

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**RUDI OTTO DAMS**

**DESEMPENHO DE SULCADORES NA SEMEADURA DA SOJA EM  
SOLO COM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**RUDI OTTO DAMS**

**DESEMPENHO DE SULCADORES NA SEMEADURA DA SOJA EM  
SOLO COM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

RUDI OTTO DAMS

**DESEMPENHO DE SULCADORES NA SEMEADURA DA SOJA EM  
SOLO COM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo

PATO BRANCO

2014

**Dams, Rudi Otto**  
**Desempenho de sulcadores na semeadura da soja em solo com diferentes níveis de compactação / Rudi Otto Dams**  
**Pato Branco. UTFPR, 2014**  
**43f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo**  
**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2014.**  
**Bibliografia: f. 36 – 43**

**1. Agronomia. 2. Qualidade de semeadura. 3. Plantio direto. 4. Componentes de rendimento I. Modolo, Alcir José, II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Desempenho de sulcadores na semeadura da soja em solo com diferentes níveis de compactação.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Pato Branco  
Curso de Agronomia



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**DESEMPENHO DE SULCADORES NA SEMEADURA DA SOJA EM  
SOLO COM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

por  
RUDI OTTO DAMS

Monografia apresentada às 10 horas 30 min. do dia 29 de julho de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Robson Gonçalves Trentin**  
UTFPR

**Gabrielli Fiorentin Dedordi**  
UTFPR

**Prof. Dr. Alcir José Modolo**  
UTFPR  
Orientador

Visto da coordenação

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marlene de Lurdes Ferronato**  
Coordenadora do TCC

**“O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação da Agronomia.”**

Dedico este trabalho a meus pais, familiares e amigos que sempre estiveram do meu lado me incentivando e apoiando nesse período.

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus por sempre iluminar meu caminho.

Á minha família, que mesmo de longe sempre me apoiaram e me auxiliaram nos momentos difíceis, e graças a esse apoio foi possível chegar até aqui.

Á Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), por ter nos proporcionado uma estrutura e ensino de qualidade para desenvolver nossos trabalhos.

Á todos os professores do curso de Agronomia, não apenas pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do curso, mas também pelo convívio, pelo apoio e pela compreensão.

Ao CNPq e Fundação Araucária pelas bolsas de iniciação científica concedidas durante o período de graduação.

Ao professor Dr. Alcir José Modolo, pela orientação.

Á Gabrielli Fiorentin Dedordi, Robson Gonçalves Trentin, Felipe Machado, Andrei Daniel Zdziarski, Antonio Carlos Marangoni De Cól e Leonardo Pasa Hoffmann pelo apoio dado no desenvolvimento do experimento.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

## RESUMO

DAMS, Rudi Otto. Desempenho de sulcadores no plantio de soja em solo com diferentes níveis de compactação. TCC, (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Há anos a soja tem sido a principal cultura oleaginosa produzida e consumida no mundo. O crescimento da cultura da soja está relacionado aos avanços científicos e aos incrementos nas tecnologias para o setor produtivo. A adoção do SPD é responsável por um dos maiores avanços da agricultura brasileira. O objetivo do presente trabalho foi avaliar desempenho de sulcadores de uma semeadora-adubadora na implantação da cultura da soja em solo com diferentes níveis de compactação. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco em um Latossolo Vermelho Distroférrico. Os tratamentos foram compostos pela combinação entre quatro níveis de compactação do solo (N0, N2, N4 e N6) e dois mecanismos sulcadores (disco duplo e haste sulcadora) de uma semeadora-adubadora de plantio direto. Foram realizadas as avaliações de densidade do solo, resistência mecânica do solo a penetração, profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizada, índice de velocidade de emergência de plântulas, estande inicial de plantas, peso de mil grãos e produtividade da cultura. As maiores densidades do solo foram encontradas no tratamento N6, apresentando diferenças significativas apenas do tratamento N0. Os níveis de compactação influenciaram significativamente somente o índice de velocidade de emergência de plântulas e massa de mil grãos, já os mecanismos sulcadores influenciaram apenas a profundidade de semeadura e a produtividade média da cultura. O estande inicial de plantas e a área de solo mobilizada não sofreram influência de nenhum dos fatores avaliados.

**Palavras-chave:** Qualidade de semeadura, Plantio direto, Componentes de rendimento.

## ABSTRACT

DAMS, Rudi Otto. Performance on seeder trenchers in soybean seed with different compression levels in the soil. TCC, (Agronomy Course), Universidade Tecnológica Federal do Parana. Pato Branco, 2014.

For many years, soybean has been the main oil crop produced and consumed in the world. The growth of soybean crop is related to scientific advances and increments in technology for productive sector. The Tillage System's adoption is responsible for one of the greatest advances in Brazilian agriculture. The present work aimed to evaluate the performance of trencher in a seeder on soybean implantation in different compression levels. The experiment was conducted in Rhodic Hapludox soil, at experimental area of Universidade Tecnológica Federal do Parana - Campus Pato Branco. Treatments were composed in a combination of four compression levels on soil (N0; N2; N4 and N6), and two trencher mechanisms (double disc and planter shank) on a zero tillage seeder. Soil density, mechanic soil resistance to penetration, seed depth, moved soil, index of plant emergence, initial plant booth, a thousand grain weight, and soybean yield. The major soil densities were founded in the soil that N6, presenting significant differences only in the treatment N0. The compression levels influenced significantly only in index of plant emergence, and a thousand grain weight. The trencher mechanisms influenced only seed depth and soybean yield. The initial plant booth and moved soil weren't suffered influence about the evaluations.

**Keywords:** Seeding quality, Zero tillage, Yield components.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1. CULTURA DA SOJA.....	14
3.2. PLANTIO DIRETO.....	14
3.3. COMPACTAÇÃO DO SOLO.....	15
3.4. SEMEADORA-ADUBADORA E MECANISMOS SULCADORES.....	16
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	18
4.2 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
4.3 SEMEADURA E TRATOS CULTURAIS.....	19
4.4 AVALIAÇÕES PRÉ-PLANTIO.....	20
4.4.1 Caracterização Física do Solo.....	20
4.4.2 Teor de Água no Solo.....	20
4.4.3 Densidade do Solo.....	20
4.5 AVALIAÇÕES PÓS-PLANTIO.....	21
4.5.1 Profundidade de Deposição de Sementes.....	21
4.5.2 Área de Solo Mobilizada.....	21
4.5.3 Índice de Velocidade de Emergência de Plântulas – IVE.....	22
4.5.4 Estande Inicial de Plantas.....	22
4.5.5 Massa de Mil Grãos.....	23
4.5.6 Produtividade da cultura.....	23
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	23
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>24</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO.....	24
5.1.1 Densidades do Solo.....	24
5.1.2. Resistência mecânica do solo à penetração.....	25
5.2. Parâmetros de qualidade de semeadura.....	26
5.2.1. Profundidade de semeadura.....	27
5.2.2. Área de solo mobilizada.....	28

5.2.3. Índice de velocidade de emergência.....	29
5.2.4. Marcha de emergência de plântulas.....	30
5.2.5 Desenvolvimento Inicial e Produtividade.....	31
5.2.6 Estande Inicial de Plantas.....	31
5.2.7 Peso de Mil Grãos.....	32
5.2.8 Produtividade.....	33
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há anos a soja tem sido a principal cultura oleaginosa produzida e consumida no mundo, fato justificado pelo seu uso como matéria prima na produção de farelo de soja e óleo (Brum, 2002). O farelo de soja apresenta alto teor protéico sendo assim destinado ao consumo animal, já o óleo de soja é utilizado em sua maioria para o consumo humano.

Nas últimas quatro décadas o Brasil, tem passado por uma expressiva evolução no âmbito tecnológico e econômico, tendo como resultado importantes mudanças na exploração agrícola nacional. Nesse sentido, o cultivo da soja está passando por uma redistribuição geográfica e apresentando acréscimo nas quantidades produzidas (LAZZAROTTO et al., 2011).

O crescimento da cultura da soja está relacionado aos avanços científicos e aos incrementos nas tecnologias para o setor produtivo (Freitas, 2011). Os principais fatores responsáveis por esses avanços são, a mecanização e a criação de cultivares altamente produtivas e adaptadas a diversas regiões.

De acordo com os levantamentos realizados pela Conab (2014) para a safra 2013/2014 a produção da soja ficou em torno de 86.082,3 mil toneladas, o que representa um incremento de 5,6% se comparada a safra 2012/2013, incremento esse que se deve ao aumento na área colhida. A região sul contribui com esse aumento, com uma área cultivada de 10.445,8 mil hectares, sendo o estado do Paraná o segundo maior produtor nacional.

A adoção do sistema de plantio direto (SPD) é responsável por um dos maiores avanços da agricultura brasileira. Esse sistema foi introduzido primeiramente no sul do país em meados da década de 1970, tendo como principal objetivo o controle da erosão hídrica, com o qual é possível reduzir em até 75% as perdas de solo e 20% as perdas de água em comparação as áreas onde é realizado o revolvimento do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

No SPD, a compactação é gerada pelos pneus dos tratores, colhedoras e demais máquinas e equipamentos, devido a falta de caminhos preferenciais dentro das lavouras, associado a umidade inadequada do solo no momento das operações agrícolas e a necessidade de inúmeros cultivos e tratos culturais por ciclo das

culturas . A compactação, geralmente limita-se as camadas mais superficiais do solo e é provocada principalmente pela pressão de ar, largura inadequada dos pneus e pelo peso excessivo por eixo (HAKANSSONI et al., 1996).

Segundo Araújo et al. (1999) a alternativa utilizada para romper a camada superficial compactada nas regiões de solos argilosos, tem sido o uso de sulcadores do tipo haste nas semeadoras de plantio direto. O uso de hastes sulcadoras permite a deposição do fertilizante a maiores profundidades, o que pode estimular o aprofundamento das raízes, tendo em vista que os nutrientes, em semeadura direta, tendem a se concentrar na superfície do solo e, desse modo, minimizar os efeitos da compactação sobre o crescimento das plantas. Porém, o emprego de hastes sulcadoras, em substituição aos discos duplos, aumenta o requerimento de força de tração e o consumo de combustível (SILVA, 2003).

Os sulcadores são os elementos mais importantes das semeadoras-adubadoras de precisão para a semeadura direta, uma vez que a adequação da máquina a uma dada condição operacional, que pode ou não ser regionalizada, se verifica por meio da correta seleção dos sulcadores a serem empregados. Estes mecanismos são responsáveis pela abertura do sulco para a deposição de sementes e adubo à profundidade pré-determinada (MODOLO et al., 2005).

Na região Sudoeste do Paraná, devido à predominância de solos argilosos, nos quais os problemas de compactação se manifestam mais intensamente, e tendo a soja como principal cultura de verão, torna-se necessários estudos que possibilitem a sustentabilidade do sistema, proporcionando ao agricultor medidas que visem a diminuição dos custos de produção, por meio da correta utilização dos equipamentos disponíveis na propriedade, mantendo assim a produtividade.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar desempenho de sulcadores de adubo de uma semeadora-adubadora na implantação da cultura da soja em solo com diferentes níveis de compactação.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a densidade do solo na camada de 0,0 a 0,10 m de profundidade;
- Avaliar a resistência mecânica à penetração do solo;
- Avaliar a profundidade de semeadura, área de solo mobilizada, o índice de velocidade de emergência, o estande inicial de plantas, o massa de mil grãos e a produtividade da cultura da soja

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. CULTURA DA SOJA

De acordo com a Embrapa (2004) a cultura da soja (*Glycines Max L.*) foi introduzida no Brasil no ano de 1882. A soja cultivada é uma planta herbácea, dicotiledônea, da família das fabaceas e que apresenta uma grande variabilidade genética, tanto no ciclo vegetativo, quanto reprodutivo, tendo grande influência do meio ambiente.

Ainda, segundo a Embrapa, com o passar dos anos, a cultura deixou de ser utilizada como planta forrageira, para assumir o papel de maior importância econômica no país sendo explorada para a produção de grãos e a principal oleaginosa cultivada no mundo. Esse salto se deve a programas de incentivo do governo, expansão da área cultivada e ao desenvolvimento de novas tecnologias que ocasionaram aumento expressivo na produtividade da cultura.

De acordo com a Conab (2014) a área cultivada com soja no Brasil corresponde a 30.110,2 mil hectares, com uma produção de 86.082,3 mil toneladas.

Segundo a Embrapa (2007) as sementes devem ser distribuídas de maneira uniforme no plano horizontal, com uma profundidade de semeadura entre 3 a 5 cm. A utilização de profundidades maiores podem acarretar problemas na emergência das plântulas, sendo que os maiores problemas ocorrem em solos arenosos, que estão sujeitos ao assoreamento, ou em áreas que apresentam compactação superficial.

#### 3.2. PLANTIO DIRETO

O SPD é um dos maiores avanços na agricultura nacional. Tem como objetivo a redução das perdas de solo causados pela erosão hídrica (OLIVEIRA et al., 2002).

De acordo com Lopes (2014), a área cultivada sobre SPD a nível mundial é de 64 milhões de hectares, sendo que o Brasil possui a segunda maior

área, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. A nível estadual o Paraná apresenta a maior área cultivada sobre esse sistema com 4,5 milhões de hectares.

De acordo com Bacaltchuk e Mello (2005) o SPD é baseado em um sistema de exploração que envolve a diversificação de espécies por meio da rotação de culturas, onde o revolvimento do solo é realizado apenas na linha de semeadura e os resíduos das culturas anteriores é mantido na área sem que sejam incorporados. Este sistema se comparado a outros sistemas de cultivos, proporciona um menor grau de desordem ou de perturbação dos agroecossistemas.

Conforme Vieira (1989), mesmo no SPD a compactação dos solos pode ocorrer se não houver rotações e a sucessão de culturas, e essa compactação pode ser agravada devido ao adensamento natural que as partículas de solo apresentam. Além disso, segundo Silva et al. (2003), as tensões provocadas pelas cargas dinâmicas dos rodados dos implementos e máquinas agrícolas, também podem compactar diferentes camadas do solo e, caso este carregamento exceda a resistência interna do solo, mudanças nas propriedades físicas das camadas mais profundas ocorrerão.

### 3.3. COMPACTAÇÃO DO SOLO

De acordo com Torres et al. (1993) a compactação, pode ser definida como aumento da densidade do solo causada pelo rearranjo das partículas sólidas que compõem o solo. Esse fenômeno é causado pelas operações de cultivo ou pela pressão de veículos e implementos de preparo do solo.

Mentges et al. (2010) relatam que a compactação do solo apresenta influência sobre a densidade do solo, ocasionando um aumento da mesma e influenciando na resistência mecânica dos solos, modificando a porosidade total e macroporosidade sem apresentar efeitos sobre a microporosidade. Beutler (2006) também relata que o tráfego do trator sobre o solo ocasionou um aumento na compactação, a qual pode ser observada pelo aumento da resistência a penetração, da densidade do solo, da microporosidade e redução macroporosidade.

Segundo Sato (2011), a compactação do solo até certo nível, não é de todo o mal, pois, um determinado nível de compactação pode aumentar a área de

contato entre o solo e as raízes, contribuir para o aumento da retenção de água e absorção de nutrientes. Porém, em solos com altos níveis de compactação, podem ocorrer uma redução do sistema radicular e absorção de água pela planta.

De acordo com Modolo et al. (2011) para que o estabelecimento da cultura obtenha sucesso, o ambiente do solo deve apresentar as condições adequadas para a germinação da cultura, emergência da plântula e ao desenvolvimento da planta.

Reinert et al. (2008) estudando os efeitos da densidade do solo no crescimento de raízes de diversas culturas em Argissolo Vermelho verificaram que a densidade aumentou em sistema de plantio direto a níveis que são considerados prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Secco et al. (2004) concluíram que densidades do solo até 1,51 Mg m<sup>-3</sup> e resistência à penetração de até 2,6 MPa, não apresentaram reduções no rendimento da cultura da soja, cultivada em um Latossolo Vermelho Distroférrico.

### 3.4. SEMEADORA-ADUBADORA E MECANISMOS SULCADORES

semeadoras-adubadoras são máquinas utilizadas para a implantação de culturas anuais por meio da semeadura em áreas em que não houve revolvimento convencional do solo e com a presença de cobertura vegetal, o que permite a semeadura logo após a colheita da cultura anterior.

Cada linha de semeadura é constituída de unidade de corte da palhada, mecanismos sulcadores, sistemas de controle da profundidade de deposição de sementes, sistema de cobertura dos sulcos e sistema de compactação do solo sobre as sementes para que ocorra o contato ideal do solo com as sementes (SIQUEIRA, 2007).

Uma semeadora-adubadora pode ser equipada com diferentes mecanismos sulcadores, entre eles, tem-se os sulcadores do tipo haste e do tipo disco duplo, os quais apresentam características distintas. O uso de hastes sulcadoras para a deposição de adubo, tem sido utilizada como alternativa para o rompimento das camadas compactadas (CEPIK et al., 2010 e ARAÚJO et al., 1999).

Segundo Reis et al. (2006), o uso de hastes sulcadoras promove maior mobilização do solo nos sulcos de semeadura, quando comparados com o uso de discos duplos, aumentando a incidência de ervas daninhas e os problemas de erosão. Já, o mecanismo sulcador do tipo disco duplo exercem forças laterais sobre o solo formando um sulco uniforme, em formato de “V” o que garante um bom contato solo-semente.

De acordo com Iqbal et al. (1998), as forças laterais exercidas pelos mecanismos sulcadores do tipo disco duplo no sulco de semeadura em solos argilosos, úmidos e compactados, se torna uma barreira física para o desenvolvimento radicular, quando não se respeita o teor de umidade para realizar a semeadura: quanto mais umidade no solo maior o grau de compactação lateral do sulco.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Campus Pato Branco, sendo sua localização definida pelas coordenadas 26°16'36" de Latitude Sul e 52°41'20" de Longitude Oeste. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférrico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), com textura muito argilosa (77,40% de argila, 20,31% de areia e 2,29% de silte). O clima é subtropical úmido do tipo (Cfa), conforme classificação de Köppen (Maack, 1968), com altitude média de 760 m e declividade máxima de 3%. A área experimental vem sendo cultivada no sistema plantio direto há mais dez anos, com as culturas da soja e milho no verão e com aveia preta e azevém no inverno.

### 4.2 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos são compostos pela combinação entre quatro níveis de compactação do solo e dois mecanismos sulcadores (disco duplo e haste sulcadora) de uma semeadora-adubadora de plantio direto.

Os níveis de compactação, aplicados as parcelas foram:

Nível 0 (N0) – Plantio Direto sem compactação adicional;

Nível 2 (N2) – Plantio Direto submetido à compactação adicional, por meio de duas passadas com trator no mesmo rastro até fechamento total da área da parcela.

Nível 4 (N4) – Plantio Direto submetido à compactação adicional, por meio de quatro passadas com trator no mesmo rastro até fechamento total da área da parcela.

Nível 6 (N6) – Plantio Direto submetido à compactação adicional, por meio de seis passadas com trator no mesmo rastro até fechamento total da área da parcela.

Para a aplicação dos níveis de compactação utilizou-se um trator modelo New Holland TL75E 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), com lastragem máxima permitida, pneus Standard dianteiros 12,4x24 e traseiros 18,4x30, e um pulverizador montado, da marca Jacto (250 kg) abastecido com 600 litros de água totalizando 5489 Kg. A compactação foi realizada logo após período de chuvas, passando-se o trator em toda a área da parcela.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso composto por oito tratamentos e quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas constituíram os quatro níveis de compactação do solo e as subparcelas os dois mecanismos sulcadores. A área foi dividida em quatro blocos casualizados, totalizando 32 parcelas experimentais, cada uma com área de 75 m<sup>2</sup> (3,75 x 20 m), com espaçamento entre blocos de 10,0 metros, utilizados para manobra e estabilização do conjunto motomecanizado. Na Figura 1 é apresentado o croqui do experimento com a casualização para os níveis de compactação e sulcadores do solo.

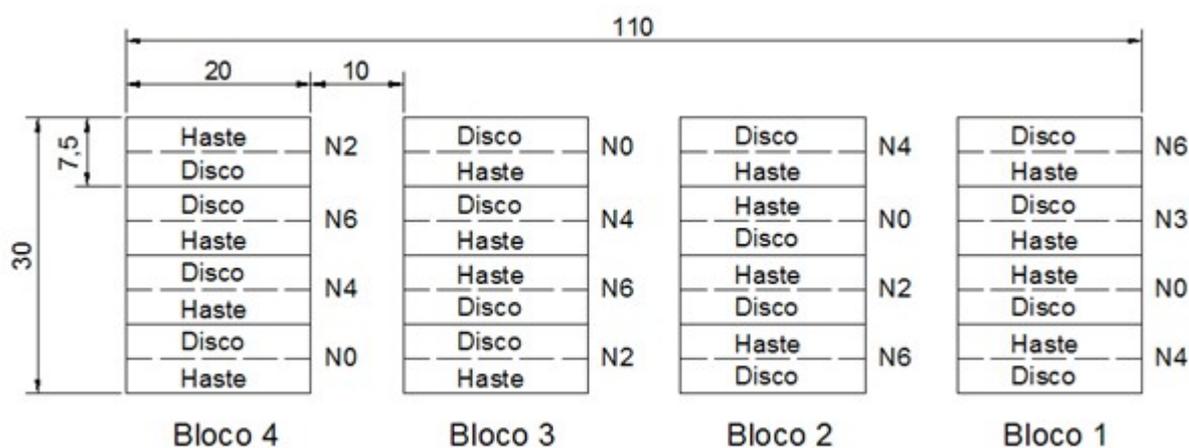


Figura 1 – Esquema de campo com a disposição das parcelas experimentais

#### 4.3 SEMEADURA E TRATOS CULTURAIS

A semeadura da cultura da soja foi realizada no período de zoneamento agrícola para a região sudoeste do estado do Paraná, que vai de 30 de outubro a 30 de dezembro (IAPAR, 2014). Para a semeadura foi utilizado uma semeadora-adubadora de plantio direto de arrasto, da marca Vence Tudo, modelo

SA 14600, com dosador de sementes do tipo mecânico, com cinco linhas de semeadura, espaçadas entre si por 0,45 m, sendo cada linha configurada com disco de corte liso de 381 mm (15") de diâmetro; sulcador para deposição de adubo do tipo haste com ponteira de 17,76 mm de largura, ângulo de ataque de 30° e altura de 0,45 m ou sulcador do tipo disco duplo defasado com 381 mm (15") de diâmetro (dependendo do tratamento), sulcador para deposição de sementes do tipo disco duplo defasado com 356 mm (14") de diâmetro; rodas planas controladoras de profundidade de sementes e rodas compactadoras do tipo convexa de borracha com 330 mm (13") de diâmetro e 170 mm de largura.

A cultivar utilizada foi a Don Mario 5.8i (BMX Apollo) na densidade de semeadura de aproximadamente 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### 4.4 AVALIAÇÕES PRÉ-PLANTIO

##### 4.4.1 Caracterização Física do Solo

Após a aplicação dos níveis de compactação foram realizadas as análises físicas do solo antes do plantio da soja. Determinou-se o teor de água no solo, densidade do solo e resistência mecânica do solo a penetração.

##### 4.4.2 Teor de Água no Solo

Coletou-se duas amostras de solo por bloco no dia da aplicação dos níveis de compactação e no momento da semeadura. Essas amostras foram pesadas e levadas para uma estufa com temperatura de 105-110 °C, deixando nesta condição durante 24 horas (EMBRAPA, 1997).

##### 4.4.3 Densidade do Solo

A densidade do solo foi determinada após a aplicação dos níveis adicionais de compactação e antes da semeadura, utilizando o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Em cada parcela coletou-se três amostras indeformadas de solo na profundidade de 0 -10 e 10-20 cm.

#### 4.4.4 Resistência Mecânica do Solo a Penetração

Foi utilizado um penetrômetro manual da marca Falker, modelo PLG1020, com ponta (cone) de 1,0 cm<sup>2</sup> de área, sendo realizada aleatoriamente dez amostragens por unidade experimental, obtendo os valores na camada de 0 a 0,4 m de profundidade.

### 4.5 AVALIAÇÕES PÓS-PLANTIO

#### 4.5.1 Profundidade de Deposição de Sementes

Para a determinação da profundidade de deposição de sementes foram avaliadas as três linhas centrais de semeadura em cada unidade experimental, tomando como base 20 sementes em cada linha. Com o auxílio de uma espátula removeu-se o solo sobre as sementes de forma a não retirá-las do seu local de deposição. Com as sementes descobertas determinou-se a sua distância da borda do sulco.

#### 4.5.2 Área de Solo Mobilizada

O perfil de solo mobilizado foi determinado com o auxílio de um perfilômetro construído em madeira, com réguas verticais graduadas em centímetros, dispostas a cada 2 cm no sentido transversal a linha de semeadura. Sendo determinado nas três linhas centrais de semeadura o perfil da superfície natural do solo, perfil da superfície final do solo e perfil interno do solo mobilizado. Para o cálculo da área mobilizada utilizou-se a equação 1.

$$Am = \sum (P_N - P_F) \cdot e \quad (1)$$

Em que:

$A_m$  = Área mobilizada (cm<sup>2</sup>);

PN = perfil da superfície natural do solo para cada ponto do perfilômetro (cm);

PF = perfil da superfície final do solo para cada ponto do perfilômetro (cm);

$e$  = espaçamento entre réguas verticais (cm);

#### 4.5.3 Índice de Velocidade de Emergência de Plântulas – IVE

Para determinação avaliou-se um comprimento de 5 m nas três linhas centrais de semeadura de cada unidade experimental. A contagem das plântulas emergidas foi realizada diariamente até que o número de plântulas emergidas se apresentou constante. A plântula foi considerada emergida a partir do instante em que ela rompeu o solo e pode ser vista a olho nu em qualquer ângulo. Com esta contagem determinou-se o índice de velocidade de emergência de plântulas através da equação 2, adaptada de MAGUIRE (1962).

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_N}{N_N} \quad (2)$$

Em que:

IVE = Índice de velocidade de emergência;

$E_1, E_2, E_N$  = número de plantas emergidas, na primeira, segunda,..., última contagem;

$N_1, N_2, N_N$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda,..., última contagem.

#### 4.5.4 Estande Inicial de Plantas

Para determinação do estande inicial de plantas foi realizada a contagem do número de plantas presentes na área útil da parcela, após a estabilização da emergência.

#### 4.5.5 Massa de Mil Grãos

A massa de mil grãos será definida com base na massa total de grãos por planta e o número de grãos por planta, fazendo uma regra de três simples conforme a equação 3.

$$MMG = \left( \frac{MGP \cdot 1000}{NTGP} \right) \quad (3)$$

Em que:

NMG = massa de mil grãos;

MGP = massa de grãos por planta;

NTGP = número total de grãos por planta

#### 4.5.6 Produtividade da cultura

O rendimento de grãos foi avaliado colhendo-se manualmente as plantas ao longo de 5 m lineares, nas três linhas centrais de semeadura, sendo posteriormente trilhadas em uma trilhadora estacionária da marca Maqtron, modelo B 380, e pesadas. O resultado foi extrapolado para o rendimento por hectare. Foram retiradas amostras para padronização do teor de água encontrado nos grãos no momento da colheita do experimento.

#### 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ). Para a análise dos dados utilizou-se o programa Assistat 7.7 Beta.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

#### 5.1.1 Densidades do Solo

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios da densidade do solo na profundidade de 0 à 10 cm, onde pode-se notar que a menor densidade é observada no tratamento sem compactação adicional e as maiores densidades nos tratamentos com compactação adicional. Resultado esse esperado, pois segundo Rosa et al. (2014), a densidade do solo é uma das propriedades afetadas pelo tráfego de máquinas agrícolas, devido à ocorrência da substituição dos espaços porosos pela parte sólida.

Lima et al. (2006) trabalhando com plantio direto com compactação adicional, relata que o tratamento que possuía compactação adicional apresentou os maiores valores de densidade. Resultado este que corrobora com o presente trabalho.

Valicheski et al. (2012), trabalhando com diferentes espécies de coberturas do solo e cinco níveis de compactação, observaram diferenças significativas apenas nos dois menores níveis de compactação em relação aos demais níveis que não apresentaram diferenças estatísticas significativas, corroborando com o presente trabalho. Os autores atribuíram esses resultados a possível ruptura dos agregados após a passagem do trator, o que favorece o adensamento das partículas.

Giarola et al. (2009), trabalhando com sistema de plantio direto com dois níveis de compactação, verificaram que com o nível adicional ocorreu aumento na densidade do solo, devido o rearranjo das partículas primárias e dos agregados, o que causou um adensamento das partículas do solo.

Tabela 1 - Valores médios da densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) na profundidade de 0 – 10 cm em função dos diferentes níveis de compactação do solo.

Tratamentos	Densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ )
Níveis de compactação (N)	-
Sem compactação adicional	1,13 b
Tráfego em duas vezes	1,20 ab
Tráfego em quatro vezes	1,22 a
Tráfego em seis vezes	1,24 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

### 5.1.2. Resistência mecânica do solo à penetração

Os valores de resistência do solo a penetração são apresentados na Figura 2, onde se pode observar que na profundidade entre 0 a 20 cm, os maiores valores de resistência a penetração foram obtidos nos tratamentos com maior número de passadas do trator, sendo o N6 o tratamento que apresentou maior valor.

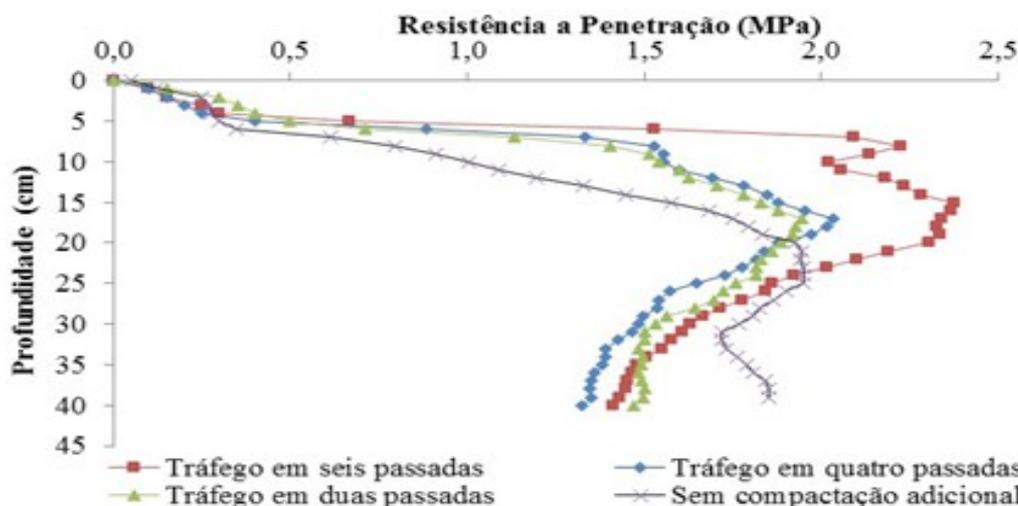


Figura 2. Resistência do solo a penetração sobre diferentes níveis de compactação do solo.

Somente o tratamento N6 superou os valores considerados críticos pela literatura para a penetração das raízes (2,0 MPa) (TORMENA et al., 1998). Observa-se ainda que na profundidade de 20 a 40 cm, todos os tratamentos tiveram o mesmo comportamento. O teor de água do solo no momento da avaliação da resistência mecânica do solo à penetração na camada de 0 - 40 cm de profundidade era de  $0,37 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Filho et al. (2001) trabalhando com dois sistemas de manejo do solo, observaram que no tratamento sem revolvimento do solo apresentou uma maior resistência mecânica a penetração na camada de 15 a 35 cm.

Segundo Camargo & Alleoni (1997), o aumento da compactação e conseqüente redução do tamanho dos poros, a ponto de impedir a passagem da raiz principal, fazem com que esse efeito seja compensado pela expansão de raízes laterais com diâmetros menores, que se proliferam e formam um sistema radicular muito denso e superficial, que no campo dificilmente sobrevive a condições secas.

## 5.2. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE SEMEADURA

Na Tabela 2 é apresentada a síntese da análise de variância para os parâmetros de qualidade de semeadura da cultura da soja, onde observa-se que os níveis de compactação influenciaram significativamente somente o índice de velocidade de emergência de plântulas. Os mecanismos sulcadores influenciaram significativamente somente a profundidade de semeadura. Nota-se também que não houve interação significativa para nenhum dos parâmetros estudados.

Tabela 2. Síntese da análise de variância para as variáveis de qualidade de semeadura: profundidade de semeadura (PS); área de solo mobilizada (AM); índice de velocidade de emergência (IVE) e estande de plantas (EP) em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

F.V.	GL	PS	AM	IVE
Níveis de compactação (N)	3	0,76 <sup>ns</sup>	548,86 <sup>ns</sup>	58,81*
Sulcador (S)	1	1,03**	77,35 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>
NxS	3	0,08 <sup>ns</sup>	217,16 <sup>ns</sup>	5,36 <sup>ns</sup>
C.V. (N) (%)	-	14,39	29,41	12,24
C.V. (S) (%)	-	7,27	26,27	7,85

ns: não-significativo. \*: Significativo (P<0,05). \*\*: Significativo (P<0,01). C.V.: Coeficiente de Variação.

### 5.2.1. Profundidade de semeadura

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios da profundidade de semeadura em função dos níveis de compactação e dos mecanismos sulcadores, onde se pode notar que o sulcador do tipo disco apresentou a maior profundidade de semeadura em relação ao sulcador do tipo haste. Resultado este que corrobora com o encontrado com Reis et al. (2004) que trabalhando com diferentes mecanismos sulcadores encontraram que o sulcador do tipo disco apresentou a maior profundidade de semeadura. Os autores atribuíram esse comportamento ao formato do disco que proporciona maior estabilidade das paredes do sulco.

Camilo et al. (2004) estudando a influência das velocidades de trabalho e mecanismos sulcadores, também constataram que o mecanismo sulcador do tipo disco duplo apresentou maior profundidade de semeadura em comparação com o mecanismo sulcador do tipo haste. No entanto, estes resultados diferem de Lindwall e Anderson (1977) que relatam a maior capacidade de penetração dos sulcadores tipo haste, em relação aos de disco duplo, em solos não preparados e com densidade superior a 1,2 g cm<sup>-3</sup>.

Tabela 3. Valores médios da profundidade de semeadura de soja (cm) em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

Tratamentos	Profundidade de semeadura (cm)
Níveis de compactação (N)	-
Sem compactação adicional	5,01 a
Tráfego em duas vezes	4,62 a
Tráfego em quatro vezes	4,50 a
Tráfego em seis vezes	4,02 a
Sulcador (S)	-
Disco	4,71 a
Haste	4,36 b

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

### 5.2.2. Área de solo mobilizada

Observa-se na Tabela 4 que tanto os níveis de compactação do solo quanto os mecanismos sulcadores não influenciaram significativamente a área de

solo mobilizada. Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos obtidos por Grego (2002) e Melo et al. (2003). Estes autores relataram que os sulcadores do tipo haste promovem maior mobilização de solo nos sulcos de semeadura, em relação aos discos duplos, aumentando à área de solo descoberto, a incidência de plantas daninhas, a possibilidade de falhas no aterramento do sulco e a ocorrência de erosão.

Tabela 4. Valores médios da área de solo mobilizada (cm<sup>2</sup>) na implantação da cultura da soja em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

Tratamentos	Área de solo mobilizada (cm <sup>2</sup> )
Níveis de compactação (N)	-
Sem compactação adicional	59,53 a
Tráfego em duas vezes	57,74 a
Tráfego em quatro vezes	45,99 a
Tráfego em seis vezes	43,01 a
Sulcador (S)	-
Disco	53,12 a
Haste	50,01 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

Silva et al. (2006) afirmam que o sulcador tipo haste foi projetado para abrir o sulco para a deposição de fertilizantes e para romper camadas de solo mais adensadas. Ao contrário, o mecanismo sulcador tipo disco duplo, apenas abre o sulco para deposição de fertilizante, possibilitando menor mobilização do solo.

Rosa (2007) trabalhando com diferentes sistemas de manejo e dois níveis de compactação não verificou diferenças significativas para área de solo mobilizada. Onde a maioria dos tratamentos apresentaram redução na área de solo mobilizada, isso devido o solo quando compactado trabalhar na forma de um bloco o que faz com que ocorra a redução da área de solo mobilizada

### 5.2.3. Índice de velocidade de emergência

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios do índice de velocidade de emergência em função dos diferentes níveis de compactação e mecanismos sulcadores, podendo ser observado que o tratamento N0 apresentou a menor velocidade de emergência, enquanto que os tratamentos com maior

intensidade de tráfego apresentaram os melhores IVE. Apesar de não haver diferenças significativas na profundidade de semeadura (Tabela 3), nota-se tendência de redução da profundidade a medida que se aumenta o número de passadas do trator e essa redução da profundidade de semeadura justifica a maior velocidade de emergência nesses tratamentos.

Tabela 5. Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVE) de soja em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

Tratamentos	IVE
<b>Níveis de compactação (N)</b>	
Sem compactação adicional	20,31 b
Tráfego em duas vezes	23,38 ab
Tráfego em quatro vezes	24,92 a
Tráfego em seis vezes	26,71 a
<b>Sulcador (S)</b>	
Disco	24,03 a
Haste	23,63 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

Estudos realizados por Portela et al. (1997) trabalhando dois mecanismos sulcadores (haste e disco) não identificaram efeitos significativos entre os sulcadores no índice de velocidade de emergência da cultura do milho sobre plantio direto. Camilo et al. (2004) trabalhando com diferentes velocidades de trabalho e mecanismos sulcadores do tipo haste e disco duplo defasado encontraram diferenças significativas entre os sulcadores para o índice de velocidade de emergência, o que difere do encontrado no presente trabalho.

#### 5.2.4. Marcha de emergência de plântulas

A Figura 3 apresenta a marcha de emergência da cultura soja em função dos diferentes níveis de compactação do solo, onde se pode notar que, nos maiores níveis de compactação (mais trafegado) o número de plântulas emergidas estabilizou mais rapidamente e apresentou maior velocidade de emergência quando

comparados com os tratamentos com menor grau de compactação. Essa maior velocidade de emergência encontrada no tratamento N6 (tráfego em seis passadas) pode ser atribuído a menor profundidade de sementeira (Tabela3) obtida nesse tratamento.

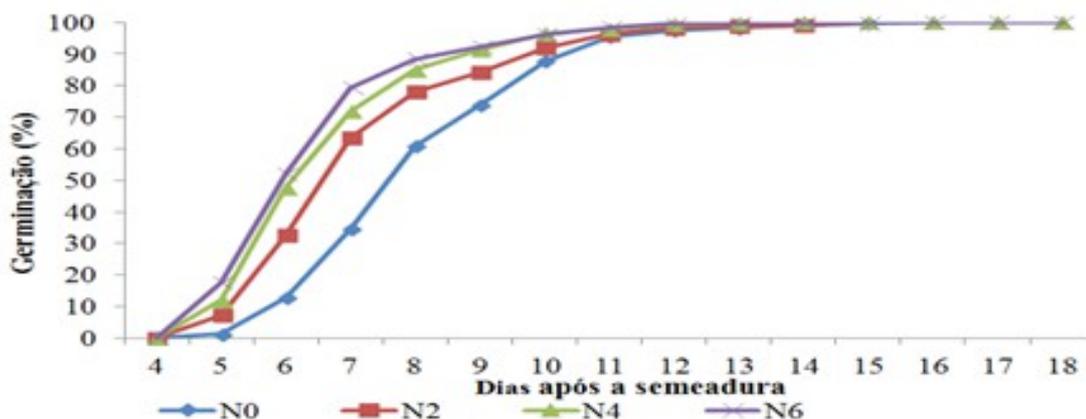


Figura 3. Marcha de emergência da cultura da soja sobre diferentes níveis de compactação do solo.

Na Figura 4 é apresentada a marcha de emergência da cultura da soja em função dos diferentes mecanismos sulcadores, onde observar-se que os mecanismos sulcadores não apresentaram influência sobre a velocidade de emergência das plântulas no decorrer dos dias após a sementeira. Reis et al. (2004) avaliando o efeito do teor de água do solo, tipos de mecanismos de abertura do sulco e elementos compactadores no desenvolvimento inicial da cultura do milho encontraram que o mecanismo sulcador do tipo haste apresentou maior porcentagem de plantas emergida em relação ao sulcador do tipo disco, diferindo do encontrado no presente trabalho.

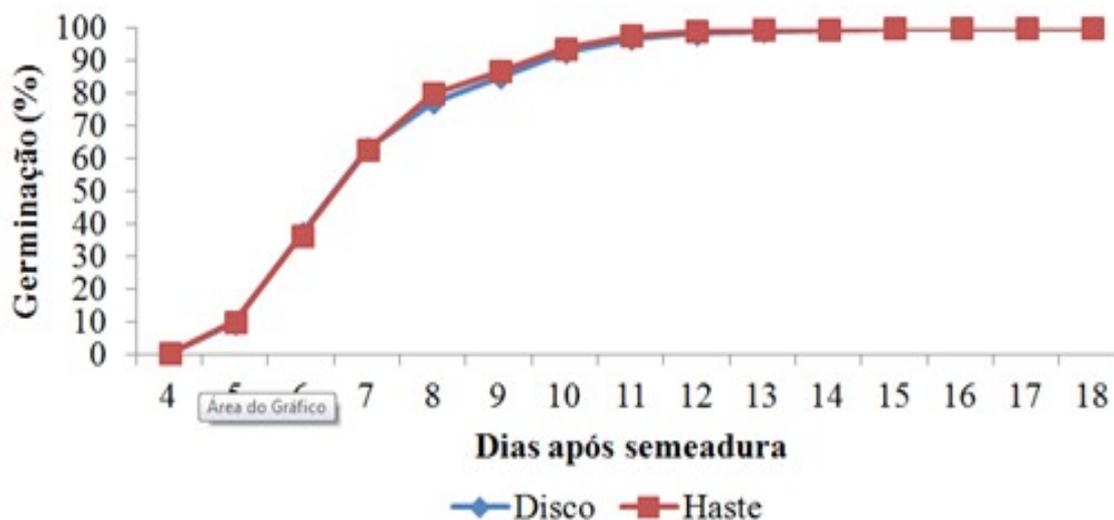


Figura 4. Marcha de emergência da cultura da soja sobre diferentes sulcadores.

### 5.2.5 Desenvolvimento Inicial e Produtividade

Na Tabela 6 é apresentada a síntese da análise de variância do desenvolvimento inicial e produtividade da cultura da soja, onde observa-se que os níveis de compactação influenciaram significativamente somente a massa de mil grãos. Já os mecanismos sulcadores influenciaram significativamente somente a produtividade. Nota-se também que não houve interação significativa para nenhum dos parâmetros estudados.

Tabela 6 - Síntese da análise de variância para o estande inicial de plantas (EP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade da cultura (PROD) em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

F.V.	GL	EP	PMG	PROD
Níveis de compactação (N)	3	389094359,05 <sup>ns</sup>	375,91 <sup>**</sup>	14840,74 <sup>ns</sup>
Sulcador (S)	1	345745724,63 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	403240,17 <sup>**</sup>
NxS	3	334956947,76 <sup>ns</sup>	9,11 <sup>ns</sup>	35209,95 <sup>ns</sup>
C.V. (N) (%)		7,95	4,73	7,52
C.V. (S) (%)		5,61	5,18	5,74

ns: não-significativo. \*: Significativo (P<0,05). \*\*: Significativo (P<0,01). C.V.: Coeficiente de Variação.

### 5.2.6 Estande Inicial de Plantas

Na Tabela 7 são apresentados os valores médios de estande inicial de plantas em função dos diferentes níveis de compactação e mecanismos sulcadores, onde se pode observar que nem os níveis de compactação, nem os mecanismos sulcadores influenciaram significativamente o estande inicial de plantas da cultura da soja. Esse resultado pode ser explicado devido a profundidade de semeadura não ter diferido entre os níveis de compactação apresentando as mesmas condições de desenvolvimento para a cultura.

Silva et al. (2012) avaliando a influência dos mecanismos sulcadores e profundidades de trabalho no desenvolvimento da cultura do milho observaram

diferenças significativas para o estande inicial de plantas, discordando do encontrado pelo presente trabalho. Berto et al. (2010) avaliando o uso de mecanismos sulcadores não encontraram diferenças entre os mecanismos sulcadores.

Tabela 7 - Valores médios do estande inicial de plantas de soja (plantas ha<sup>-1</sup>) em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

Tratamentos	Estande plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )
<b>Níveis de compactação (N)</b>	
Sem compactação adicional	233.518,50 a
Tráfego em duas vezes	235.370,40 a
Tráfego em quatro vezes	240.740,70 a
Tráfego em seis vezes	249.074,10 a
<b>Sulcador (S)</b>	
Disco	242.963,00 a
Haste	236.388,90 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

### 5.2.7 Peso de Mil Grãos

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios de peso de mil grãos, em função dos diferentes níveis de compactação, onde se pode notar que o tratamento sem compactação adicional (N0), apresentou o menor peso em relação aos demais tratamentos. Para os mecanismos sulcadores pode-se observar que não houve diferenças significativas.

Beutler et al. (2006) trabalhando com seis níveis de compactação e diferentes cultivares de soja, observaram menor peso de cem sementes, no tratamento com menor nível de compactação, os autores atribuem esse fato a melhor contato solo-raiz proporcionado pelo adensamento das partículas, causado pelos tratamentos, melhorando assim a absorção de nutrientes, devido a concentração de raízes mais próximo a superfície do solo e boa distribuição das chuvas no período de cultivo, corroborando com o encontrado no presente trabalho.

Tabela 8 - Valores médios do peso de mil grãos (g) da cultura da soja em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

Tratamentos	Massa de mil grãos (g)
<b>Níveis de compactação (N)</b>	
Sem compactação adicional	115,57 b
Tráfego em duas vezes	129,16 a
Tráfego em quatro vezes	130,55 a
Tráfego em seis vezes	127,38 a
<b>Sulcador (S)</b>	
Disco	125,48 a
Haste	125,84 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

Valicheski et al. (2012), trabalhando com a cultura da soja, submetida a cinco níveis de compactação e duas espécies de cobertura do solo não observaram diferenças significativas para a massa de mil sementes entre os tratamentos, diferindo do encontrado no presente trabalho.

### 5.2.8 Produtividade

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios de produtividade da cultura da soja em função dos níveis de compactação e mecanismos sulcadores, onde pode-se verificar que os níveis de compactação não apresentaram influência significativa na produtividade da cultura. Centurion (2006), trabalhando com quatro níveis de compactação do solo e duas cultivares de soja não verificou efeito da compactação na produtividade de soja. Resultado este que corrobora com o encontrado no presente trabalho.

Já para os mecanismos sulcadores pode-se observar que os mesmos influenciaram significativamente a produtividade, onde o mecanismo sulcador do tipo haste apresentou maior produtividade de grãos em relação ao tipo disco. Mesmo tendo apresentado menor profundidade de semeadura que o sulcador do tipo disco (Tabela 3), essa maior produtividade observada com o uso da haste pode ter

ocorrido devido a melhor descompactação lateral do solo proporcionada por este sulcador, favorecendo desta forma, melhores condições para o desenvolvimento da cultura. Já, o uso do disco, devido sua forma de abertura do sulco, pode ter causado o selamento lateral das paredes do mesmo, formando uma barreira física para o desenvolvimento radicular.

Tabela 9. Valores médios de produtividade da cultura da soja (Kg ha<sup>-1</sup>) em função dos diferentes níveis de compactação do solo e mecanismos sulcadores.

Tratamentos	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Níveis de compactação (N)</b>	
Sem compactação adicional	2205,41a
Tráfego em duas vezes	2225,00 a
Tráfego em quatro vezes	2264,74 a
Tráfego em seis vezes	2162,09 a
<b>Sulcador (S)</b>	
Disco	2102,31 a
Haste	2326,82 b

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem (P<0,05) pelo teste Tukey.

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. Os autores atribuem esse resultado aos fatores relacionados ao ambiente e a precipitação ocorrida durante o período de realização do experimento.

## 6 CONCLUSÕES

As maiores densidades do solo foram encontradas no tratamento que possuía tráfego com seis passadas (ou coloca somente N6), apresentando diferença apenas do tratamento sem compactação adicional.

Levando em consideração as características do solo em estudo e da carga aplicada os níveis de compactação influenciaram significativamente apenas o índice de velocidade de emergência de plântulas e peso de mil grãos, já os mecanismos sulcadores influenciaram apenas a profundidade de semeadura e a produtividade média da cultura.

O estande inicial de plantas e a área de solo mobilizada não sofreram influência de nenhum dos fatores avaliados.

## REFERÊNCIAS

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**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 226-237, 1999.

ANDREOLLA, Veruschka R. M.; GABRIEL FILHO, Antonio. Demanda de potência de uma semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 768-776, 2006.

BACALTCHUK, Benami; MELLO, Ivo. Sistema de plantio direto na palha: a prática que diferencia a agricultura brasileira. Ponta Grossa: 2005. Disponível em: <[http://www.febrapdp.org.br/download/publicacoes/Plantio\\_direto\\_ABMRA\\_Documento\\_Base\\_Marketing\\_2005.pdf](http://www.febrapdp.org.br/download/publicacoes/Plantio_direto_ABMRA_Documento_Base_Marketing_2005.pdf)>. Acesso em: 02 de mai. de 2014.

BERTO, H. H.; Yano, E.H.; Tábuas, R. F.; Pinto, A. F.; Bonacin, P. E.; Uso de mecanismos sulcadores em diferentes tipos de coberturas do solo na semeadura do milho de outono-inverno. Ilha Solteira. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/ivencivi-2010/uso-de-mecanismos-sulcadores-em-diferentes-tipos-de-coberturas-do-solo-na-semeadura-do-milho-de-o.pdf>>. Acesso: 01 de jul. de 2014.

BERTOL, O. J.; AMADO, T. J. C.; SCHLOSSER, J. F.; REINERT, D. J.; Desempenho de mecanismos sulcadores de semeadura sob condições de preparo reduzido do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v. 21,- p. 257-262, 1997.

BEUTLER, Amauri N.; CENTURION, José F.; CENTURION, Maria Aparecida P. da C.; SILVA, Alvaro P. da. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v. 30, p. 787-794, 2006.

BRUM, Argemiro. L.; HECK, Cláudia R.; LEMES, Cristiano da L.; MÜLLER, Patrícia K. A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no rio grande do sul 1970-2000. Ijuí, 2002.

CAMARGO, Antonio O.; ALLEONI, Luís Reynaldo F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, Esalq, p.132, 1997.

CAMILO, Arlindo J.; FERNANDES, Haroldo C.; MODOLO, Alcir J.; RESENDE, Ricardo C. de. Influência de mecanismos rompedores e velocidades de trabalho no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto do feijão. **Engenharia na agricultura**. Viçosa, v. 12, n. 3, p. 203-211, 2004,

CEPIK, Carla. T.; TREIN, Carlo R.; LEVIEN, Renato; CONTE, Osmar. et al. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 561-566, 2010.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 551-70, 1996.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de brasileira de grãos. v.1, safra 2013/2014, n.7 – Sétimo Levantamento, Abr. 2014.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_04\\_14\\_11\\_56\\_28\\_boletim\\_graos\\_abril\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_14_11_56_28_boletim_graos_abril_2014.pdf)>. Acesso em: 10 de Mai. de 2014.

DALLMEYER, Arno U. Opções na semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas. n. 2, p. 6-9, 2001.

DRESCHER, Marta Sandra.; ELTZ, Flávio L. F.; DENARDIN, José E.; FAGNELLO, Antônio.; DRESCHER, Gerson L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v. 36, p. 1836-1844, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa soja. **Tecnologias de produção de soja na região central do Brasil.** Sistema de produção N.1, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas.** Circular técnica 51. ISSN 1516-7860 – Set./2007. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/cirtec51.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. de 2014

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Embrapa Solos 2.ed., 306p, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed., 212p, 1997.

FREITAS, Márcio de C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, V. 7, N. 12, p. 1-12, 2011.

GIAROLA, Neyde F. B.; BRACHTVOGER, Elizeu L.; FONTANIVA, Silvano.; PEREIRA, Regina A.; FIOREZE, Samuel L. Cultivares de soja sob plantio direto em Latossolo Vermelho compactado. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 3, n. 4, p. 641-646, 2009.

GREGO, Célia R. **Sistemas de manejo do solo e da cobertura vegetal na cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) semeada com dois mecanismos sulcadores**. 2002. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W. B. Soil compaction. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B .A. Methods for assesment of soil degradation. Boca Raton, Lewis Publishers, New York, v. 3, 558p. 1996.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Zoneamento da Cultura da Soja**. Londrina, 2014.

IQBAL, M.; MARLEY, S.J.; ERBACH, D.C.; KASPAR, T.C.; An evaluation of seed furrow smearing. **Trans. Am. Soc. Agron. Eng.**, v. 41, p.1243-1248, 1998.

LAZZAROTTO, J. J.; GARAGORRY, F. L.; HIRAKURI, M. H. Dinâmica espacial da produção brasileira de soja no período de 1975 a 2003. , **Embrapa Soja**. Londrina, p. 18 2011.

LIMA, Cláudia. L. R. de.; REINERT, Dalvan J.; REICHERT, José M.; SUZUKKI, Luis Eduardo A. S. Compressibilidade de um Argissolo sob plantio direto escarificado e compactado. **Ciência Rural**, Santa Maria, V. 36, n. 6, p. 1762-1772, 2006.

LINDWALL, C.W.; ANDERSON, D.T. Effects of different seeding machines on spring wheat production under various condition of stubble residue and soil compactation in no-till rotations. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.57, n. 2, p. 81-91, 1977.

LOPES, Alfredo S.; WIETHÖLTER, Sírio; GUILHERME, Luis R. G.; SILVA, Carlos S. Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://www.anda.org.br/multimedia/lt\\_spd.pdf](http://www.anda.org.br/multimedia/lt_spd.pdf)>. Acesso em: 27 de jun. de 2014

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba, Banco de desenvolvimento do Paraná, p. 350, 1968.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAHL, Denise. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho.** 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MELLO, L. M. M.; PINTO, E. R.; YANO, E. H. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 3, p. 563-567, 2003.

MENTGES, Marcelo I.; REICHERT, José M.; ROSA, David P. de.; VIEIRA, Davi A.; ROSA, Vanderleia T. da.; REINERT, Dalvan J. et al. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compacto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 315-321, 2010.

MODOLO, Alcir J.; SILVA, Suedêmio de L.; GABRIEL FILHO, Antonio.; SILVEIRA, João Cleber da S.; GNOATTO, Estor. Demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora de precisão com diferentes unidades de semeadura. Maringá, **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 473-479, 2005.

MODOLO, Alcir J.; TROGELLO, Emerson.; NUNES, Anderson L.; SILVEIRA, João Cleber M. da.; KOLLING, Evandro M. Efeito da compactação do solo sobre a semente no desenvolvimento da cultura do feijão. Maringá, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, V. 33, n. 1, p. 89-95, 2011.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. e BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 393-486, 2002.

PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; SPAGNOLO, R. T.; BARROS, M. M. de.; VILAS BOAS, L. do A. Efeito da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de uma semeadora-adubadora na patinagem, na força de tração e no consumo de combustível de um trator agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1320-1326, 2010.

PORTELLA, J. A.; SATTLER, A.; FAGANELLO, A. Desempenho de elementos rompedores de solo sobre o índice de emergência de soja e de milho em plantio direto do sul do Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 5, n. 3, p. 209- 217, 1997.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

REIS, Elton. F. dos.; FERNANDES, Haroldo C.; SCHAEFER, Carlos E. G. R.; ARAÚJO, Eduardo F. Avaliação de mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 12, n. 3, p. 212-221, 2004.

REIS, Elton F. dos.; SCHAEFER, Carlos E. G. R.; FERNANDES, Haroldo C.; NAIME, João de M.; ARAÚJO, Eduardo F. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p.777-786, 2006.

ROSA, Germano B.; BUENO, Mariana R.; CUNHA, João Paulo A. R. da; Utilização de haste sulcadora e disco duplo na semeadura direta da cultura do milho e da soja. In: IX Encontro Interno e XIII Seminário de Iniciação Científica Uberlândia, 2014. Disponível em: <<https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/seg/cd2009/PDF/IC2009-0229.pdf>>. Acesso: 29 de jun. de 2014.

SATO, Michel K.; OLIVEIRA, Pedro D. de.; LIMA, Herdjanía V. de. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho. In: 9º Seminário Anual de Iniciação Científica, 2011. Disponível em: <[http://www.proped.ufra.edu.br/attachments/072\\_TEXTURA%20E%20GRAU%20DE%20COMPACTA%C3%87%C3%83O%20DO%20SOLO%20NO%20DESENVOLVIMENTO%20DE%20PLANTAS.pdf](http://www.proped.ufra.edu.br/attachments/072_TEXTURA%20E%20GRAU%20DE%20COMPACTA%C3%87%C3%83O%20DO%20SOLO%20NO%20DESENVOLVIMENTO%20DE%20PLANTAS.pdf)>. Acesso em: 10 de mai. de 2014.

SECCO, D.; REINERT, D. D.; REICHERT, J. M.; ROS C. O. da. Produtividade de soja e propriedades físicas de um latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, p. 797-804, 2004.

SILVA, Paulo R. A. **Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (Zea mays L.) no sistema de plantio direto**. 2003. 84 f. Dissertação (Mestrado) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2003.

SILVA, P. R. A. et al. Força de tração na barra e consumo de combustível de uma semeadora adubadora de plantio direto em função do mecanismo sulcador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006.

SILVA, Vicente. F. A.; FURLANI, Carlos E. A.; CHIODEROLI, Carlos A.; ZERBATO, Cristiano.; MELO, Nilvan C. Desenvolvimento do Milho em Função de Profundidades e Ângulos de Ataque de Hastes Sulcadoras de Adubo. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Águas de Lindóia, 2012. Disponível em: <[http://www.abms.org.br/29cn\\_milho/10653.pdf](http://www.abms.org.br/29cn_milho/10653.pdf)>. Acesso: 28 de jun. de 2014.

SIQUEIRA, Rubens. Milho: semeadoras - adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. 2007. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Molin/leb432/Semeadoras/semeadora-adubadora%20para%20sistema%20de%20plantio%20direto%20com%20qualidade.pdf>>. Acesso em: 05 de jul. de 2014.

STONE, Luís Fernando; SILVEIRA, Pedro M. da.; MOREIRA, José A. A.; Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. Santo Antonio de Goiás, 22 ed. Embrapa, ISSN 1678-9644, 2006.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 573-581, 1998.

VALICHESKI, Romano. R.; GROSSKLAUS, Fernando.; STÜRMER, Sidinei L. K.; TRAMONTIN, Antonio L.; BAADE, Elena S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 969–977, 2012.

VIEIRA, S.R.; CASTRO, O. de M.; DE MARIA, I.C. Dinâmica da água no solo em função do manejo. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, II. Assis, 1989. Piracicaba: FEALQ/ESALQ-USP, p. 103-138, 1989.