com sorgo (-14,58%) proporcionou maior deslizamento da roda motriz e o capim mombaça (-10,09%) menor, provavelmente devido a uniformidade de distribuição que a cobertura com capim mombaça proporciona na superfície do solo, pode ter favorecido a atuação dos órgãos ativos da semeadora-adubadora, bem como o maior contato da roda côncava de borracha com o solo.

Furlani et al. (2008) afirmam que os mecanismos dosadores da semeadora-adubadora são acionados por meio das rodas motrizes que giram quando entram em contato com a superfície do solo, o que causa deslizamento dos rodados da semeadora-adubadora, ou seja, patinamento negativo, pois os rodados são arrastados em função do deslocamento do trator. Os autores também observaram que no plantio direto o arraste das rodas foi menor quando comparado com o plantio convencional, pois o solo encontra-se mais mobilizado, o que pode causar maior resistência ao rolamento e, conseqüentemente, maior arraste dos rodados da semeadora-adubadora.

4. Conclusão

As plantas de cobertura não influenciam no desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora, exceto para o deslizamento da roda motriz da semeadora-adubadora.

O mecanismo sulcador tipo disco proporcionou melhor desempenho operacional e energético para o conjunto trator-semeadora-adubadora, exceto no consumo específico e consumo específico por área mobilizada.

Recomenda-se o uso de plantas de coberturas associado com o sulcador tipo disco duplo na semeadura do milho realizada no solo franco arenoso.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- Arcoverde, S. N. S., Cortez, J. W., & Souza, C. M. A. (2017). Análise de capacidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. *Nucleus*, 14(1), 165-176. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1696>
- ASAE – American Society of Agricultural Engineers. (2003). *General terminology of traction of agricultural traction and transport devices and vehicles* (ASAE S296.5 DEC03), St. Joseph, 119-122.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. (1997). *Terminology and definitions for agricultural tillage implements*. In: ASAE - American Society of Agricultural Engineers. ASAE Standards 1997: Standards Engineering Practices Data, St. Joseph, 254-75.
- Chioderoli, C. A., Furlani, C. E. A., Silva, R. P. da, Gitti, D. de C., Kaneko, F. H., & Roman, R. A. A. (2010). Desempenho de semeadora-adubadora em função do preparo de solo e espaçamento da cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical Goiânia*, 40(4), 462-467. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632010000400007>
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. CONAB, 9 (4). https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/safra-boletim-da-safra-de-graos/item/download/40828_0bad57072b38a160412f36392313de55
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos.
- Francetto, T. R., Alonço, A. S., Bellé, M. P., Veit, A. A., & Silva, W. P. (2016). Força de tração e potência demandada por mecanismos de corte e sulcadores de semeadora-adubadora. *Energia na Agricultura*, 31(1), 17-23. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n1p17-23>
- Francetto, T. R., Alonço, A. S., Bellé, M. P., Franck, C. J., & Carpes, D. P. (2015). Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta. *Revista Engenharia Agrícola*, 35(3), 542-554. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p542-554/2015>
- Furlani, C. E. A., Silva, R. P. da, Carvalho Filho, A., Cortez, J. W., & Grotta, D. C. C. (2008). Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, 32, 345-352. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100032>
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2017). *Perfil Municipal – Fortaleza 2017*. Fortaleza, Governo do Estado do Ceará: IPECE. https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf
- Iqbal, M., Marley, S. J., Erbach, D. C., & Kaspar, T. C. (1998). An evaluation of seed furrow smearing. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41(5), 1243-1248. https://www.researchgate.net/profile/Tom-Kaspar/publication/260083281_An_evaluation_of_seed_furrow_smearing/links/55a3ba9a08ae72349bbccdf/An-evaluation-of-seed-furrow-smearing.pdf
- Jasper, S. P., & Silva, P. R. A. (2015). Comparação econômica de diferentes mecanismos sulcadores de semeadoras em plantio direto de milho. *Nucleus*, 12(1), 181-188. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1185>
- Lambrecht, E., Ferreira, M. F., Medeiros, F. A., & Reis, Â. V. (2017). Semeadoras-adubadoras da atualidade e sua compatibilidade com tratores de baixa potência. *Revista Thema*, 14(2), 274-285. <http://dx.doi.org/10.15536/thema.14.2017.274-285.384>
- Levien, R., Furlane, C. E. A., Gamero, C. A., Conte, O., & Cavichioli, F. A. (2011). Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo em nível e no sentido do declive do terreno. *Revista Ciência Rural*, 41(6), 1030-1010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000600014>
- Londero, R., Oliveira, R. B. de, Nascimento, J. M. do, Arcoverde, S. N. S., & Secretti, M. L. (2020). Dependência espacial da fertilidade do solo sob plantio direto e suas relações com a produtividade da soja. *Caderno de Ciências Agrárias*, 12, 01-08. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.25450>
- Mahl, D. (2006). *Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho* (Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista). Repositório institucional da Universidade Estadual Paulista. <http://hdl.handle.net/11449/101735>
- Mialhe, L. G. (1996). *Máquinas agrícolas: Ensaio & certificação de tratores*. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.

- Milagres, R. S., Furtado Júnior, M. R., Silva, A. C., & Fontes, J. M. (2015). Desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora em função do mecanismo sulcador e velocidade de deslocamento. *Engenharia na Agricultura*, 23(2), 143-153. <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984/reveng.v23n2p143-153>
- Modolo, A. J., Franchin, M. F., Trogello, E., Adami, P. F., Scarsi, M., & Carnieletto, R. (2013). Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. *Revista Engenharia Agrícola*, 33(6), 1200-1209. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000600013>
- Montgomery, D. C. (2004). *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. (4a ed.), LTC.
- Santos, V. C., Santos, P. R. A., Lima, I. O., Pereira, V. R. F., Gonçalves, F. R. F., & Chioderoli, C. A. (2016). Performance of a seeder according to the displacement velocity and furrowing mechanism of fertilizer deposition. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(3), 286-291. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p286-291>
- Silva, M. A., Nascente, A. S., Frasca, L. L. de M., Rezende, C. C., Ferreira, E. A. S., Filippi, M. C. C. de, Lanna, A. C., Ferreira, E. P. de B., & Lacerda, M. C. (2021). Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. *Research, Society And Development*, 10(12), 1-11. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20008>
- Singh, R. C., Singh, G., & Saraswat, D. C. (2005). Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds. *Biosystems Engineering*, 92(4), 429-438. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.07.002>
- Souza, C. M. A. de, Rafull, L. Z. L., Arcoverde, S. N. S., Bottega, E. L., & Orlando, R. C. (2019). Desempenho de semeadora-adubadora de milho de segunda safra em semeadura direta. *Revista Agrarian*, 12(45), 346-353. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i45.7965>
- Zanão Júnior, L. A., Lana, R. M. Q., Carvalho-Zanão, M. P., & Guimarães, E. C. (2010). Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. *Revista Ceres*, 57, 429-438. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000300021>