



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

GUILHERME RODRIGUES DE BRITO

**DESEMPENHO OPERACIONAL NA SEMEADURA DE MILHO COM DIFERENTES
MECANISMOS SULCADORES**

**BRASÍLIA, DF
2019**

GUILHERME RODRIGUES DE BRITO

**DESEMPENHO OPERACIONAL NA SEMEADURA DE MILHO COM DIFERENTES
MECANISMOS SULCADORES**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – FAV/UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

BRASÍLIA, DF

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Brito, Guilherme Rodrigues

"DESEMPENHO OPERACIONAL NA SEMEADURA DE MILHO COM DIFERENTES MECANISMOS SULCADORES". Orientação: Tiago Pereira da Silva Correia, Brasília 2019. 34 páginas. Monografia de Graduação (G) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

1. haste sulcadora. 2. disco duplo 3. consumo de combustível 4. produtividade de grãos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRITO, G. R. **DESEMPENHO OPERACIONAL NA SEMEADURA DE MILHO COM DIFERENTES MECANISMOS SULCADORES**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 34 páginas, 2019. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: GUILHERME RODRIGUES DE BRITO

Título da Monografia de Conclusão de Curso: DESEMPENHO OPERACIONAL NA SEMEADURA DE MILHO COM DIFERENTES MECANISMOS SULCADORES.

Grau: 3° **Ano:** 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para fins acadêmicos e/ou científicos. O autor reserva-se outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

GUILHERME RODRIGUES DE BRITO

CPF: 042.866.921-24

SGAN 912, Park Ville, Brasília – DF

(61) 99938-0396 / e-mail: guilhermexiiv@gmail.com

GUILHERME RODRIGUES DE BRITO

DESEMPENHO OPERACIONAL NA SEMEADURA DE MILHO COM DIFERENTES MECANISMOS SULCADORES

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – FAV/UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(ORIENTADOR) e-mail: tiagocorreia@unb.br

Engenheiro Agrônomo Alexandre Pinto Ferreira de Almeida Faria
PPG da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(EXAMINADOR) e-mail: alexandreagro20@gmail.com

Engenheiro Agrônomo Arthur Gabriel Caldas Lopes
PPG da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(EXAMINADOR) e-mail: arthur.grb10@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por todas as bênçãos a mim concedidas.

Aos meus pais, Almando Vieira de Brito e Neide Rodrigues Barbosa de Brito por todo apoio, incentivo, estrutura, amor, carinho, compaixão e ensinamentos passados, transmitindo a força necessária para superar os momentos mais difíceis durante essa trajetória.

A minha irmã Amanda Rodrigues de Brito por todo auxílio, carinho e paciência. Ao meu filho Joaquim Rodrigues Lima, pelos momentos de alegria, e a todos os familiares e pessoas próximas que de alguma forma contribuiu para esse momento especial.

Ao meu orientador, amigo e professor, Dr. Tiago Pereira da Silva Correia, pela paciência e capacidade de transmitir conhecimentos, dentro e fora do meio acadêmico. Aos amigos, Arthur Gabriel Caldas Lopes e Karen Pereira da Silva Carneiro, por todo apoio, ajuda e diversão no experimento. A todos colegas, professores e funcionários da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa (FAL) e equipe do Laboratório de máquinas e mecanização agrícolas (LAMAGRI/FAL-UNB).

RESUMO

O cultivo de milho no Brasil tem sido realizado predominantemente em sistema plantio direto, substituindo o sistema de preparo convencional do solo. A interação entre o não revolvimento do solo, manejo inadequado da criação de animais e intenso tráfego de máquinas agrícolas, proporcionam gradativamente a compactação dos solos, desencadeando efeitos negativos como perda de produtividade de grãos. Diante do problema as semeadoras-adubadoras passaram a serem equipadas com mecanismo sulcador do tipo haste, para qual simultaneamente a operação de semeadura seja realizada a descompactação superficial do solo. Entretanto, o que tem sido observado é que o mecanismo passou a ser adotado de forma sucessiva entre semeaduras, sendo restritas informações a prática. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho operacional, resistência do solo à penetração e produtividade de grãos de milho na semeadura com sulcador do tipo disco duplo e haste sulcadora. O experimento foi realizado a campo na Fazenda Experimental Água Limpa, situada em Brasília-DF pertencente à Universidade de Brasília. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições cada. Os tratamentos foram constituídos por: semeadura com mecanismo sulcador do tipo haste e semeadura com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desconstruído. Ambas em plantio direto contendo 970 kg ha⁻¹ de palhada de braquiária dessecada, o conjunto trator/semeadora-adubadora utilizado foi de 149cv (109,58 kW) de potência e sete linhas de semeadura espaçadas em 0,5 m. As variáveis avaliadas foram: consumo horário de combustível (Chc), patinagem e avanço dos rodados do trator, capacidade de campo efetiva (Cce), resistência do solo a penetração (RP) e produtividade de grãos de milho. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os resultados indicaram maior patinagem, avanço e Chc na semeadura com haste. A RP foi reduzida após semeadura com mecanismo sulcador de adubo do tipo haste. A produtividade de grãos não diferiu, entre os mecanismos sulcadores estudados.

Palavra-chave: haste sulcadora, disco duplo, consumo de combustível, produtividade de grãos.

ABSTRACT

Corn cultivation in Brazil has been predominantly carried out in a no-tillage system, replacing the conventional soil tillage system. The interaction between non-revolving of the soil, inadequate management of animal husbandry and intense traffic of agricultural machinery, gradually provide soil compaction, triggering negative effects such as loss of grain yield. In view of the problem, the fertilizer-seedings began to be equipped with a stem furrower mechanism, for which simultaneously the sowing operation, surface decompression of the soil is performed. However, what has been observed is that the mechanism has been adopted successively between sowing, and information is restricted to practice. Thus, the objective of this work was to evaluate the operational performance, soil resistance to penetration and yield of corn grains in the sowing with double disc furrower and stem. The experiment was carried out in the field at the Água Limpa Experimental Farm, located in Brasília-DF and belonging to the University of Brasilia. The experimental design used was completely randomized with two treatments and four replicates each. The treatments consisted of: sowing with furrower mechanism of the stem type and sowing with furrower mechanism of the double disc type not found. Both in no-tillage containing 970 kg ha⁻¹ of straws brachiaria straw, the tractor/seeder-fertilizer set used was 149hp (109.58 kW) of power and seven sowing lines spaced at 0.5 m. The variables evaluated were: hourly fuel consumption (Chc), skating and advancing tractor mowers, effective field capacity (Cce), soil resistance to penetration (PR) and productivity of corn grains. The data obtained were submitted to variance analysis and the means compared by the Tukey test ($p \leq 0.05$). The results indicated higher skating, advancement and Chc in sowing with stem. PR was reduced after sowing with stem-type furrower mechanism. Grain yield did not differ, among the furrower mechanisms studied.

Key word: furrower stem, double disc, fuel consumption, grain yield.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1. Cultura do milho (<i>Zea mays</i> L.)	11
3.2. Sistema plantio direto e compactação do solo	12
3.3. Semeadoras-adubadoras e mecanismos sulcadores	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Campo experimental	15
4.2. Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	16
4.3. Preparo da área	16
4.4. Semeadura	17
4.5. Tratos culturais	18
4.6. Variáveis avaliadas	19
4.6.1. Resistência à penetração do solo (RP).	19
4.6.2. Consumo horário de Combustível (Chc).	20
4.6.3. Patinagem e avanço	21
4.6.4. Capacidade de campo efetiva (Cce)	22
4.6.5. Produtividade de grãos	22
4.7. Análise estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperaturas médias. _____	15
Figura 2. Croqui experimental. _____	16
Figura 3. Mecanismos sulcadores. _____	17
Figura 4. Haste sulcadora. _____	18
Figura 5. Penetrômetro de impacto. _____	20
Figura 6. Consumo de combustível (Chc). _____	23
Figura 7. Patinagem e avanço. _____	24
Figura 8. Capacidade de campo efetiva (Cce). _____	25
Figura 9. Resistência do solo à penetração (RP). _____	26
Figura 10. Produtividade de grãos de milho. _____	27

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho possui grande importância no cenário agropecuário brasileiro, sendo atualmente o segundo grão mais produzido e comercializado no país.

Dentre os possíveis sistemas de cultivo da cultura o plantio direto é atualmente o mais utilizado substituindo o sistema convencional de preparo do solo, e as operações com arados e grades. Fundamentado na semeadura direta sobre solo coberto com palhada, o sistema plantio direto não faz uso de implementos de preparo do solo para mobilização do mesmo, sendo a mobilização restrita apenas no sulco de semeadura para deposição de adubo e sementes. Entretanto o uso intensivo do solo, o pisoteio animal oriundo dos sistemas de integração lavoura pecuária e o acentuado tráfego de máquinas agrícolas e veículos de transporte de produção, proporcionam, ao longo de sucessivas safras a compactação do solo.

Com o intuito de solucionar condições de solos superficialmente compactados foi desenvolvido para semeadoras-adubadoras o mecanismo sulcador do tipo haste. Em substituição ao tradicional mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado, a haste sulcadora possibilita de forma simultânea a escarificação do solo e a semeadura, descompactando superficialmente o solo, reduzindo o número de operações e possibilitando deposição de adubo em maior profundidade. Contudo, é sabido por pesquisas que a haste sulcadora possui maior exigência de tração, onde pode elevar os custos de produção.

Embora exija maior força de tração, é notado o uso contínuo de haste sulcadora nas operações de semeadura, sendo ignorados o monitoramento da compactação do solo, a produtividade de grãos e o possível maior custo de produção por possibilidade de maior consumo de combustível. Nota-se em diversos casos que a tomada de decisão para uso da haste sulcadora não é baseada na real necessidade de escarificação do solo, e sim na falta de tecnificação e orientação adequada aos produtores, mantendo o mecanismo instalado na semeadora-adubadora por sucessivas safras. Diante do exposto é notório desconhecimento técnico de profissionais e produtores sobre a operação de semeadura com o mecanismo sulcador de adubo do tipo haste.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho operacional, resistência do solo à penetração e produtividade de grãos de milho na semeadura com haste sulcadora e disco duplo desencontrado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura do milho (*Zea mays* L.)

A cultura do milho, cereal com origem no México e cultivo nas Américas do norte, sul e central, Guatemala, Paraguai e Colômbia a aproximadamente 11 milhões de anos, podendo ser cultivada desde regiões mais baixas ao nível do mar, até 3.600 m de altitude (Barbosa Neto et al., 2008).

O milho é uma gramínea anual de ciclo vegetativo distinto variando em cultivares precoces e tardias, apresentando ciclo variável no Brasil entre 110 e 160 dias (Fancelli, 2015).

Atualmente o milho é a cultura agrícola mais cultivada no mundo, ultrapassando um bilhão de toneladas de grãos produzidos. Estimativas apontam para o crescimento contínuo do consumo e produção do grão, tendo em vista a utilização do cereal em importantes cadeias produtivas, como a de produção animal, rações e biocombustível (Miranda et al., 2014).

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho, superado apenas por Estados Unidos e China. Na safra 2018/2019 a produção foi de 99,9 milhões de toneladas em 17,5 milhões de hectares cultivados, em que os estados localizados na região centro-oeste representam 8,5 milhões de hectares de área cultivada com produtividade média de 6.197 kg ha⁻¹ e destaque à produtividade média do Distrito Federal de 8.042 kg ha⁻¹, contribuindo com a produtividade média brasileira de 5.715 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019).

O clima, de acordo com (Fancelli, 1988), é o fator que oferece maiores desafios para a cultura do milho, pois outros fatores já possuem razoável acervo de resultados de pesquisa para suporte produtivo da cultura, sendo necessário no mínimo 400 mm de água durante seu ciclo, temperaturas entre 25 e 30 °C e densidade de plantas entre 60 e 85 mil plantas por hectare para melhor aproveitamento da radiação solar.

Para (Bergamaschi e Matzernauer, 2014) o déficit hídrico é o fator com maior influência para a variável produtividade, pois a restrição de água afeta todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento da planta, influenciando e provocando modificações nos processos fisiológicos, morfológicos e nas interações bioquímicas,

causando modificações na anatomia das plantas, diminuindo a produtividade de grãos.

3.2. Sistema plantio direto e compactação do solo

O sistema plantio direto (SPD) foi introduzido no Brasil no início da década de 1970 como método alternativo de preparo do solo, visando principalmente o controle de erosões na região sul. O sistema necessita de alguns princípios básicos para sua manutenção, sendo esses: planejamento de um sistema de rotação de culturas, manejo dos restos culturais e culturas de cobertura do solo, sistematização da lavoura, manejo de fertilidade, implementos e capacitação do usuário de acordo com (EMBRAPA, 2000).

O sistema convencional, fundamentado na preparação do solo em duas etapas, sendo à primeira o preparo primário realizado com o auxílio de grades e arados com o intuito de revirar o solo, incorporar restos vegetais, corretivos, fertilizantes e plantas daninhas e à segunda etapa realizada com o intuito de destorroar e nivelar o solo, a vantagem desse sistema é a melhor incorporação dos resíduos, fertilizantes e eliminação inicial de plantas invasoras, porém provoca maior índice de compactação e perda do solo (EMBRAPA, 2007).

Segundo (Tormena et al., 1998), o SPD constitui da semeadura sobre palhada dessecada de espécies cultivadas, vegetação espontânea, ou resíduos de colheita de outros cultivos. Sendo uma técnica eficiente no controle das perdas de solo e água, juntamente com outras vantagens que o sistema oferece.

Conforme (Goedert et al., 2002) solos onde o preparo é realizado de forma convencional com uso de arados e grades, as camadas mais profundas são constantemente afetadas, possuindo elevada compactação, essa compactação é causada por alterações no arranjo das partículas do solo, na qual as operações de manejo conduzidas nas áreas de plantio, realizadas de maneira incorreta possuem influência significativa no rearranjo dessas partículas. Portanto umas das vantagens do SPD é a menor compactação do solo nessas camadas.

(De Maria et al., 1999) atribui fatores como teor de argila, matéria orgânica, profundidade de alcance dos implementos, mobilização e o tipo de implemento utilizado como fundamentais para prevenir a modificação na estrutura do solo.

O menor desenvolvimento radicular, afeta o crescimento e produção das culturas, acarretando menor resistência da planta a períodos com restrição hídrica, causando ainda menor capacidade de infiltração de água no solo, pela menor área de contato das raízes, e conseqüentemente menor aeração do solo, contribuindo com a perda do solo pelo processo de erosão (EMBRAPA, 2003).

(Molina, 2017) ratifica que o desenvolvimento das raízes possui interferência direta na qualidade e produtividade da lavoura, pois com a emergência e desenvolvimento das plântulas dificultadas, as mesmas possuem menor capacidade de extrair nutrientes e água do solo, estando mais suscetíveis ao ataque de pragas e patógenos e menor competitividade com plantas invasoras, implicando na diminuição da produtividade das plantas.

3.3. Semeadoras-adubadoras e mecanismos sulcadores

Conforme (Portella et al., 1997) as semeaduras devem ser adequadas a realidade vivida por cada produtor, buscando o melhor desempenho para as condições encontradas em cada região, devido a extensão territorial existente no Brasil e as diferentes características de cada solo, buscando novas alternativas para abertura de sulco.

De acordo com (Mialhe, 2012), as semeadoras-adubadoras utilizadas no sistema plantio direto desempenham as funções de cortar palha, abrir o sulco de semeadura, dosar sementes e adubos nas quantidades desejadas, depositar os insumos em profundidades e equidistâncias corretas, fechar e comprimir o sulco de semeadura.

Segundo Coelho (1996), as semeadoras-adubadoras podem ser caracterizadas como implemento composto por mecanismos dosadores e condutores de sementes reunidos em um único conjunto, e os dosadores de adubo fixados na parte inferior do reservatório comum de fertilizantes, constituídas pelos seguintes grupos básicos de componentes: reservatórios; mecanismos dosadores; mecanismos de condução e lançamento; mecanismos abridores de sulco; mecanismos de adensamento do leito de semeadura; mecanismo de transmissão de movimentos; mecanismos de acoplamento e sustentação.

Para (Mialhe, 2012) os mecanismos sulcadores, possuem a função de realizar a abertura do sulco de semeadura em profundidade pré-determinada. Conforme (Reis

et al., 2006) o tipo de mecanismo para abertura de sulco de semeadura possui influência direta no desenvolvimento da cultura, pois o revolvimento do solo ocorre apenas na linha de semeadura e o ambiente físico entre semente e solo é influenciado diretamente por esses mecanismos.

De acordo com (Furlani et al., 2013) a função de descompactação da camada superficial do solo e o preparo localizado na linha de semeadura, passou a ser executado pelos mecanismos sulcadores de adubos do tipo haste sulcadora.

(Silveira, 1989) descreve o mecanismo sulcador do tipo haste como sendo uma peça fixa em formato de facão, provida de uma lâmina para corte e rompimento do solo, extremidade pontiaguda para penetração no mesmo, realizando a abertura do sulco, este mecanismo é ideal para áreas com menor índice de restos vegetais e maior densidade do solo.

Os discos duplos são componentes que adquirem rotação ao serem tracionados, podendo ser do tipo desencontrado, possui limpadores no qual facilita a abertura do sulco em solos com maior quantidade de palha, já que a disposição dos discos e o mecanismo de limpeza permitem o deslocamento no solo com menor exigência de tração sem o arrasto e acúmulo de palha e restos vegetais entre os discos (Silveira, 1989).

Conforme (Reis et al., 2006) por promoverem maior mobilização do solo na abertura do sulco de semeadura, as hastes sulcadoras estão sendo os mecanismos mais utilizados em relação aos discos duplos. Porém por acarretar maior revolvimento do solo o uso intensivo desse mecanismo pode aumentar o risco por infestação de ervas daninhas, fora a já sabida maior exigência de força tração.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Campo experimental

O experimento foi realizado a campo na fazenda Experimental Água Limpa (FAL), pertencente a Universidade de Brasília e localizada em Brasília-DF.

A área experimental utilizada foi de 1.400 m² situada sobre as coordenadas geográficas de latitude 15°56'40''S e longitude 47°55'52''W, com 1084 m de altitude.

O histórico de uso da área é de cultivo de grãos durante o verão e pastagem de braquiária para bovinos durante as demais estações. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2018).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é o Aw tropical, com estação seca no inverno (maio a outubro) e estação chuvosa no verão (novembro a abril), temperatura média de 18,2°C no inverno e 21,3 °C no verão, precipitação superior a 750 mm podendo atingir 1800 mm anuais.

As condições de precipitação pluviométrica e temperaturas durante a realização do experimento são apresentadas na Figura 1 e foram obtidas na estação meteorológica da FAL.

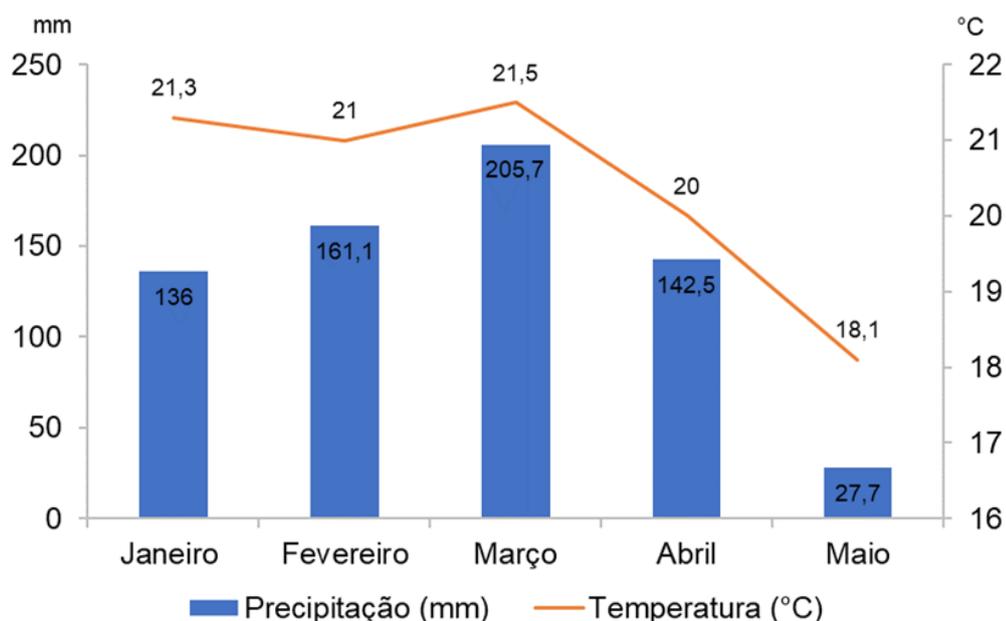


Figura 1. (Fonte: Brito, 2019). Precipitação pluviométrica e temperaturas médias durante o período de realização do experimento.

4.2. Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo considerados dois tratamentos com quatro repetições cada. Os tratamentos considerados foram: semeadura com mecanismo sulcador do tipo haste e semeadura com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado.

As parcelas experimentais foram dimensionadas com 50 m de comprimento e 3,5 m de largura cada (Figura 2), sendo utilizados 20 m lineares de área útil para avaliações em cada parcela.

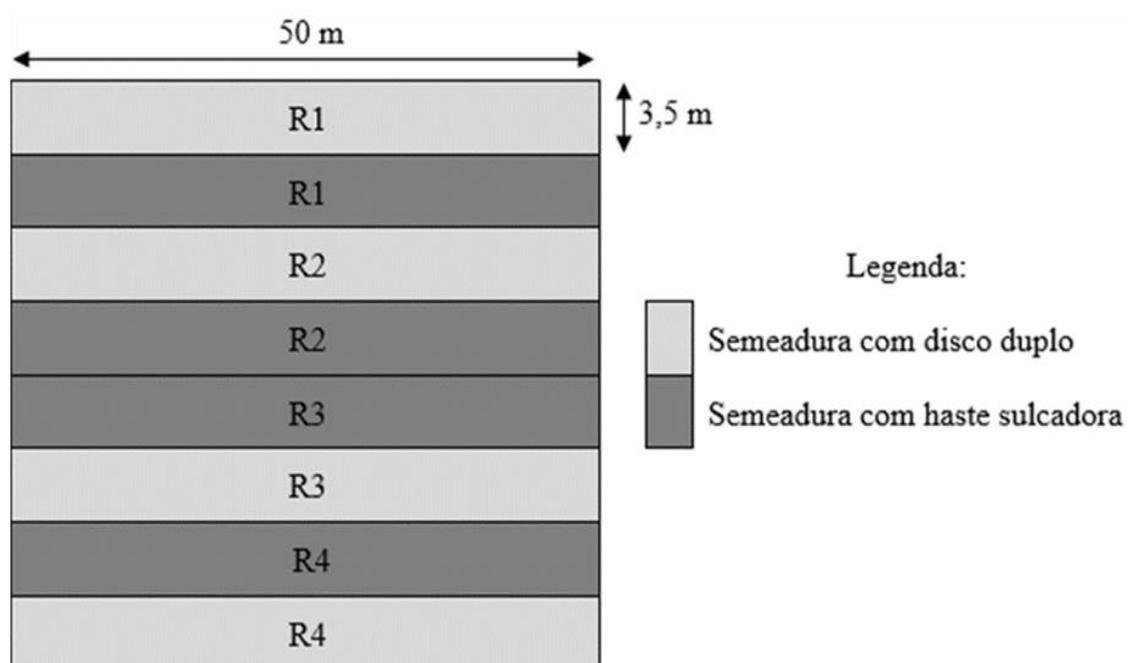


Figura 2. (Fonte: Brito, 2019). Croqui experimental.

4.3. Preparo da área

O preparo da área experimental foi realizado com a dessecação da vegetação de cobertura, predominantemente *Brachiaria ruziziensis*, 25 dias antes da semeadura, utilizando herbicida Glifosato (Concentração de 480 g L⁻¹) na dosagem de 2,5 L ha⁻¹ e taxa de aplicação de 250 L ha⁻¹. Para pulverização foi utilizado um pulverizador tratorizado marca Jacto®, modelo Condor 600 AM12, com capacidade de 600 L, 12 m de barra e 24 pontas de pulverização do tipo jato plano espaçadas em 0,5 m. O pulverizador foi acoplado ao sistema hidráulico de três pontos de um trator marca New Holland, modelo TL85 4 x 2 TDA, com 64,72 kW (88cv) de potência bruta no motor e velocidade operacional utilizada de 5,5 km h⁻¹.

4.4. Semeadura

A semeadura foi realizada em sistema plantio direto sobre palhada de *Brachiaria ruziziensis*. Para quantificação da palhada na área, utilizou-se de um gabarito com 1 m² disposto no solo, retirando 8 amostras aleatórias, pesando-as antes e após secagem em estufa a 60 °C até atingir peso constante, obtendo os resultados em kg ha⁻¹.

As sementes utilizadas foram do híbrido de milho AG8700 PRO3, sendo adotada densidade de semeadura de 3,5 sementes m⁻¹ e espaçamento entre sulco de semeadura de 0,5 m. A adubação de base foi realizada na linha de semeadura utilizando dosagem equivalente a 500 kg ha⁻¹ do formulado NPK 04-14-08.

A semeadora-adubadora utilizada foi da marca Jumil[®], modelo JM3060PD, equipada com sete unidades de semeadura, reservatórios individualizados para sementes e múltiplos para adubo, mecanismo dosador de sementes do tipo disco horizontal alvéolado, mecanismo dosador de adubo do tipo rosca helicoidal Fertisystem e disco de corte de palha liso de 17". Os mecanismos sulcadores de adubo utilizados para semeadura dos tratamentos foram do tipo disco duplo desencontrado (Figura 3 A) e haste sulcadora (Figura 3 B).

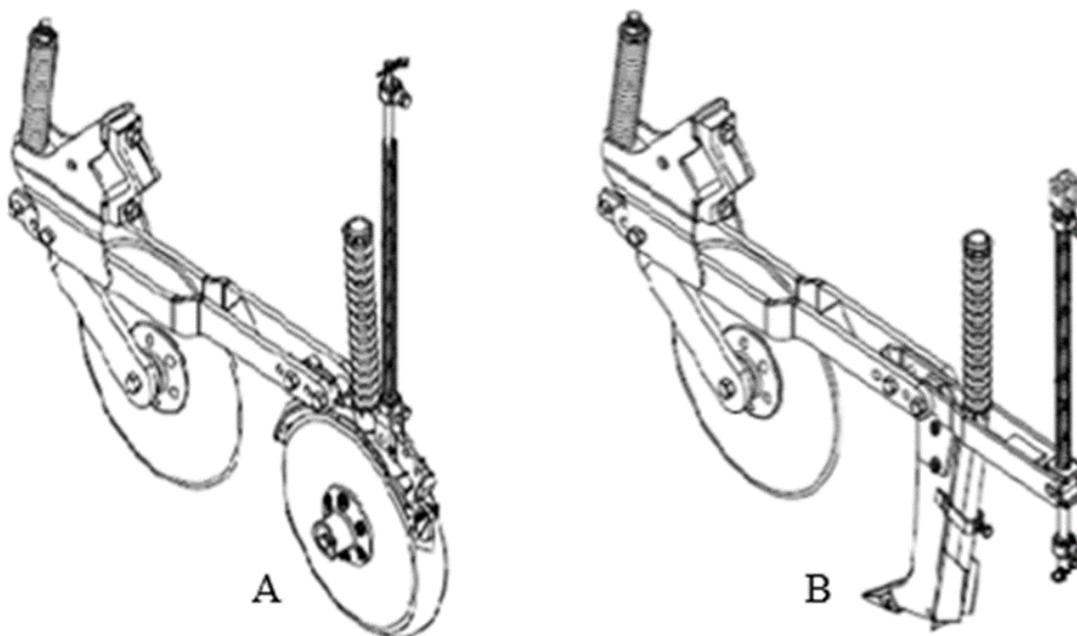


Figura 3. (Fonte: Jumil, 2009). Mecanismo sulcador de adubo do tipo disco duplo desencontrado (A) e haste sulcadora (B).

Os dois mecanismos sulcadores possuem regulagem de profundidade através de hastes reguladoras e conjunto de molas. Os discos duplos desencontrados são de extremidade lisa e 15" de diâmetro cada, e a haste sulcadora é do tipo parabólica com ponteira pontiaguda reta inclinada em 23° em relação a superfície do solo (Figura 4), haste com 70 mm de largura e 470 mm de altura (H), ponteira com 22 mm de largura e 45 mm de comprimento (h). Os discos duplos desencontrados trabalharam em profundidade de 10 cm e as hastes sulcadoras em 15 cm.

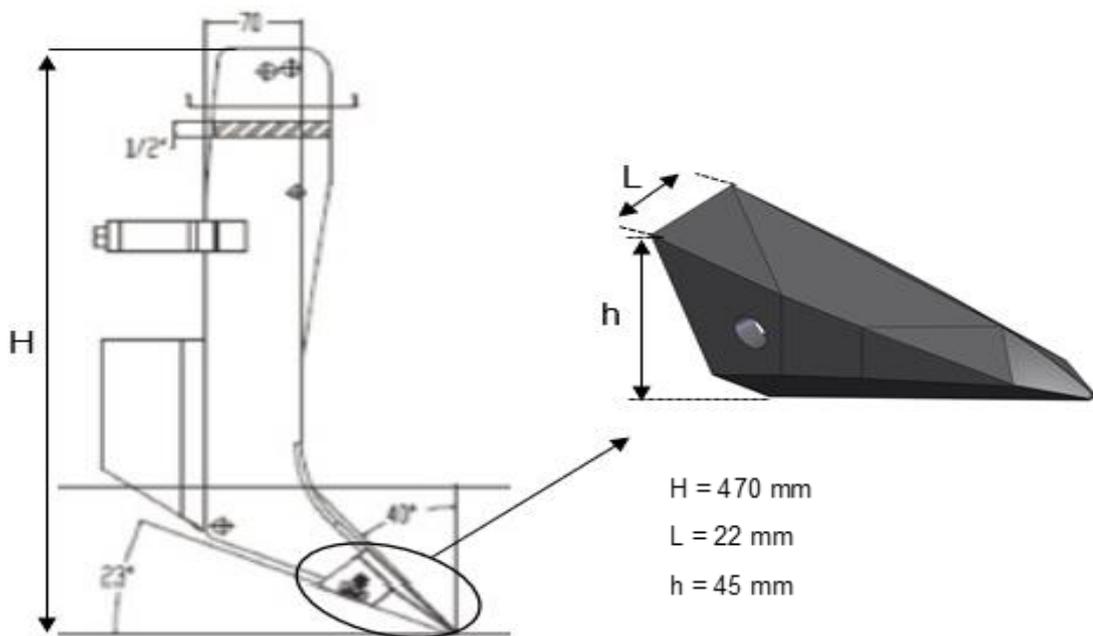


Figura 4. (Jumil, 2009). Haste sulcadora do tipo parabólica com ponteira pontiaguda reta inclinada em 23°. Fonte:

A semeadora-adubadora foi tracionada pela barra de tração de um trator de pneus marca New Holland, modelo TM7020 4 x 2 TDA, de 109,58 kW (149cv) de potência bruta no motor. A velocidade operacional utilizada foi de 5,5 km h⁻¹, mantida para a operação de semeadura com os dois mecanismos sulcadores estudados.

4.5. Tratos culturais

Aos 30 dias após a semeadura foi realizada adubação de cobertura, sendo aplicado a lanço 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK 20-05-20.

Aos 25 dias após a semeadura foi realizada a aplicação do herbicida glifosato (concentração de 480 g L⁻¹), na dosagem de 2,5 L ha⁻¹ e taxa de aplicação de 300 L ha⁻¹ de calda, para controle de plantas daninhas. Também aos 25 dias após a

semeadura foi realizada a aplicação de inseticida deltametrina (concentração de 25 g L⁻¹), na dosagem de 250 ml ha⁻¹ e taxa de aplicação de 350 L ha⁻¹, para controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

As aplicações foram realizadas com o conjunto trator/pulverizador descrito no item 4.3 sobre preparo da área experimental.

4.6. Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram consumo horário de combustível, patinagem e avanço dos rodados do trator, capacidade de campo efetiva, produtividade de grãos de milho e resistência do solo à penetração.

4.6.1. Resistência à penetração do solo (RP).

A RP foi determinada utilizando a metodologia descrita por (Stolf et al., 2014), sendo utilizado um penetrômetro de impacto Stolf, do tipo dinâmico, cuja a penetração de uma haste ocorre por impactos, conforme ilustra a Figura 5. Os dados obtidos foram submetidos a Equação 1, sendo os resultados de RP expressos em Mega Pascal (MPa). A variável RP foi avaliada em pré e pós semeadura dos tratamentos com quatro repetições por parcela, sendo os dados coletados para as profundidades: 0 - 5 cm; 5 - 10 cm e 10 - 15 cm no perfil do solo.

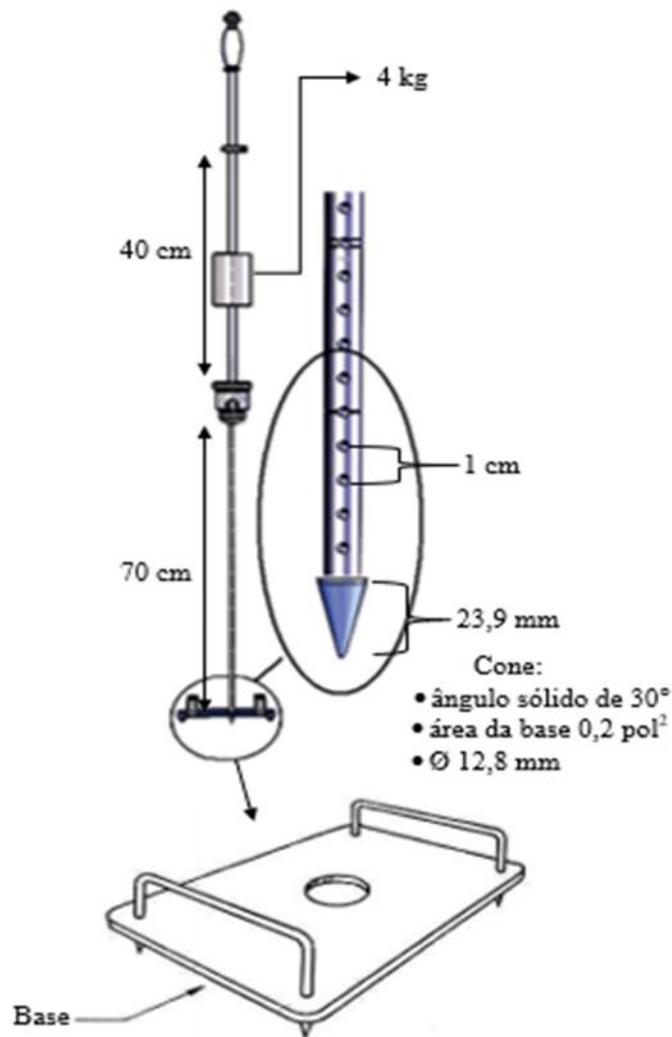


Figura 5. (Fonte: Stolf 2014). Penetrômetro de impacto Stolf.

$$RP = 0,56 + 6,89 \times (10 \times n) \quad (1)$$

Em que:

RP = resistência do solo à penetração (MPa)

n = é o número de impactos/penetração (cm)

4.6.2. Consumo horário de Combustível (Chc).

O Chc foi determinado com fluxômetro de provetas instalado no sistema de alimentação de combustível do trator. O sistema consiste em duas provetas graduadas de precisão 20 ml com capacidade de 2000 ml cada, uma instalada na entrada de combustível para bomba injetora do motor e outra na saída do retorno de

combustível dos bicos injetores para o tanque. O Chc é dado pela diferença volumétrica de combustível das provetas no intervalo de tempo demandado para operação em cada parcela, conforme Equação 2.

$$Chc = \frac{(Ve - Vs) \times 3600}{\Delta t} \div 1000 \quad (2)$$

Em que:

Chc = consumo horário de combustível ($L h^{-1}$)

Ve = volume de combustível na proveta de entrada ao final da operação (ml)

Vs = volume de combustível na proveta de saída ao final da operação (ml)

Δt = tempo demandado para operação na parcela (s).

4.6.3. Patinagem e avanço

A patinagem (P) e avanço (A) dos rodados traseiros e dianteiros do trator respectivamente, foram obtidos empregando metodologia descrita por Mialhe (1996), em que são contados o número de revoluções dos rodados traseiro do trator semeando e não semeando (tracionando a semeadora suspensa), e o número de revoluções dos rodados dianteiros do trator com tração dianteira auxiliar (TDA) desligada e ligada. Os dados obtidos são submetidos a Equação 3 e 4.

$$P = \frac{D0 - D1}{D1} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

P = patinagem dos rodados traseiros do trator (%).

$D0$ = número de revoluções dos rodados traseiros do trator semeando.

$D1$ = número de revoluções dos rodados traseiros do trator não semeando (tracionando a semeadora suspensa).

$$A = \frac{N0 - N1}{N0} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

A = avanço dos rodados dianteiros do trator (%).

N0 = número de revoluções dos rodados dianteiros com tração dianteira auxiliar ligada.

N1 = número de revoluções dos rodados dianteiros com tração dianteira auxiliar desligada.

4.6.4. Capacidade de campo efetiva (Cce)

A capacidade de campo efetiva foi obtida segundo a metodologia descrita por Mialhe (1974), através da Equação 5.

$$Cce = \frac{(V_m \times lt_e)}{10} \quad (5)$$

Onde:

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

V_m = velocidade média de deslocamento (km h⁻¹).

lt_e = largura de trabalho efetiva (m).

4.6.5. Produtividade de grãos

A produtividade de grãos foi obtida realizando a colheita manual das espigas presentes nas plantas das duas linhas centrais de 20 m de comprimento de cada parcela. A debulha foi realizada em trilhadora mecânica acoplada a um microtrator marca Yanmar Agritech®, modelo NSB14T, com 10,3 kW (14 cv) de potência. Os grãos foram pesados em balança digital de precisão 0,01 g, colocados para secar durante 24 horas em estufa a 105 °C, pesados novamente e o peso corrigido para 13% de teor de água, sendo os valores extrapolados para kg ha⁻¹ (Ras, 2009).

4.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro utilizando o software estatístico AgroEstat.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do consumo horário de combustível (Chc), são apresentados na Figura 6.

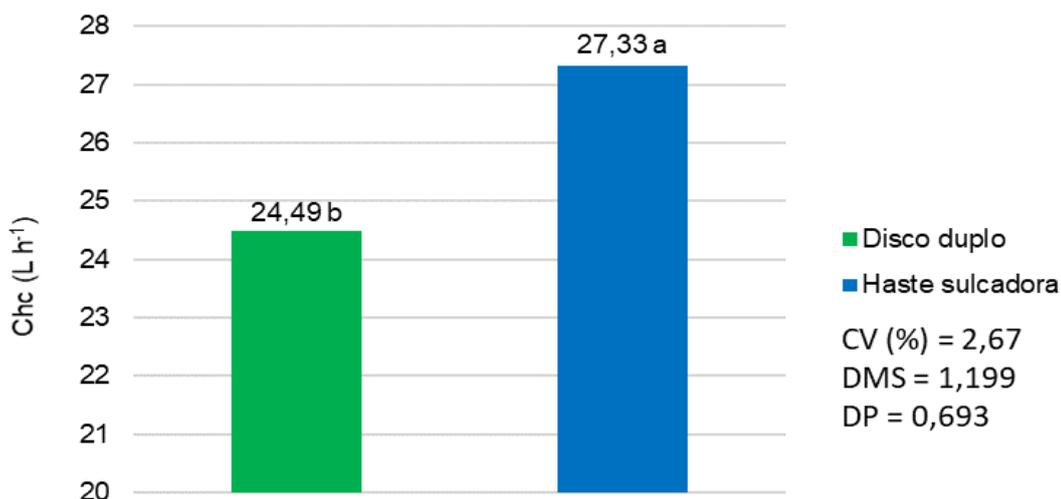


Figura 6. (Fonte: Brito, 2019). Consumo de combustível (Chc). Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; DP: desvio padrão.

O Chc apresentou diferença significativa para a operação de semeadura com disco duplo desencontrado e haste sulcadora. O Chc na semeadura com haste foi de 27,33 L h⁻¹, sendo 11,59% maior que o Chc obtido na semeadura com disco duplo desencontrado.

O resultado pode ser compreendido conforme descreve (Francetto et al., 2015), que o sulcador do tipo haste exige maior força de tração que o disco desencontrado, ocasionando maior consumo de combustível. Os autores mencionam ainda que o maior consumo pela haste ocorre em função da necessidade de aumentar a rotação do motor para suprir a maior demanda de força de tração. (Francetto et al., 2016), ao avaliarem mecanismos sulcadores de adubo concluíram que o requerimento médio de tração da haste sulcadora é 22,28% maior que o solicitado pelo disco duplos desencontrados, e que o consumo de combustível por haste é 3,88% maior.

(Silva, 2003), ao avaliar o Chc de um conjunto trator/semeadora com quatro linhas de semeadura e sulcador do tipo haste, verificou consumo 23% maior em

relação ao mesmo conjunto utilizando disco duplo desencontrado. Levien et al. (2011) encontraram Chc 20% superior da haste sulcadora em relação a discos duplos.

Para as variáveis patinagem e avanço dos rodados do trator, os resultados diferiram significativamente entre haste sulcadora e disco duplo, sendo apresentados na Figura 7.

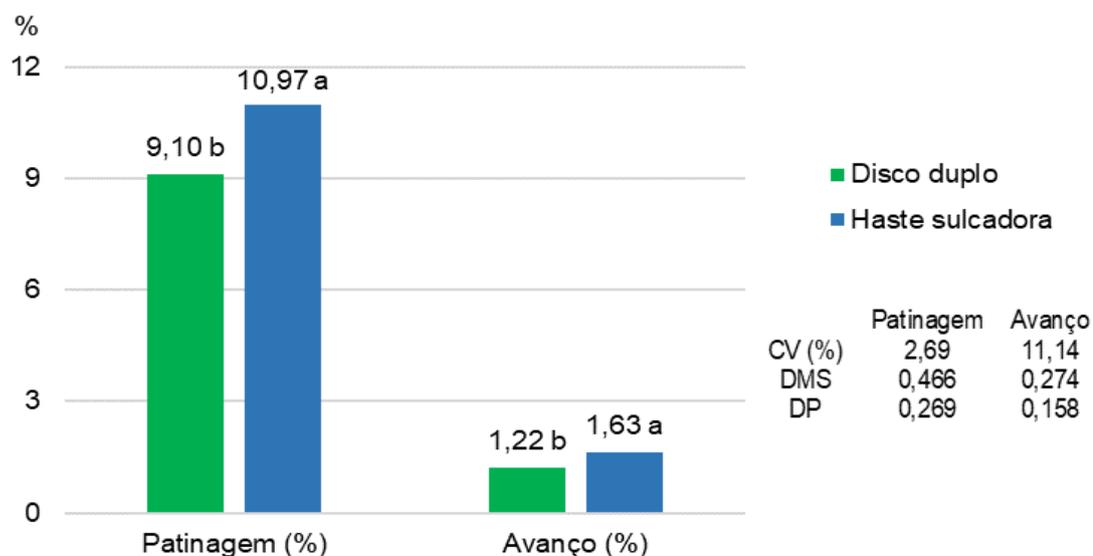


Figura 7. (Fonte: Brito, 2019). Patinagem e avanço (%). Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; DP: desvio padrão.

Maior patinagem e avanço, respectivamente 10,97% e 1,63%, foram obtidos com haste sulcadora, sendo superiores aos verificados com disco duplo. Os resultados corroboram conforme descrevem (Gamero & Lanças, 1996) ao realizarem trabalho avaliando haste. Os autores esclarecem que o fator patinagem e avanço dos rodados representam o deslizamento entre a superfície da banda de rodagem do pneu e o solo, e são fatores determinantes para que ocorra tração, tendendo a possuírem maiores valores devido a maior exigência de tração do mecanismo sulcador, especialmente haste.

A discussão corrobora também com (Cepik et al., 2002). De acordo com os autores o mecanismo sulcador com haste, que alcança maiores profundidades de trabalho e promove maior mobilização do solo, apresentam maior índice de patinagem que discos, sendo esses resultados de maior esforço de tração do trator. (Francetto et al., 2015), realizando ensaios mecanizados com diferentes tipos de sulcadores,

observou influência significativa do tipo de sulcador sobre o patinamento dos rodados motrizes do trator, sendo o índice com haste 4,44% maior que para disco duplo.

Relacionando os resultados das Figuras 6 e 7, é possível que o maior Chc seja consequência não somente da demanda de tração da haste sulcadora, mas também dos maiores índices de patinagem e avanço obtidos.

A capacidade de campo efetiva (Cce) não diferiu entre os mecanismos sulcadores estudados, sendo a média entre eles de 1,46 ha h⁻¹ e os resultados apresentados na Figura 8.

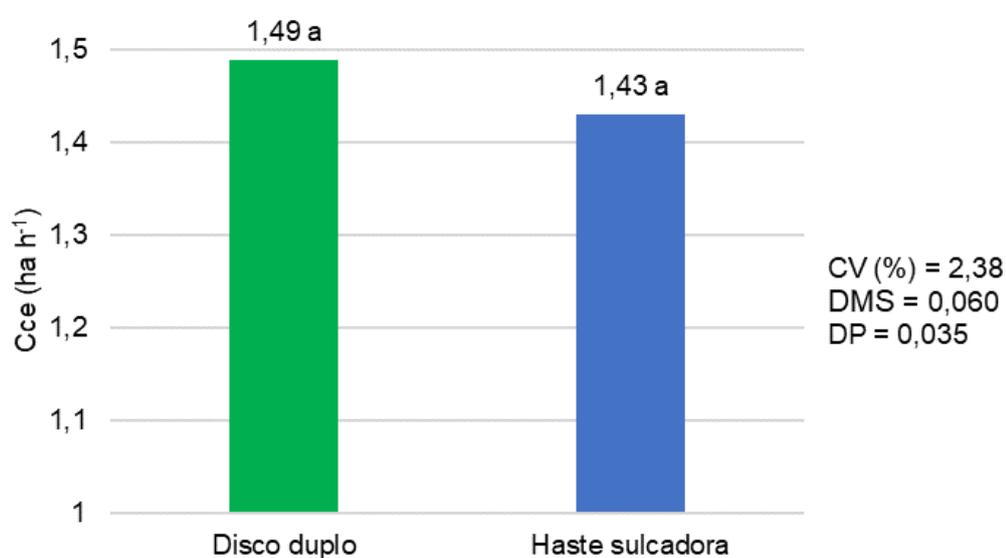


Figura 8. (Fonte: Brito, 2019). Capacidade de campo efetiva (Cce). Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; DP: desvio padrão.

A manutenção da velocidade operacional (5,5 km h⁻¹) para semeadura com ambos os mecanismos sulcadores é o principal fator explicativo para não diferença de Cce entre eles. Contudo é importante salientar que para suprir a demanda de tração da haste sulcadora mantendo a mesma velocidade operacional, foi necessário elevar o regime de rotação do motor do trator, contribuindo para maior Chc, patinagem e avanço apresentados nas Figuras 6 e 7.

Os resultados do trabalho corroboram com os obtidos por (Canova, 2010), ao avaliarem operações de semeadura utilizando 5 modelos distintos de hastes sulcadoras em mesma velocidade, obtiveram Cce média de 1,4 ha h⁻¹. Entretanto, os resultados divergem aos obtidos por (Silva, 2003), em que o autor encontrou diferença

significativa comparando mecanismos sulcadores. Utilizando mecanismo sulcador do tipo disco duplo a Cce foi 24% maior, segundo o autor isto ocorreu devido a menor velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora no mecanismo sulcador tipo haste. A menor velocidade de deslocamento do conjunto, quando se utilizou o mecanismo sulcador tipo haste, pode ter sido consequência de maior patinação do rodado motriz do trator, que consequentemente diminui a Cce.

Os resultados de resistência do solo a penetração (RP) são apresentados conforme a Figura 9.

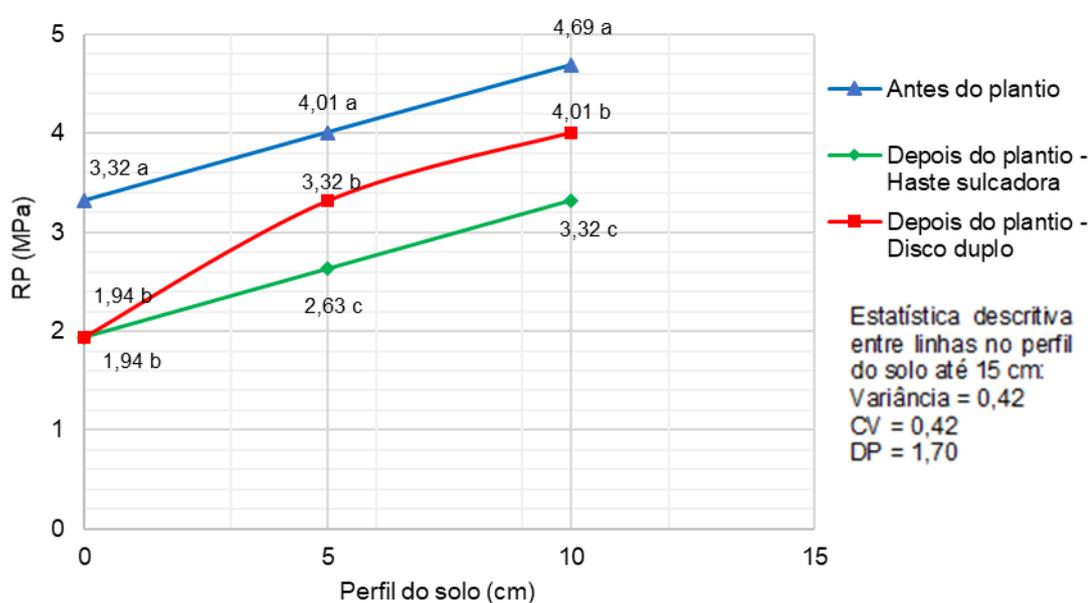


Figura 9. (Fonte: Brito, 2019). Resistência do solo a penetração (RP). Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV: coeficiente de variação; DP: desvio padrão.

Os resultados demonstram que independentemente do mecanismo sulcador utilizado a RP é reduzida após semeadura. Até a profundidade de 5 cm a RP não difere entre os mecanismos sulcadores estudados, sendo obtida RP média de 1,94 MPa, valor 41,5% menor que a RP verificada antes da semeadura. A partir de 10 cm até 15 cm de profundidade a RP difere entre os mecanismos sulcadores.

Nas profundidades de 10 e 15 cm os menores RP, 2,63 e 3,32 Mpa, foram obtidas após semeadura com haste sulcadora, sendo respectivamente 20,7 e 17,2% menor que a RP após semeadura com disco duplo e respectivamente 34,4 e 29,2% menor que a RP antes da semeadura. Os resultados corroboram com (Koakoski et al., 2007), que o uso da haste sulcadora proporciona menores valores de RP do que o

disco duplo, independentemente da profundidade do solo. O comportamento das curvas de RP se assemelha nos dois mecanismos rompedores, sendo a haste sulcadora mais efetivo na faixa de 10 a 15 cm de profundidade. No perfil de 0 a 10 cm (Reis et al. 2004) verificaram não haver diferença significativa na RP entre a haste sulcadora e o disco duplo.

Os resultados se assemelham ao obtido por (Tavares Filho et al., 2001), que ao avaliarem solos em diferentes sistemas de manejo verificaram RP de 3,54 MPa na profundidade de 15 cm em condição de plantio direto, evidenciando que a mobilização do sulco de semeadura pelo mecanismo sulcador do tipo haste é eficiente no quesito redução da RP.

A variável produtividade de grãos de milho não diferiu entre os mecanismos sulcadores, sendo os resultados apresentados conforme Figura 10.

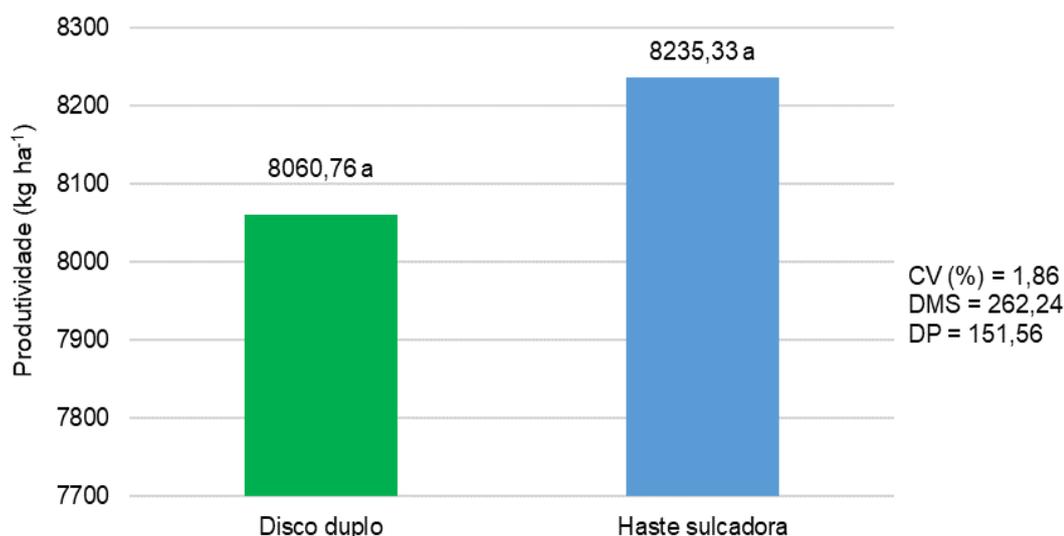


Figura 10. (Fonte: Brito, 2019). Produtividade de grãos de milho. Letras diferentes na coluna indicam significância entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; DP: desvio padrão.

A média de produtividade de grãos entre os mecanismos sulcadores foi de 8.148 kg ha⁻¹. O resultado corrobora com (Seki et al., 2015), que não verificaram diferença de produtividade de milho entre haste e disco duplo, sendo obtida média de 8.334,5 kg ha⁻¹. Semelhantemente (Modolo et al., 2013), não observaram diferença de produtividade de milho entre os mecanismos sulcadores, obtendo média de 11.456 kg ha⁻¹. (Trogello et al., 2013), (Levien et al., 2011) e (Trogelo et al., 2012), trabalhando

com os dois mecanismos sulcadores estudados, também não observaram diferenças para a produtividade de grãos de milho.

Entretanto, (ARF et al., 2008), em dois anos de experimento observaram incremento médio de 9,9% na produtividade de grãos de feijão, quando da utilização do mecanismo tipo haste. Os autores atribuem este fato à maior capacidade de rompimento do solo por parte do sulcador tipo haste, melhorando a qualidade física dos solos.

6. CONCLUSÕES

Para as condições de realização do trabalho conclui-se que:

- A haste sulcadora proporciona desempenho operacional da semeadura com maiores consumo horário de combustível, índices de patinação e avanço do trator.
- A capacidade de campo efetiva e produtividade de grãos de milho não são influenciadas pelos mecanismos sulcadores de adubo.
- A haste sulcadora proporciona menor resistência do solo à penetração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARF, O. AFONSO, R. J.; JÚNIOR, A. R.; SILVA, M. G.; BUZETTIM, S. **Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto**. Campinas, SP. v.67, n.2, p.499-506, abr-jun. 2008

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e clima. Porto Alegre, RS. Emater/RS-Ascar, 84 p, p.55, 2014.

CANOVA, R. **Desempenho de semeadora-adubadora com cinco modelos de hastes sulcadoras na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Jaboticabal, SP. Dissertação, UNESP, vi.57, 2010.

CEPIK, C. T. C. **Análise do desempenho de uma haste sulcadora de semeadora-adubadora, em diferentes teores de água no solo, velocidades e profundidades de trabalho**. Porto Alegre, RS. Ciências do solo, Dissertação, UFRGS, p.29-42, agosto 2002.

COELHO, J. L. D. **Ensaio & certificação das máquinas para semeadura**. In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas ensaios & certificação. Piracicaba, SP. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.551-554, 1996.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF. Monitoramento agrícola, p.72-81, V.6 – safra 2018/19, n.12, setembro 2019.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. **Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo**. Campinas, SP. R. Brasi. Ci. Solo, abril 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Compactação do solo e crescimento de plantas, como identificar, evitar e remediar**. Rio de Janeiro, RJ. 1ª edição, doc.56, 18p. 2003a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Preparo convencional do solo** Sete Lagoas, MG. Sistemas de produção, 6ª edição, 10p. setembro, 2007b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo fundo, RS. doc.20, 36p. 2000d.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF. EMBRAPA, 5ª edição, cap. 10, 2018f.

FANCELLI, A. L. **Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho**. Piracicaba, SP. In: Milho, Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente. USP ESALQ, vn.13, p.20-29, dezembro, 2015

FANCELLI, A. L. **Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP. USP, ESALQ, 172p. 1988.

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**. Jaboticabal, SP. Eng. Agríc., v.35, n.3, p.542-554, junho, 2015.

FRANCETTO, T. R.; ALONÇO, A. dos S.; BELLÉ, M. P.; VEIT, A. A.; SILVA, W. P. **Força de tração e potência demandada por mecanismos de corte e sulcadores de semeadora-adubadora**. Botucatu, SP. Energ. Agríc., vol.31, n.1, p.17-23, março, 2016.

FURLANI, C. E. A.; CANOVA, R.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTRONHA, R. S.; SILVA, R. P. **Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho**. Viçosa, MG. Rev. Ceres, v.60, n.6, p.885-889, novembro, 2013.

GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. **Ensaio & certificação das máquinas de mobilização periódica do solo**. Piracicaba, SP. In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas ensaios & certificação. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. de. **Estado de compactação do solo em área cultivadas no sistema de plantio direto**. Pesq. agropec. Bras., Brasília, v.37, n.2, p.223-227, fevereiro, 2002.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C. M. A. de; RAFULL, L. Z. L.; SOUZA, L. C. F. de; REIS, E. F. dos. **Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora**. Brasília, DF. Pesq. agropec. bras., v.42, n.5, p.725-731, maio, 2007.

LEVIEN, R.; FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; CONTE, O.; CAVICHIOLI, F. A. **Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo, em nível e no sentido do declive do terreno**. Ciências rural, Santa Maria, RS, v.41, n.6, p.1003-1010, junho, 2011.

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

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas ensaios & certificação**. Piracicaba, SP. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.437-569, 1996.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas, SP. Millennium editora, p. 278-294, 2012.

MIRANDA, R. A. de; LÍCIO, A. M. A.; **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Sete Lagoas, MG. EMBRAPA, doc. 168, p.9-27, 2014.

MODELO, A. J.; FRNCHIN, M. F.; TROGELLO, E.; ADAMI, P. F.; SCARSI, M.; CARNIELETTO, R. **Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo**. Jaboticabal, SP. Eng. Agíc. vol.33 no.6, nov-dez, 2013

MOLINA JR, W.F. **Comportamento mecânico do solo em operações agrícolas**. Piracicaba, SP. ESALQ e USP, p. 97-140, 2017.

BARBOSA NETO, J. F.; TERRA, T. de F.; WIETHÖLTER, P.; BISPO, N. B.; SERENO, M. J. C. de. **Origem e evolução de plantas cultivadas, milho**. Brasília, DF. EMBRAPA, p.575-592, 2008. In: PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. **Melhoramento de milho**. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. 817 p.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo, RS. EMBRAPA, doc.41, 38p., 1997.

REIS, E.F.; FERNANDES, H.C.; SHAEFER, C.E.G.R.; ARAÚJO, E.F. **Avaliação de mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta**. Viçosa, MG. Engenharia na Agricultura, v.12, n.3, p.212-21, 2004.

REIS, E. F. dos; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. F.; NAIME, J. de M.; ARAÚJO, F. E. **Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho**. Viçosa, MG. R. Bras. Ci. Solo, UFV, 9p. 2006.

SEKI, A. S.; SEKI, F. G.; JASPER, S. P.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. **Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto**. Fortaleza, CE. Ciência Agronômica, v. 46, n.3, p.460-468, jul-set, 2015.

SILVA, P. R. A. **Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema de planto direto**. Botucatu, SP. Dissertação, UNESP, p.37-55, 2003.

SILVEIRA, G. M. da. **As máquinas de plantar: aplicadores, distribuidores, semeadoras, plantadoras, cultivadores**. Rio de Janeiro, RJ. Globo, 257p. 1989.

STOLF, R. **Comparação dos resultados de resistência do solo obtidos com o penetrômetro de impacto e o convencional**. Piracicaba, SP. In: Cong. Brasi. de eng. Agríc., v.2, p.837-850, 1990.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F. da.; MARGARIDO, L. A. C. **Penetrômetro de impacto Stolf – programa computacional de dados em Excel-VBA**. R. Bras. Ci. Solo, p.774-782, 2014 *apud compreendendo a leitura*: Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: recomendação para seu uso. Piracicaba, SP, 1983 *apud compreendendo a leitura*: Incorporação de régua para medida de profundidade no projeto do penetrômetro de impacto Stolf. R. Bras. Ci. Solo, 5:1476-1482, 2012.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. **Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do**

milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo roxo. R. Bras. Ci. Solo, 25:725-730, 2001.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. **Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego.** R. Bras. Ci. Solo, 22:301-309, 1998.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; SCARSI, M.; SGARBOSSA, M. **Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária.** Viçosa, MG. Rev. Ceres, v.59, n.2, p. 286-291, abril, 2012.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. **Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho.** Campinas, SP. R. Bras. Ci. Solo, 2013.