



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

**EFICIÊNCIA DA SEMEADURA DE SOJA COM DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA
OU ANTECIPADA DE ADUBO**

GABRIEL PEIXOTO BONATO

Brasília, DF

Julho, 2019



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

EFICIÊNCIA DA SEMEADURA DE SOJA COM DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA OU ANTECIPADA DE ADUBO

GABRIEL PEIXOTO BONATO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Graduação em Agronomia da
Universidade de Brasília para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Faggion

Brasília, DF

Julho, 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

BONATO, Gabriel Peixoto.

“EFICIÊNCIA DA SEMEADURA DE SOJA COM DISTRIBUIÇÃO
SIMULTÂNEA OU ANTECIPADA DE ADUBO”.

Orientação: Francisco Faggion, Brasília 2019. 40 páginas
Monografia de Graduação (G) - Universidade de Brasília / Faculdade
de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

1. Adubação 2. Sustentabilidade 3. Custo

**EFICIÊNCIA DA SEMEADURA DE SOJA COM DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA
OU ANTECIPADA DE ADUBO**

GABRIEL PEIXOTO BONATO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO AO CURSO DE
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE BACHAREL EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 11/ 12/ 2019

BANCA EXAMINADORA

FRANCISCO FAGGION, Dr. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(ORIENTADOR) Email: faggion@unb.br

FABRÍCIO BORGES ANDRADE, Engenheiro Agrônomo.
Vegetal Agronócios, Ltda.
(EXAMINADOR) Email: fabricao_andrad@yahoo.com.br

MARIANA BARRETO, Engenheira Agrônoma
Laticínios Mariana, Ltda.
(EXAMINADORA) Email: marianabarreto00@gmail.com

Brasília - DF

Julho, 2019

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à Deus, aos meus Professores e aos meus Pais, que durante todo o curso me forneceram a ajuda e apoio necessário para atravessar as dificuldades e finalmente concluir essa importante jornada na minha vida, um sonho que foi realizado e abre portas para os novos desafios.

Gabriel Peixoto Bonato

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à Deus e à minha família, que sempre me incentivou e não mediu esforços para que eu pudesse realizar a graduação, me assistindo e fornecendo todos os recursos necessários para alcançar esse importante objetivo de vida.

Agradeço particularmente ao Dr. Francisco Faggion, pela amizade, paciência, conselhos e orientação na realização desse trabalho.

Agradeço à todos os professores que tiveram a grandeza de repassar os conhecimentos adquiridos durante esses cinco anos na universidade, estes que me motivaram a lutar contra todas as adversidades encontradas e carrego para sempre na minha lembrança.

Finalmente, aos meus colegas de curso, que além de me acompanhar em festas e comemorações, me ajudaram nos momentos de dificuldade, unindo forças para superar os desafios e chegar até aqui.

RESUMO

Os mecanismos sulcadores das semeadoras-adubadoras são responsáveis por abrir o sulco, mobilizar a camada superficial do solo na linha e depositar o adubo em profundidade. Contudo, eles demandam energia para serem tracionados, modificam os atributos do solo e interferem na produtividade das culturas, o que justifica a necessidade de mais estudos a fim de melhor entender a necessidade de sua utilização. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da distribuição de adubo a lanço antes da semeadura e a utilização de diferente mecanismos sulcadores para a distribuição simultânea de adubo e sementes sobre a produtividade da soja. O experimento foi conduzido na fazenda Choupana, localizada em Brasília, Distrito Federal, região Centro-Oeste do Brasil. A semeadura foi realizada em 10 de Outubro de 2018. Foi utilizado o delineamento experimental blocos ao acaso, com 3 tratamentos e 4 repetições de cada tratamento, sendo: tratamento 1: semeadura com adubação antecipada a lanço; tratamento 2: semeadura simultânea com disco duplo; tratamento 3: semeadura simultânea com botinha (haste sulcadora). Foi medida a resistência do solo a penetração na linha e na entrelinha da cultura utilizando um penetrômetro. Foram avaliados o consumo de combustível, a capacidade operacional de campo, a profundidade de deposição do adubo no solo pela botinha e pelo disco duplo e a produtividade final da cultura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias. Os resultados mostram que a produtividade da soja utilizando o sulcador do tipo botinha não diferiu da tipo disco, mas propiciaram maiores médias em Kg ha^{-1} do que a adubação antecipada a lanço. A resistência à penetração na linha para o tipo botinha foi menor na profundidade de 20 cm, e na entrelinha, o tipo disco obteve menor média, na mesma profundidade. A velocidade de semeadura foi menor para o tipo botinha, que gastou mais tempo (segundos), e obteve menor capacidade de campo (min ha^{-1}). Porém, a distribuição de sementes por metro linear foi menor, chegando mais próximo do número de sementes por metro desejado, com maior profundidade de deposição das sementes. O consumo de combustível em L h^{-1} para o tipo botinha foi menor e diferiu dos outros tipos, disco e lanço. Em L ha^{-1} os dois tipos diferenciaram da adubação a lanço, que teve menor gasto, porém obteve menor produtividade. Assim, indica-se a adubação com uso de disco ou botinha para a cultura da soja em plantio direto.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação, Sustentabilidade, Custo.

ABSTRACT

Seeding's mechanisms that cut plant residues mobilize the topsoil and deposit the seeds into the grooves, modifying soil attributes and interfering on in crop growth, including in the soybeans culture, one of the world's major agribusiness commodities. Therefore, comparing the effects of these mechanisms on soybeans yield becomes necessary. The objective of this research was to evaluate the effect of different types of sowing machine fertilizer mechanisms on soybeans yield. The experiment plots sowing was started in October 2018. The experiment was carried out in a complete randomized block design composed of 12 plots with 3 different treatments and 4 replicates of each treatment, being: treatment 1: planting with fertilization at the heel; treatment 2: planting with fertilizer disk ; treatment 3: planting with boot. A soil compaction analysis was performed using a penetrometer, measuring the penetration resistance in the cropline and between the lines of the plots. After the harvest, the fuel consumption was evaluated; field capacity; depth of the fertilizer deposited in the soil by the boot and by the fertilizer disc; final yield of the parcels, in bags per hectare. The data were submitted to analysis of variance and comparison of means. It was concluded that the "boots" type and the "disc" type did not differentiate, but produced larger ha⁻¹ averages of the bags than the manure. The penetration resistance for the "boot" type was lower for the 20 cm depth in the line, and in the interline, the "disc" type obtained lower average. The sowing velocity was smaller for the boot type, which spent more time (seconds), and obtained higher field capacity (min ha⁻¹). However, the seed distribution per linear meter was smaller, with a higher seed depth. The fuel consumption for the "boot" type was lower, when in L h⁻¹, however, it did not differ from the "disk" type, when in L ha⁻¹. The two types, in fuel consumption, differed from the manure to the haul. Thus, fertilization with the use of discs or boots for the soybean crop in no-tillage is indicated.

KEYWORDS: Agricultural Machinery, Sustentability, Costs.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO.....	10
OBJETIVOS.....	12
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) pertence à classe das dicotiledôneas e à família das leguminosas. O sistema radicular é pivotante, com a raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número, ricas em nódulos de bactérias *Rhizobium japonicum* fixadoras de nitrogênio atmosférico (ORMOND, 2013).

É uma das culturas mais cultivadas no mundo, estando presente em quase todo o território brasileiro. O cultivo da soja está entre as atividades econômicas que apresentaram crescimentos mais expressivos no agronegócio mundial nas últimas décadas, apresentando maior expansão na produção (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2011). As características nutritivas e industriais da soja e a sua adaptabilidade a diferentes latitudes, solos e condições climáticas, facilitou sua expansão e cultivo por todo mundo, constituindo-se em uma das principais plantas cultivadas atualmente (JULIATTI, 2005).

A soja é utilizada na alimentação humana, para a produção de proteína animal, na indústria e na fabricação de biocombustíveis, sendo que 75% da área cultivada com soja no Brasil se concentra na região Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) e no Sul (Rio Grande do Sul e Paraná). A produção mundial na safra 2017/2018 foi cerca de 337 milhões de toneladas, sendo 119,5 milhões nos EUA e 117 milhões no Brasil. A exportação de soja em grão foi de 68,1 milhões de toneladas, em farelo de 14,2 milhões de toneladas e de óleo, 1,3 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2019).

A cultura da soja possui importância econômica na agricultura brasileira, tem se apresentado como umas das principais alternativas de cultivo quando no sistema de plantio direto. Contudo, pela sucessão soja na primavera/verão e o milho na safrinha, o solo pode se encontrar compactado, pela difícil exploração do sistema radicular dessas culturas aliado ao tráfego intenso do maquinário (ANDREOTTI et al., 2010). Como resultado dessa compactação, cada vez mais ocorre o menor crescimento radicular das culturas, com reflexo na queda da produtividade e perda de ganho pelo produtor (REICHERT et al., 2008).

O sistema de plantio direto, quando manejado de acordo com seus princípios, que são o mínimo revolvimento, cobertura permanente e rotação de culturas, se apresenta como o mais adequado para a sustentabilidade econômica e ambiental da agricultura brasileira. No entanto, a intensificação dos sistemas de produção, o manejo do solo sob condições inadequadas de umidade e a produção insuficiente de resíduos vegetais podem causar a

compactação do solo contribuindo para a perda de sua qualidade, principalmente na camada até 20 cm de profundidade (CARMO et al., 2017).

A compactação do solo impede o desenvolvimento adequado do sistema radicular, reduzindo o potencial produtivo das culturas. Embora a rotação de culturas seja indicada como prática cultural para reverter o processo de degradação física do solo, os produtores utilizam escarificadores, que são implementos que rompem a camada compactada, mas não reconstróem e estabilizam a camada danificada, o que reduz a retenção de água. (TIESEN et al., 2016).

Outro ponto que deve ser considerado é a distribuição de plântulas no solo, ou uniformidade longitudinal. Essa distribuição deve ser realizada para otimizar a produtividade das culturas. Estandes desuniformes, com plântulas mal distribuídas nas linhas, provocam variações nas lavouras de soja. Pontos de acúmulo geram plantas mais altas, menos ramificadas, com maior tendência ao acamamento e menor produção individual. Ao contrário, falhas, além de facilitar o desenvolvimento de plantas daninhas, levam ao estabelecimento de plantas de porte reduzido, com caule de maior diâmetro, mais ramificadas, e com maior produção individual (TOURINO et al., 2002).

Desta forma, avaliar a distribuição de adubo a lanço e a necessidade de utilização de mecanismos sulcadores com deposição de adubo em semeadoras, as modificações por eles causadas sobre os atributos do solo e a produtividade da cultura da soja são importantes para o produtor.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o efeito da distribuição de adubo a lanço antes da semeadura e a utilização de diferentes mecanismos sulcadores para a distribuição simultânea de adubo e sementes sobre a produtividade da soja.

Objetivos Específicos

- Realizar a semeadura da soja com semeadora-adubadora equipada com diferentes sulcadores-adubadores e distribuição antecipada de adubo à lanço;
- Medir o consumo de combustível nos diferentes tratamentos;
- Verificar a resistência a penetração do solo nas diferentes situações;
- Determinar a capacidade de campo da semeadura de soja com diferentes sulcadores-adubadores e com a aplicação antecipada de adubo à lanço;
- Avaliar a produtividade da cultura da soja.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura da soja

O produtor de soja tem incrementado o uso de tecnologia a fim de aumentar a produtividade e, dessa forma, melhorar sua rentabilidade. Assim, a produtividade média da soja foi de 3.400 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018, e tem estimativa de 3.200 kg ha⁻¹ nesta safra 2018/2019. A área cultivada no Brasil na safra 2017/2018 ficou em 35.149 mil hectares e produção de 119.282 mil toneladas. A estimativa para a safra 2018/2019 é de 35.822 mil hectares, com produção de 114.843 mil toneladas (CONAB, 2019).

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta da família das leguminosas originária da Ásia, domesticada há cerca de 5000 anos na região com o objetivo de utilizar o grão na dieta humana. A planta é uma dicotiledônea, da família das *Fabáceas*, cuja estrutura é formada por raiz pivotante, caule herbáceo e folhas largas, sendo seu desenvolvimento dividido em dois períodos, o estágio vegetativo (V) e o estágio reprodutivo (R) (LOPES, 2013).

O estágio vegetativo se inicia desde a semeadura até o florescimento, e são designados por V1, V2, V3, até Vn, menos os dois primeiros estádios, denominados VE, emergência, e VC, estágio em que os cotilédones se encontram completamente abertos e expandidos e as bordas de suas folhas unifolioladas não mais se tocam. O último estágio vegetativo é representado por Vn, onde “n” representa o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específico que varia em função das diferenças varietais e ambientais. Geralmente a emergência ocorre de 7 a 10 dias após a semeadura, podendo variar dependendo do vigor da semente, profundidade de semeadura, umidade, textura e temperatura do solo (MENEZES, 2013).

O crescimento vegetativo da planta se dá com base na emissão de folhas ao longo do caule, que possuem ao redor de 16 a 20 nós, cada qual com folhas trifolioladas, sob condições edafoclimáticas adequadas ao seu desenvolvimento. A gema axilar pode ficar dormente ou originar estruturas vegetativas, os ramos, ou reprodutivas, as flores, legumes e grãos, e o número de ramos laterais é variável de acordo com a cultivar, nutrição mineral, espaçamento entre plantas, disponibilidade de água, temperatura e radiação solar. A fase de estabelecimento das plantas é de fundamental importância para a obtenção de elevados rendimentos de grãos, pois determinará o número de plantas por área e a formação do dossel

compostos pelas folhas e as diversas ramificações dos caules. Os altos rendimentos de soja são obtidos quando ocorre um período de 50 a 55 dias de crescimento vegetativo e acúmulo de 400 a 500 g de matéria seca da parte aérea por m² no florescimento (TIESEN et al., 2016).

A fase reprodutiva da soja, que compreende o florescimento, desenvolvimento dos legumes, enchimento de grãos e maturação, é representada pela letra R e apresenta oito subdivisões ou estádios. O florescimento inicia nos nós superiores do caule, com posterior surgimento de flores nos demais nós do caule e dos ramos. O enchimento de grãos é o período do rápido acúmulo de matéria seca e nutrientes nos grãos, e no início dessa fase, a planta atinge o máximo índice de área foliar, desenvolvimento de raízes e fixação de nitrogênio. A maturação fisiológica do grão ocorre quando cessa o acúmulo de matéria seca, e nesse estágio o grão perde a coloração verde, apresenta em torno de 60% de umidade, sendo que a maturação ideal para a colheita ocorre quando os grãos apresentam menos de 15% de umidade (LOPES, 2013).

A soja possui cultivares com dois hábitos de crescimento, o crescimento determinado e o indeterminado, que é baseado de acordo com características do ápice do caule principal. Os cultivares de hábito de crescimento determinado tem as plantas com caules terminados por racemos florais, após o início do florescimento, onde as plantas aumentam muito pouco de altura. Já os cultivares de hábito de crescimento indeterminado não apresentam racemos florais terminais e continuam desenvolvendo nós e alongando o caule, de forma que continuam a incrementar a altura até o final do florescimento (SEDIYAMA, 2009).

O crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja são influenciados por diversos fatores, tais como radiação solar, temperatura, precipitação pluvial, fertilidade do solo, pragas, doenças e plantas daninhas. A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre o genótipo da planta, o ambiente de produção e o manejo. Portanto, a adoção de épocas de semeadura que propiciem condições climáticas próximas às exigidas pelas plantas é de extrema importância para um bom desempenho produtivo das lavouras. Número de dias para floração, altura de plantas na floração e maturação, peso de cem sementes e número de vagens são parâmetros de grande importância nos resultados, em termos de produtividade da soja, que depende das condições edafoclimáticas (TIESEN et al., 2016).

A competição intraespecífica das plantas de soja pelos fatores do ambiente irá determinar maior ou menor porte da planta e número de ramificações, fatores estes inversamente proporcionais. Sob maiores densidades de plantas na linha, há uma menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo, com menor formação de ramos, sendo os fotoassimilados destinados ao crescimento das plantas em

altura. O número de vagens em soja é a característica mais responsiva das alterações causadas pelo estresse da competição por espécies concorrentes, enquanto que o número de grãos por vagem e a massa de cem grãos apresentam pequena amplitude de variação devido ao ambiente (HEIFFIG, 2002). Menezes (2013) encontrou efeito significativo do sistema de manejo para altura de plantas na floração e maturação e na população final de plantas, estudando os efeitos da interação sistemas de manejo do solo e semeadura cruzada da soja.

A recomendação para a cultura da soja é de espaçamento entre linhas de 0,40 a 0,60 m (EMBRAPA, 2010). Lima et al. (2012), com espaçamento de 0,45 m e densidade de 10 plantas m⁻¹ averiguou maior distribuição e produtividade.

Manejo do solo

A manipulação mecânica do solo ou sistema de preparo é a sequência de operações que trabalham o solo para a implementação e produção de culturas, que inclui o manejo de resíduos culturais, correção, semeadura, aplicação de fitossanitários e colheita. Durante este preparo, o solo pode ser danificado. Pelo preparo convencional, que condiz com aração e gradagens, com revolvimento, partículas de solo são perdidas. Já a semeadura direta é uma prática conservacionista especialmente adequada para condições de ambiente de regiões tropicais, onde é necessário manter o solo protegido do sol e da chuva, mantendo a matéria orgânica sobre a superfície, para que a microbiota fique ativa em um solo estruturado, pronto para ser semeado. Neste último sistema, como não há implementos de aração e gradagem sob o solo, a compactação é reduzida, bem como os riscos de erosão, pois a cobertura reduz o impacto da gota da chuva sobre a superfície desnuda do solo. Mesmo que nos primeiros três anos a produtividade neste sistema de semeadura direta seja inferior ao do sistema convencional, há um incremento após este período (SÉGUY et al., 1996).

Em solos que são empregados o sistema plantio direto, observa-se presença de cobertura morta e matéria orgânica, com minimização de fixação do fósforo e fertilidade melhorada nas camadas até 10 cm, além de ser eficaz na redução da erosão do solo. A cobertura morta também proporciona, além de ciclagem de nutrientes, retenção de umidade, maior desenvolvimento de raízes nas camadas superficiais, e maior absorção de nutrientes nesta camada (COSTA, 2000).

O principal objetivo do cultivo mínimo é a mínima manipulação do solo para uma satisfatória semeadura ou plantio, germinação, lotação, crescimento e produção de uma cultura. O cultivo mínimo do solo com escarificador equipado com cilindro destorroador

mantém níveis significativamente mais elevados de cobertura vegetal morta na superfície do solo, quando comparado com o mesmo equipamento sem o destorroador, seguido por uma gradagem leve. A utilização do sistema de preparo conservacionista proporciona redução dos custos de produção, maior economia de combustível, em função da ausência das operações de preparo, permitindo melhor racionalização no uso de máquinas e implementos (SILVEIRA et al., 2010).

O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista em que a semeadura é efetuada sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem. Nessa técnica, é necessário manter-se o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Com a semeadura direta ocorre redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, que associado ao uso de plantas de cobertura, pode preservar e até mesmo recuperar a estrutura do solo, mantendo, dessa forma, o sistema agrícola mais produtivo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

A resistência do solo à penetração é um dos principais indicadores do estado de compactação do solo no sistema plantio direto, e é fortemente influenciada pela umidade, o que proporciona erros no diagnóstico do estado de compactação e adoção de estratégias inapropriadas de manejo do solo, conduzindo a aumento dos custos de produção e redução do desempenho produtivo da soja. Assim, resistência mecânica à penetração é o esforço de reação que o solo oferece à pressão de penetração de uma haste do penetrômetro com ponta cônica no sabre, cuja área é conhecida, cuja prática simula a reação do solo à elongação radicular. Penetrômetros são aparelhos destinados à avaliação da resistência mecânica à penetração do solo, que podem ser convencionais, possuindo um dinamômetro na parte superior, e de impacto, que possui um cilindro na parte superior, e são constituídos de uma haste com uma ponta cônica na extremidade inferior (STOLF, 1991).

Mecanismos sulcadores das semeadoras-adubadoras

Mecanismos sulcadores para semeadura direta devem permitir a mínima mobilização possível na superfície do solo e a manutenção do máximo de resíduos vegetais, fragmentando o solo apenas para auxiliar o desenvolvimento inicial das raízes, bem como permitir o fechamento do sulco para proteção da semente contra radiação solar direta e promover o contato com o solo (SÉGUY et al., 1996).

Segundo Bertol et al. (1997), sendo a cobertura do solo no sistema de plantio direto comprovadamente eficaz quanto ao controle de invasoras, é desejável utilizar sulcadores que

proporcionem menor largura de sulco, protegendo a linha de semeadura de possíveis invasoras e a competição por elas gerada. Entre os sulcadores de disco duplo defasado, duplo e disco côncavo, o de disco côncavo foi o que mais reduziu a cobertura do solo, causando maior largura de sulco, diminuindo a cobertura de solo, o que pode ser explicado pelo fato do deslocamento do disco ser em ângulo com a direção de deslocamento.

Dallmeyer et al. (1986) verificaram que o aumento na velocidade de operação tendeu a diminuir as diferenças entre os mecanismos sulcadores e diminuir o volume de solo mobilizado, sendo que os maiores volumes foram obtidos com o sulcador do tipo facão, de uso frequente em semeadura direta quando a camada da superfície apresenta algum grau de compactação do solo.

As semeadoras, usadas em sistema plantio direto, não devem embuchar no processo de corte da palha. Assim, mesmo obedecendo a recomendação de (PORTELLA et al., 1993) onde citam que a haste sulcadora deve ter espessura inferior a 2 cm, com ângulo de ataque de 20 a 25 graus em relação à superfície do solo, nos formatos reto, inclinado ou parabólico e com essas características das hastes resultam em menor movimentação de solo e em menor esforço de tração e penetração, a sua retirada facilita a semeadura.

As semeadoras-adubadoras possuem regulagens que podem proporcionar maior ou menor mobilização do solo na linha, principalmente no que concerne às hastes sulcadoras ou aos discos duplos, que têm a finalidade de posicionar fertilizantes ao solo, similares aos que atuam na deposição das sementes (PETRIN, 2013). A haste sulcadora não possui elementos móveis, e o sulco é aberto quando ele desliza no solo, sendo a lâmina composta de uma haste que possui em sua extremidade uma ponta triangular que facilita sua penetração no solo. O disco duplo é composto de peças móveis, e geralmente não sofre embuchamentos, permite a abertura em terrenos mal preparados, e com restos de cultura. Possui limpador que evita o acúmulo de terra entre os discos, permitindo penetração mais eficiente na abertura dos sulcos (CARVALHO, 2004).

A escolha do mecanismo de abertura de sulco deve levar em conta as características dos solos, levando-se em consideração a capacidade operacional das máquinas, o rendimento da semeadura e a uniformidade no estande (BALASTREIRE, 2005). Solos compactados não são ideais para a semeadura, bem como para o desenvolvimento de raízes de plantas. Desta maneira, em sistemas de plantio direto, as aberturas de sulcos para deposição do adubo podem ser realizadas por sulcadores do tipo hastes ou “botinha”, ou do tipo de discos duplos. Os sulcadores do tipo facões ou hastes têm sido usados em solos argilosos, para rompimento da camada superficial compactada, ou em terrenos livres de restos de cultura (ARAÚJO et al.,

1999). Verifica-se o uso de discos duplos em solos ricos em matéria orgânica, de textura média ou arenosa, de baixa resistência a penetração, e possuem boa precisão de abertura de sulco (PORTELLA et al., 1993; CASÃO JÚNIOR, 2005).

A adoção de mecanismo rompedor de solo tipo haste em semeadoras-adubadoras de plantio direto pode ocasionar aumento de 24,3% na porosidade do solo. O uso da haste proporciona também, menores valores de resistência à penetração na linha de semeadura, especialmente na camada de 10 a 15 cm (KOAKOSKI et al., 2007). O mecanismo de abertura de sulco do tipo haste, comparado ao uso de disco duplo, pode favorecer o aumento da produtividade de grãos (KANEKO et al., 2010).

Semeadura e adubação

Num estudo com distribuição antecipada de adubo, Broch e Chueiri (2005), averiguaram produtividade semelhante em soja quando adubada a lanço ou em sulco de semeadura, em sistema plantio direto, em latossolo vermelho distriférico de textura argilosa e baixo teor de fósforo.

Um dos aspectos relevantes no sistema de cultivo plantio direto refere-se ao desempenho da semeadora-adubadora, que deverá realizar um corte eficiente dos restos culturais, a abertura do sulco e a deposição da semente e do fertilizante em profundidades adequadas, mantendo a cobertura vegetal sobre solo; além de possuir regularidade na distribuição precisa de sementes e fertilizantes (OSTA; CAMPOS; VIEGAS NETO, 2016).

A adubação a lanço geralmente permite antecipar a aplicação total ou parcial da quantidade de fertilizante requerida, permitindo que o processo de semeadura ocorra de forma mais rápida, para estabelecer a cultura em época ideal, sem a necessidade do produtor adquirir mais máquinas. O sistema de antecipação de adubação reduz o número de conjuntos trator e semeadura, o custo operacional e total, e a depreciação de máquinas, possibilitando aumento na receita líquida (CHUEIRI, 2005). Além disso, pode permitir a semeadura de um mesmo número de linhas utilizando tratores de menor potência.

A deficiência de fósforo reduz o potencial de rendimento da soja já no florescimento, pela menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas; também promove abortamento e menor formação de legumes. Os solos pertencentes à região do Cerrado são pobres em fósforo disponível às plantas. No sistema plantio direto, maiores teores de fósforo inorgânico lábil e não lábil, ligado ao cálcio na camada superficial, podem ser recuperados (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001; TEIXEIRA, 2013). Assim, nutrientes, tais como o

fósforo, devem ser melhor distribuídos para que haja maior absorção pela planta e melhor crescimento (CORRÊA et al., 2004). Quando adubado a lanço com incorporação, o fósforo é adsorvido pelo solo e, desta maneira, a adubação em sulco de semeadura se torna a melhor opção, facilitando o contato do sistema radicular com o mesmo. Prado et al., (2001), observaram em milho o melhor aproveitamento do adubo fosfatado quando aplicado em sulco de semeadura.

Casão Júnior et al. (1997) verificaram o desempenho de semeadoras-adubadoras de plantio direto em solos com altos teores de argila, e concluíram que o aumento de resistência à penetração dos componentes rompedores nestes solos, em associação com uma grande retenção de umidade, tem exigido uma constante adaptação das máquinas, afetando a uniformidade de emergência de plantas.

Narimatsu (2004), cultivando soja nos sistemas de cultivo mínimo, preparo convencional e plantio direto, sobre a palhada de *B. brizantha*, observou maior produção de grãos para os sistemas com revolvimento de solo, atribuindo a estes a maior população de plantas. Souza et al. (2010), avaliando a produtividade da cultura da soja em diferentes sistemas de manejo do solo, não encontraram diferenças estatísticas significativas em solos compactados, comprovando que o solo, mesmo apresentando certo grau de compactação, não influenciou na produtividade.

Herzog (2003) na semeadura da soja implantada em semeadura direta sobre resíduos de aveia preta cultivada em campo nativo, verificou que o volume de solo mobilizado pelo sulcador de adubo foi maior na profundidade de 12 cm e não apresentou diferenças em função das doses de resíduo.

Mion et al. (2002) observaram em seu experimento em plantio direto que a medida que foi aumentada a profundidade de atuação da haste sulcadora, a área de solo mobilizada também aumentou, chegando a uma diferença de 78% entre a menor (194,36 cm²) e a maior profundidade (346,61 cm²).

Cepik et al. (2002a), avaliaram o esforço de tração e área de solo mobilizada por hastes sulcadoras do tipo facão, de semeadoras para semeadura direta, em duas velocidades de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora (4,6 e 6,5 km h⁻¹) e em três condições de umidade do solo: seco (0,11 kg kg⁻¹), friável (0,14 kg kg⁻¹) e úmido (0,21 kg kg⁻¹), e concluíram que a relação entre a força de tração requerida e a área de solo mobilizada pelo sulcador não foi influenciada pela velocidade de deslocamento, em nenhum dos teores de água do solo ensaiados. Porém, diferença significativa foi detectada na referida relação em

função da profundidade de atuação do sulcador fixo nos ensaios conduzidos em solo seco e friável, não havendo significância quando em solo úmido.

Oliveira et al. (2000), comparando duas hastes sulcadoras com diferentes geometrias, constataram que é importante a correta regulação de profundidade e escolha do teor de água no solo para a operação de semeadura em semeadura direta. A menor profundidade de trabalho (7,5 cm) apresentou menor área superficial de solo mobilizada. Com a seleção das profundidades de trabalho, nos solos com teores de água diferentes, é possível reduzir a mobilização superficial do mesmo.

Segundo Cortez et al. (2006), em experimentos com diferentes marchas do trator, na operação de semeadura de soja, a distribuição longitudinal das sementes foi influenciada pela marcha do trator, cuja média geral para os espaçamentos foi 59,25% para os aceitáveis, 22,60% para os falhos e 18,60% para os duplos. Quanto maior a velocidade, menor foi a quantidade de espaçamentos aceitáveis e maior a quantidade de espaçamentos falhos.

Silva et al. (2001) observaram que o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora acarretou uma redução da cobertura do solo e que não houve influência significativa da velocidade sobre a área de solo mobilizado. O mecanismo sulcador tipo facão resultou em área mobilizada 27% superior quando comparada à área de solo mobilizada pelos discos duplos.

A configuração dos elementos sulcadores deve respeitar as propriedades físicas do solo (CEPIK et al., 2002b). Conforme Faganello (1989), o elemento sulcador triplo disco apresentou menor profundidade de penetração do que os sulcadores do tipo facão e disco simples quando colocadas em semeadoras-adubadoras que operam em semeadura direta. Observando a média das três profundidades de trabalho ensaiadas (5,0; 10,0 e 15,0 cm), houve constatação que estas foram significativamente diferentes entre si. O sulcador tipo facão, promoveu significativa redução do índice de cone no sulco, em relação aos sulcadores triplo disco e disco duplo defasado.

Klein e Boller (1995), avaliando a resposta da cultura do milho e a densidade do solo nos preparos semeadura direta, arado de discos + grade de discos, escarificação + grade de discos e escarificador, verificaram que o uso do sulcador tipo facão na semeadora-adubadora no tratamento semeadura direta, afetou positivamente a produtividade de grãos da cultura do milho, já que, a densidade do solo na sua camada superficial (0 – 5,0 cm), estava com valores elevados, demonstrando compactação superficial do mesmo.

Siqueira et al. (2001) selecionaram as máquinas com menor exigência energética, devido às diferenças no grau de mobilização do solo, e averiguaram que a velocidade de 4,7

km h⁻¹, comparado a de 8,3 km h⁻¹, resultou em menor necessidade de força de tração, potência e consumo de energia.

Queiroz et al. (2002) observaram que o aumento do ângulo de ataque da haste e da largura da ponteira do sulcador de adubo da semeadora-adubadora, do teor de água e densidade do solo, houve aumento na demanda de tração da máquina, e que a maior velocidade implicou na redução da exigência de tração. Analisando-se a força vertical, os parâmetros significativos na sua variação foram a resistência do solo à penetração, a largura, e ângulo de ataque da ponteira.

Carmo et al. (2017), observaram estabilidade em sistema plantio direto contínuo, quanto à produtividade da soja, independente das culturas utilizadas na sucessão. A produtividade da soja foi negativamente afetada pela escarificação do solo, e a profundidade de trabalho da haste sulcadora da semeadora não teve influência sobre a produtividade da soja, independente do sistema de culturas e de manejo do solo.

Silva et al., (2000) relatou que na semeadura realizada com semeadoras-adubadoras diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e, com frequência, na produtividade da cultura, destacando-se entre eles a velocidade de operação da máquina no campo e a profundidade de deposição do adubo no solo.

A distribuição longitudinal de sementes é influenciada pela velocidade do trator, e, quando maior a marcha utilizada, maior o espaçamento entre plântulas (VALE et al., 2014). Modolo et al. (2004) não observaram diferenças no espaçamento entre plântulas com o aumento na velocidade de deslocamento de 5,2 para 8,4 km h⁻¹. Cortez et al. (2006), avaliando o espaçamento entre plântulas de soja, verificaram influência significativa da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado na porcentagem de espaçamento aceitável entre plântulas.

Vizzotto (2014) verificaram que a cultura da soja teve crescimento normal da parte aérea até o grau de compactação de 93% e se desenvolveu menos quando o solo estava acima de 93% e, portanto, não foi observada restrição física que pudesse reduzir a produtividade das culturas nas condições e solo estudados. O uso sucessivo do sulcador tipo disco duplo da semeadora no inverno para a implantação das culturas provocou homogeneização das propriedades físicas e químicas da área nas camadas avaliadas. A ausência de restrição física e química do solo nos diferentes tratamentos não reduziu consideravelmente a produtividade das culturas nos diferentes anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda Choupana (Figura 1), 15° 57' 59.68" de latitude sul e 47° 35' 12.70" de longitude oeste, 1023 m de altitude, localizada na região Centro-Oeste, no município de Brasília, PAD-DF, Distrito Federal. O clima da região é do tipo tropical quente e úmido, Aw, segundo classificação de Köppen (1948). A precipitação média anual é de 1.500 mm.

A área é utilizada anualmente para o cultivo de soja e milho safrinha, após a colheita do milho safrinha é semeado a soja no sistema de semeadura direta. Os ensaios laboratoriais foram conduzidos no Laboratório de Análise de Solos da Nativa Agrícola Ltda, localizada em Formosa, GO.

De acordo com os resultados da análise química do solo, não foi verificada a necessidade da realização de correção no pH (potencial hidrogeniônico em água) do solo, saturação por bases (V), acidez trocável (Al^{+3}) e a saturação por Al^{+3} (m), pois as mesmas foram classificadas como fracas (6,0 - 6,9), boas (60,10 - 80,00) e muito baixas ($\leq 0,20$ e $\leq 15,0$), respectivamente.



Figura 1. Mapa de localização da fazenda Choupana, PAD – Brasília - DF. Fonte: Google Earth® (2019).

Foi utilizada sementes de soja da empresa Coodetec, cultivar 2728 IPRO, com a semeadora regulada para distribuir 18 sementes por metro linear e distância entre linhas de 0,45 metros. A semente apresentava um laudo de germinação com 93% de germinação. O

estande final de plantas foi de 16,7 plantas por metro linear e população de 370.000 plantas por hectare.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com 3 tratamentos e 4 repetições, totalizando 12 parcelas. Cada parcela possuía as dimensões de 10,8 m de largura por 190 m de comprimento, proporcionando uma área de 2.052 m², ou seja, 0,2052 hectares por parcela. A área útil da parcela foi colhida tendo 9,0 m por 190 m.

Tratamento 1: semeadura com adubação a lanço;

Tratamento 2: semeadura com disco duplo;

Tratamento 3: semeadura com botinha.

Uma vista aérea geral do experimento pode ser observada na Figura 2.

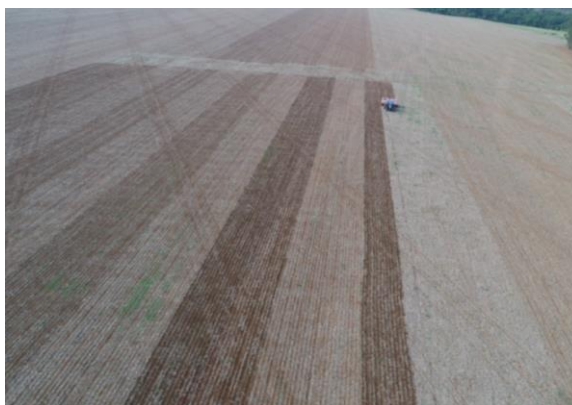


Figura 2. Vista da área experimental durante a implantação do experimento.

Em sequência, na Figura 3, é apresentado um vista do conjunto trator-semeadora durante a implantação do tratamento com botinha.



Figura 3. Vista do conjunto trator-semeadora durante a implantação do experimento (tratamento com botinha).

Após o controle das plantas daninhas presentes na área foi realizado a semeadura, que foi iniciada em 21/10/2018.

A adubação utilizada foi 240 kg do adubo NPK de formulação 09-43-00 + 9% de S e 150 kg de KCl (cloreto de potássio). Para não ocorrer sobre posicionamento do adubo jogado a lanço nas áreas de plantio com adubo no sulco, foi deixada uma área de isolamento entre as parcelas, onde foi realizado o plantio de acordo com o manejo usual da fazenda.

As aplicações realizadas foram:

- 29/10/2018: 2,5 L Zap® + 0,6 L Podium®;
- 18/11/2018: 2,5 L Zap® + 0,6 kg Orthene® + 1 L Starter MN®;
- 23 a 27/11/2018: 0,4 L Fox® + 0,3 L Aureo® + 0,8 kg Orthene® + 0,5 L P51® + 2 L Nittroplus® + 0,5 L Stoller Boro®; 1,5 L Starter MN®;
- 04 a 06/12/2018: 2 L Zap® + 0,4 L Podium® + 0,1 kg Quality® + 1 L Starter MN®;
- 13 e 14/12/2018: 0,4 L Fox® + 0,3 L Aureo® + 1 L Connect® + 0,4 kg Sumilex® + 0,5 L P51® + 1,5 L Nitroplus®;
- 27 e 28/12/2019: 0,5 kg Sumilex® + 0,5 L Curado® + 0,05 L Agral®;
- 07 e 08/01/2019: 0,2 L Sphere Max® + 0,2 L Aureo® + 0,3 L Curado® + 0,3 kg Sumilex® + 0,4 L Curyon®;
- 04/02/2019: 1 L Helmozone® + 0,3 L Qboa®

A média pluviométrica do período do experimento foi de: Outubro/2018: 149 mm; Novembro/2018: 390 mm; Dezembro/2018: 235 mm; Janeiro/2019: 12 mm; Fevereiro/2019: 110 mm, com total anual de 2018: 774 mm e 2019: 896 mm. Houve dois veranicos na região, sendo uma em Dezembro/2018 e outra em Janeiro/2019.

O experimento foi conduzido em esquema DBC, conforme a Tabela 1, com quatro repetições, totalizando 12 unidades experimentais. Houve uma variação na velocidade em cada tratamento, pois buscamos expressar a melhor capacidade de campo em cada tipo de tratamento mantendo a rotação do motor constante em 1600 rpm, realizando assim a variação das marchas, de acordo com o que era possível pela potencia do trator. O tempo gasto para o plantio de cada parcela de adubação a lanço foi: 185; 189; 188 e 183 segundos, respectivamente. Para as parcelas com disco o tempo foi de: 187; 198; 192 e 194 segundos, respectivamente, e para as parcelas com a botinha foram 218; 224; 222 e 231, respectivamente. Para as áreas de plantio com adubação a lanço, foi calculado um acréscimo de 5% no tempo de capacidade de campo, por causa do tempo gasto para abastecer as plantadeiras com as sementes de soja. E nas áreas com adubação na linha de plantio o

acrécimo foi de 20%, pois a frequência com que se deve ir abastecer a plantadeira com adubo é bem maior, pelo fato de estar colocando uma alta quantidade de adubo por hectare. Assim chegamos aos dados de capacidade de campo na tabela abaixo.

Tabela 1 – Velocidade de plantio (km h^{-1}), capacidade de campo (min ha^{-1}) dos tratamentos (adubação a lanço, disco e botinha), em 4 repetições.

Tratamento	Velocidade de plantio (km/h)	Capacidade de campo (há/h)
Adubação a lanço	7,8	3,80
Adubação a lanço	7,7	3,73
Adubação a lanço	7,8	3,74
Adubação a lanço	7,6	3,84
Disco	7,6	3,29
Botinha	5,7	2,81
Disco	7,5	3,10
Botinha	6,0	2,74
Disco	7,8	3,21
Botinha	6,0	2,77
Disco	7,7	3,17
Botinha	5,8	2,66

Foi realizada uma análise da resistência do solo a penetração na linha e nas entrelinhas da cultura, utilizando um penetrômetro de mola. Foram avaliadas a capacidade de perfuração do solo; o consumo de combustível do trator, de acordo com a velocidade; capacidade operacional de campo, analisado a partir da velocidade e do tempo gasto; distribuição de semente nos diferentes tratamentos; profundidade de deposição do adubo no solo pela botinha e pelo disco duplo desencontrado e produtividade final das parcelas. Por fim, foi determinada a produtividade da soja em quilogramas por hectare.

A colheita foi realizada de 12 de Fevereiro de 2019, de forma mecânica, com uma colhedora Case®, modelo 2388 de 2005, utilizando uma balança para caminhões para medir o peso das parcelas (Figura 3). A colheita ocorreu de 11 a 14 de Fevereiro de 2019.



Figura 3. Fotos da colhedora utilizada no experimento, Brasília – DF, 2019.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo programa computacional Sisvar® (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da distribuição de sementes, profundidade das sementes e da profundidade do adubo, quando aplicado no sulco, estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2- Distribuição de semente (sementes/m), profundidade da semente (cm), profundidade do adubo (cm) do tratamentos (adubação a lanço, disco e botinha) em 4 repetições.

Tratamento	Distribuição de Semente (sementes/m)	Profundidade da semente (cm)	Profundidade do adubo (cm)
Adubação a lanço	18,5	2,4	0
Adubação a lanço	18,6	2,6	0
Adubação a lanço	18,3	2,1	0
Adubação a lanço	18,5	2,4	0
disco	18,3	2,8	8,5
botinha	17,8	3,1	13,0
disco	18,3	3,2	9,3
botinha	18,1	2,9	14,0
disco	18,5	2,4	8,7
botinha	18,0	2,8	13,5
disco	18,4	2,5	8,3
botinha	17,8	3,2	14,3

Os resultados de média da velocidade de semeadura, capacidade de campo, profundidade da semente e do adubo do experimento estão destacados na Tabela 3. Houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

A velocidade de semeadura foi menor para a semeadora-adubadora tipo “botinha”, e maior para a semeadura com distribuição de adubo antecipada, como o esperado. A velocidade utilizada, de 5 a 8 km h⁻¹, foi escolhida com base na indicação para não promoção de falhas durante a semeadura, ou de espaçamentos múltiplos não aceitáveis. A elevação da capacidade operacional propiciada pelo uso de velocidades de trabalho mais elevadas pode comprometer a qualidade da semeadura. Contudo, (KLEIN et al., 2002) afirmou que, maiores velocidades de semeadura, como 10,7 km h⁻¹, não afetam a distribuição de plantas de soja.

Tabela 3 – Média da velocidade de semeadura, capacidade de campo, distribuição de sementes, profundidade da semente e do adubo do experimento, a partir dos tratamentos (adubação a lanço ou semeadora-adubadora (disco e botinha), em 4 repetições, Brasília – DF, 2019.

Tratamentos	Velocidade semeadura (km h ⁻¹)	Capacidade campo (ha h ⁻¹)	Distribuição semente (sementes m ⁻¹)	Profundidade semente (cm)	Profundidade adubo (cm)
Adubação a lanço	7,73 a	3,78 a	18,48 a	2,38 b	-
Disco	7,65 a	3,19 b	18,38 a	2,73 ab	8,70
Botinha	5,88 b	2,75 c	17,93 b	3,00 a	13,70
MÉDIA	7,08	3,24	18,26	2,70	7,47
CV	1,71	2,03	0,75	7,83	-
DMS	0,26	0,13	0,30	0,46	-

* letras distintas na coluna indicam diferença significativa a 0,05.

Dentre os tratamentos que consideravam a adubação juntamente com a semeadura, a velocidade foi menor para a semeadora-adubadora tipo “botinha”, bem como a capacidade de campo (há/h), e maior para a semeadora-adubadora tipo disco.

Dias et al. (2009) observaram em seu experimento, que elevação da velocidade de trabalho de 3,5 para 7 km h⁻¹ reduziu o percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes para a cultura do milho, independentemente da densidade de plantas. O aumento na densidade de semeadura de três para sete sementes m⁻¹, para milho, e de oito para 20, para soja, reduziu o percentual de espaçamentos aceitáveis para ambas as culturas, independentemente da velocidade de trabalho. Assim, o aumento da velocidade de deslocamento não reduziu significativamente a densidade de semeadura para ambas as culturas estudadas.

A distribuição de sementes foi menor para a semeadora-adubadora tipo “botinha”, porém, teve uma maior aproximação do número de sementes desejadas que deveriam ser plantadas por metro. Segundo Milagres (2017) a profundidade de deposição do adubo ideal é de 11 a 15 cm, para que haja uma maior absorção dos macro nutrientes pelas plantas, este tipo botinha obteve maior média de profundidade, chegando ao valor médio estabelecido no estudo de Milagres (2017). COELHO (1979) observou que a profundidade de semeadura pouco influencia nas condições iniciais de germinação e emergência, propiciando adequado estande de plantas. A semeadora-adubadora do tipo disco-duplo não foi significativa em termos de média de profundidade quando comparada também com a semeadora sem adubação no mesmo processo, ou seja, adubação a lanço.

A média do consumo de combustível está destacada na Tabela 3. Para o tratamento com distribuição antecipada de adubo, foi considerado o consumo da distribuição mais o da semeadura. Houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Média do consumo de combustível ($L h^{-1}$ e $L ha^{-1}$) do experimento, a partir dos tratamentos (adubação a lanço ou semeadora-adubadora (disco e botinha), em 4 repetições, Brasília – DF, 2019.

Tratamentos	Consumo de combustível ($L h^{-1}$)	Consumo de combustível ($L ha^{-1}$)
Adubação a lanço	20,23 b	5,54 b
Disco	22,23 a	7,64 a
Botinha	18,93 c	7,56 a
MÉDIA	20,46	6,91
CV	1,78	2,29
DMS	0,79	0,34

* letras distintas na coluna indicam diferença significativa a 0,05.

O menor consumo de combustível, quando em $L h^{-1}$, foi visualizado para a semeadora-adubadora tipo botinha, pois, com uma velocidade de atuação menor, por conta da limitação de potencia do trator, ele apresenta um consumo reduzido de combustível por hora de trabalho. Porém, como o tratamento com adubação antecipada a lanço proporciona uma capacidade operacional de campo maior, quando analisado em $L ha^{-1}$, o consumo nesse tratamento foi menor. Os dois tipos, disco-duplo e botinha, não diferiram quando a medição foi em $L ha^{-1}$.

A média de produtividade do experimento está destacada na Tabela 4. Houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. A maior média de produtividade foi obtida para os processos de adubação e semeadura concomitantes, para os tipos “botinha” e “disco”, com 77,38 e 76,63 sacos ha^{-1} , respectivamente.

O mecanismo de abertura de sulco do tipo haste, comparadas ao uso do disco duplo, pode favorecer o aumento da produtividade de grãos (KANEKO et al., 2010).

Tabela 4 – Média de produtividade (sacos ha⁻¹) do experimento, a partir dos tratamentos (adubação a lanço ou semeadora-adubadora (disco e botinha), em 4 repetições, Brasília – DF, 2019.

Tratamentos	Produtividade (sacos ha ⁻¹)
Adubação a lanço	74,53 b
Disco	76,63 a
Botinha	77,38 a
MÉDIA	76,18
CV	1,21
DMS	1,99

* letras distintas na coluna indicam diferença significativa a 0,05.

Com a utilização da haste sulcadora, observou-se maior profundidade de semeadura. Na cultura da soja, os sistemas de abertura de sulco tipo haste sulcadora e disco duplo não diferiram estatisticamente em nenhuma das variáveis analisadas.

Drescher (2012) trabalhando com diferentes mecanismos sulcadores e formas de manejo do solo, não encontraram diferenças significativas em relação a produtividade da cultura da soja, atribuindo esse resultado aos fatores relacionados ao ambiente e a precipitação ocorrida durante o período de realização do experimento.

A resistência do solo à penetração (RP) é um dos principais indicadores do estado de compactação do solo no sistema plantio direto, e é fortemente influenciada pela umidade. Essa resistência mecânica à penetração é o esforço de reação que o solo oferece à pressão de penetração de uma haste do penetrômetro (STOLF, 1991). Solos compactados não são ideais para a semeadura, bem como para o desenvolvimento de raízes de plantas (BALASTREIRE, 2005).

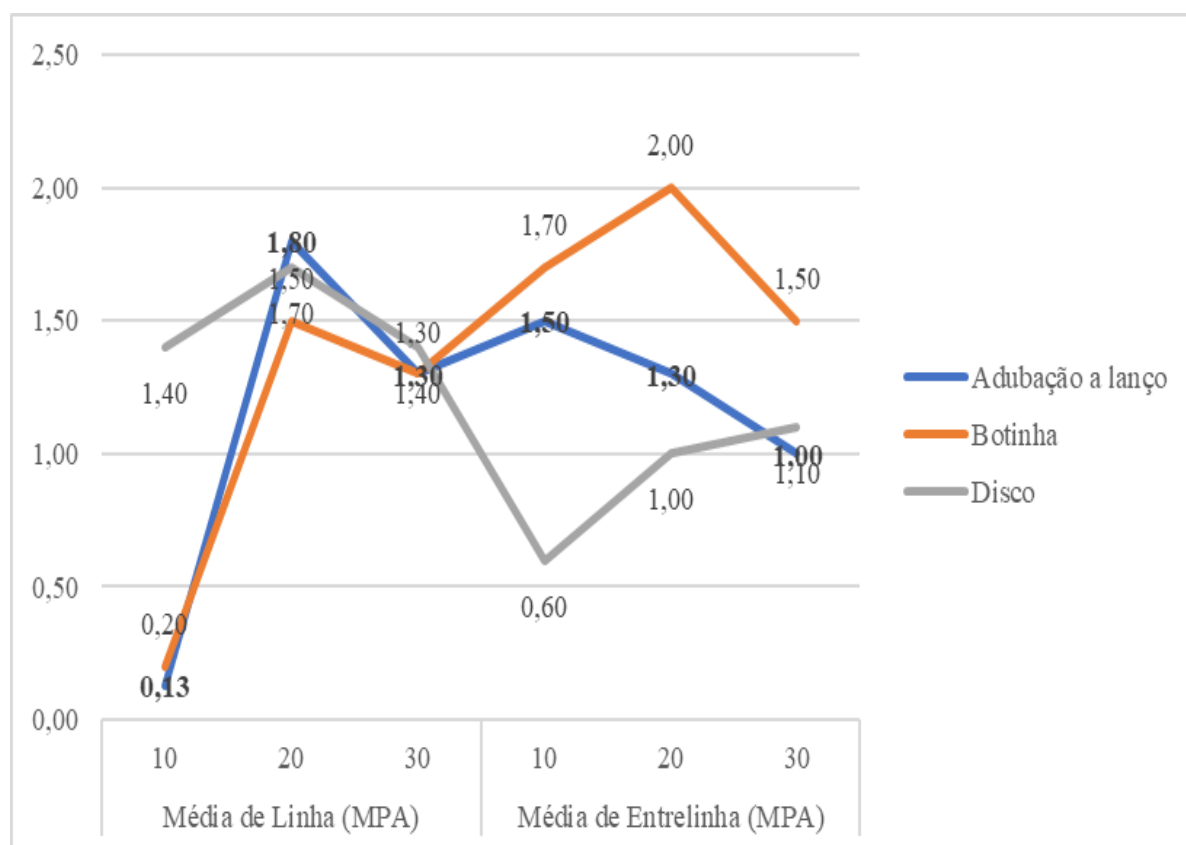
A resistência a penetração foi mensurada na linha e entrelinha para cada tratamento (Figura 4). Para a linha, na profundidade 10 cm a adubação a lanço apresentou 0,13 MPA, enquanto nas profundidades 10 e 20 cm, o tipo “botinha” apresentou os menores valores, 1,50 e 1,30 cm. Nesta profundidade de 30 cm, a adubação a lanço obteve o mesmo resultado que o tipo “botinha”, 1,30 cm.

Para Koakoski et al. (2007), o uso da haste proporciona também, menores valores de resistência à penetração na linha de semeadura, especialmente na camada de 10 a 15 cm.

Para a entrelinha, o tipo “disco” obteve a menor média em todas as profundidades, 10 e 20 cm, sendo 0,60 MPA e 1,00 MPA, respectivamente, seguido pela adubação a lanço,

sendo 1,50 e 1,30 MPA, nas mesmas profundidades, respectivamente. Já na profundidade 30 cm, a adubação a lanço apresentou a menor média, 1,00 MPA, seguida do tipo “disco”, 1,10 MPA.

Figura 1. Resistência à penetração (RP) da adubação a lanço, adubadora-semeadora “disco” e “botinha”, Brasília – DF, 2019.



CONCLUSÃO

A produtividade de soja utilizando sulcador do tipo botinha ou do tipo disco não diferiu. Contudo, esses dois modos de semeadura produziram maiores médias de kg ha^{-1} do que a semeadura com distribuição antecipada de adubo a lanço.

A resistência à penetração do solo na linha utilizando o sulcador tipo botinha foi menor para a profundidade de 20 cm, e na entrelinha, o tipo disco obteve menor média.

A velocidade de semeadura foi menor para o tipo botinha, que gastou mais tempo (segundos) e obteve menor capacidade de campo (ha h^{-1}). Porém, a distribuição de sementes por metro linear foi menor no tipo botinha, chegando mais próximo ao desejado, com maior profundidade de semente.

O consumo de combustível para o tipo botinha foi menor, quando em L h^{-1} , porém, não se diferenciou do tipo disco, quando em L ha^{-1} . Os dois tipos, em consumo de combustível, diferenciaram da adubação a lanço, que teve um consumo menor.

A partir dos dados deste trabalho, indica-se a semeadura de soja com adubação simultânea utilizando disco ou botinha para a distribuição de adubo na cultura da soja em plantio direto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; VERCESE, F. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 520-526, 2010.
- ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; RALISCH, R.; SIQUEIRA, R. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.) em solos argilosos. **Revista Engenharia Agrícola** v. 19, n. 2, p. 226-237, 1999.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307 p.
- BERTOL O .J.; AMADO, T. J. C.; SCHLOSSER, J. F.; REINERT, D. J. Desempenho de mecanismos sulcadores de semeadura sob condição de preparo reduzido de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 257-262, 1997.
- BROCH, D. L.; CHUEIRI, W. A. **Estratégia de adubação: cultura da soja cultivada sob sistema de plantio direto**. Maracajú: Fundação MS: Manah, 2005. 53p.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 813-819, 2005.
- CARMO, C. M.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; PINHATA, A. A.; SANTOS, E. L. Produtividade da soja no plantio direto em função da escarificação, do uso de haste mais profunda na semeadura e da cultura antecessora. In: **XII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**. 2017.
- CARVALHO, R. G. **Plantio Direto**. 2004. 35 f. Monografia (Graduação em Agronomia) Faculdades Associadas de Uberaba, FAZU. 2004.
- CASÃO JÚNIOR, R. Discos duplos ou hastes em semeadoras de plantio direto? **Revista Plantio Direto**, v. 14, n. 88, p. 37-38, 2005.
- CASÃO JUNIOR, C.; ARAÚJO, A. G. A.; MEDEIROS, G. B.; CASTRO FILHO, C.; DORETTO, M.; FIGUEIREDO, P. R. A.; CAVIGLIONE, J. H. **Viabilização da mecanização do sistema de plantio direto nos municípios à margem da represa Itaipu: definição das linhas de trabalho e estratégia de ação**. Relatório da terceira fase (final). Londrina: IAPAR, 1997. 32 p.
- CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F. Relação entre força de tração na haste sulcadora de semeadora-adubadora e a área mobilizada em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002a. CD-ROM.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; HERZOG, R. L. S. Patinagem do trator e força de tração de haste sulcadora de semeadora-adubadora de precisão em função de teores de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002b. CD-ROM.

CHUEIRI, W. **Sistema plantio direto e alternativas para adubação**. 2005. Disponível em: <www.fundacaoms.com.br>. Acesso em: 05 jul. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2018/2019**. v. 6, n. 9. Nono levantamento, 2019.

potCORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 502-510, 2006.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema de plantio direto**. 2000. 146 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

DALLMEYER, A. U.; RIGHES, A. A.; POZZERA, J.; FERREIRA, O. O.; SILVEIRA, T. C.; SILVEIRA, D. R.; FARRET, I. S. Mobilização do solo por mecanismos de semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p. 156-166.

DIAS, V. O.; ALONÇOL, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTOL, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, 2009.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGNELLO, A.; DRESCHER, G. L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1836-1844, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil** - 2010. Londrina: Embrapa Soja, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Soja em números** (safra 2017/2018). Atualizado em maio de 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 05 jul. 2019.

FAGANELLO, A. **Avaliação de sulcadores para semeadura direta**. Santa Maria: UFSM, 1989. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HERZOG, R. L. S. **Resposta da soja em semeadura direta após aveia preta implantada em campo nativo, influenciada por quantidade de resíduo, irrigação e profundidade de atuação do sulcador da semeadora-adubadora**. 2003. 83 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Faculdade de Agronomia – Programa de pós-graduação em Ciência do Solo. Porto Alegre, 2003.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa-Soja, 2011. 68p. (Documentos, 319).

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p.102-110, 2011.

JULIATTI, F. C. Relato da ferrugem asiática em Minas Gerais. 2005. In: I Workshop brasileiro sobre ferrugem asiática. **Coletânea**. 1. ed. Uberlândia: EDUFU, 2005.

KANEKO, F. H; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**. v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; SOUZA, L. C. F.; REIS, E. F. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 725-731, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia com un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948, 478 p.

LANDERS, J. N. **Fascículo de experiência de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação do Plantio Direto no Cerrado, 1995, 261 p.

LIMA, S. F. D.; ALVAREZ, R. D. C. F.; THEODORO, G. D. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal** v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

LOPES, A. L. C. **Cultivo e manejo da soja**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; CETEC, 2013.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MORAES, M. L. B.; ALONÇO A. S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: UFPel, 1996.

MENEZES, P. C. **Semeadura Cruzada de Soja em Sistemas de Manejo do solo**. 2013. 46f. (Dissertação de mestrado em engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis – MT, 2013.

MILAGRES, R. S. **Desempenho de uma semeadora-adubadora pneumática em função da velocidade de trabalho e profundidade de deposição do fertilizante na cultura do milho.** 2017. 60 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 2017.

MION, R. L.; NERY, M. S.; CARVALHO, W. P. A.; RUIZ, E. R.; FAGGION, F.; GROSSI, C. H.; MARQUES, J. P.; MAHL, D.; SILVA, A. R. B.; BENEZ, S. H. Influência da profundidade de trabalho de uma haste de semeadora na força de tração e na área de solo mobilizada em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. CD-ROM.

MONTANARI, R.; GONÇALVES, G. A.; LIMA, E. S.; DALCHIAVON, F. C.; PASSOS E CARVALHO, M. Componentes da produção da soja em função dos atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto do cerrado brasileiro. In: II Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias, **Anais...**, 19 e 20 de maio de 2011.

NARIMATSU, K. C. P. **Plantio direto de soja sobre *Brachiaria brizantha* no sistema integração agricultura E pecuária.** 2004. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

OLIVEIRA, M. F. B.; SIQUEIRA, R.; RALISCH, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R. Mobilização do solo por hastes sulcadores de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. CD ROM.

ORMOND, A. T. S. **Sistemas de semeadura e manejo do solo no desenvolvimento da cultura da soja.** 2013. 74 f. Dissertação mestrado – Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas. Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2013.

OSTA, A. N.; CAMPOS, L. H.; VIEGAS NETO, A. L. Sistemas de abertura de sulco em semeadoras: haste sulcadora e disco duplo. **Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia**, v. 5, n. 8, 2016.

PETRIN, O. **Quando usar haste sulcadora e disco duplo em plantio direto.** IAPAR, disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/noticias/article.php?storyid=1427>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: **EMBRAPA**. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 29-36.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 83-90, 2001.

QUEIROZ, G. A. C.; CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Predição de esforços em hastes sulcadoras para semeadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. CD-ROM.

REICHERT, J. M.; DARIVA, T. A.; REINERT, D. J.; SILVA, V. R. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 981-987, 2008.

REIS, E. F. 2003. 66 f. **Ambiente solo-semente em um Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes mecanismos rompedores e compactadores de uma semeadora de plantio direto na cultura do milho**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2001.

RINALDI, P. C. N.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; SILVEIRA, J. C. M.; MAGNO JÚNIOR, R. G. Influência da profundidade de adubação e da velocidade de uma semeadora no estabelecimento inicial da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Engenharia na Agricultura**. v. 18 n. 2, p. 123-130, 2010.

SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, Paraná: Mecenias, 2009. 314 p.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A. Construção de uma agricultura sustentável, lucrativa e adaptada aos entraves pedoclimáticos das regiões tropicais úmidas. **Informe Agrônômico**, v. 74, p. 2-20, 1996.

SILVA, A. R. B.; BENEZ, S. H.; MAHL, D.; LEITE, M. A. S.; PONTES, J. R.; GREGO, C. R.; MARQUES, J. P.; COSTA, A. M. Avaliação de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função de diferentes mecanismos sulcadores e velocidades de deslocamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD ROM.

SILVA, J. G. **Plantio Direto do Arroz Influenciado por Tipos de Sulcadores e Compactadores de Sulcos da Semeadora-Adubadora**. Santo Antônio de Goiás, GO: EMBRAPA, 2004 (Comunicado Técnico 81).

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 7-12, 2000.

SILVA, J. G.; SILVEIRA, P. M. **Avaliação de uma semeadora adubadora na cultura do milho**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.19, 2002.

SILVA, S. L. **Avaliação de semeadoras de plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. 2000. 123 f. Tese (Doutorado) - Botucatu, SP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2000.

SILVEIRA, D. C.; M. FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.

SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; RALISCH, R., Desempenho energético de semeadoras-adubadoras de plantio direto na implantação da cultura da soja (*Glycine max* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD-ROM.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSU, L. D. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a dois sistemas de manejo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n.6, p. 1357-1364, 2010.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impactos em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.15, n. 1, p. 229-235, 1991.

TEIXEIRA, R. B.; ROQUE, C. G.; LEAL, A. J. F.; MINOTTO, V. A.; FREITAS, U. C. Formas de aplicação da adubação fosfatada na cultura da soja em semeadura direta. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2013.

TIESEN, C. M. A.; VALE, W. G.; SILVA, A. F.; SHIRATSUCHI, L. S.; SILVA, C.; RIMOLI, M. F. S. Influência da velocidade de semeadura no cultivo de soja. *Scientific Electronic Archives*, v. 9, n. 5, 2016.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônomicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p.1071-1077, 2002.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; CORREA JUNIOR, D.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, E.F. Operational and energetic performance of an agricultural tractor during direct and conventional sowing. **Scientific Electronic Archives**, v. 7, p. 65-76, 2014.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.743-755, 2009.

VIZZOTTO, V. R. 2014. **Desempenho de mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora sobre os atributos físicos do solo em várzea no comportamento da cultura da soja (*Glycine max* L.)**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Santa Maria: UFSM. 78p. 2014.