

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**PLANTIO DIRETO E SISTEMA COM ESCARIFICAÇÃO  
NOS ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DA SOJA E MILHO**

**JOSÉ LUCAS GONÇALVES GREITER**

**MATHEUS ANGHINONI**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2016**

# **PLANTIO DIRETO E SISTEMA COM ESCARIFICAÇÃO NOS ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DA SOJA E MILHO**

José Lucas Gonçalves Greiter

Matheus Anghinoni

Orientador: PROF. DR. JORGE WILSON CORTEZ

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados,  
como parte das exigências do Curso de  
Graduação em Engenharia Agrônoma.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

G824p Anghinoni, Matheus

Plantio direto e sistema com escarificação nos atributos agronômicos da soja e milho. / Matheus Anghinoni, José Lucas Gonçalves Greiter -- Dourados: UFGD, 2016.

30f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Jorge Wilson Cortez

TCC (graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Manejo do solo. 2. Produtividade. 3. Compactação. I José Lucas Gonçalves Greiter II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

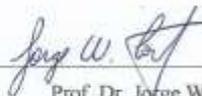
**PLANTIO DIRETO E SISTEMA COM ESCARIFICAÇÃO NOS  
ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DA SOJA E MILHO**

**Por**

José Lucas Gonçalves Greiter  
Matheus Anghinoni

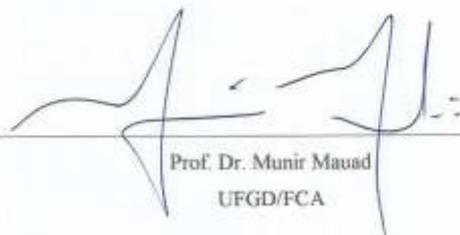
Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do grau de Bacharel em ENGENHARIA AGRONÔMICA

**Aprovado em 11/04/2016.**



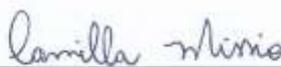
---

Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Munir Mauad  
UFGD/FCA



---

M. Sc. Camilla Missio  
Egresso da UFGD/FCA

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, pela bênção e proteção, guiando meus passos em todos os momentos.

Dedico à minha família, meus pais Roberto José Greiter e Raquel Ludwig Gonçalves Greiter pelo companheirismo, apoio, amor, e educação transmitidos, os quais tenho respeitável admiração, meu afetuoso irmão Luiz Mateus Gonçalves Greiter, minha namorada e melhor amiga Ana Maria Nascimento Scoton pelo estímulo, sobretudo amor, paciência e compreensão, ambos serviram como base para que eu buscasse meus sonhos e alcançasse-os.

Ao professor-orientador Jorge Wilson Cortez pelo apoio e orientação ao longo da graduação.

Agradeço a toda equipe do Grupo de Pesquisa em Agricultura de Precisão e Mecanização pela convivência e amizade.

Aos grandes amigos que conquistei durante este período agradeço, pela amizade, pelos conhecimentos compartilhados, pelas horas de trabalho e também pelos inesquecíveis momentos de lazer e descontração, quero deixar meu profundo agradecimento Ian Felipe Bernal de Carvalho, Magno Cano Marques, Felipe Prestes Nantes, William Fritschi da Silva, Lucas Yuji Shirota, Mateus Delabrio Bonato, Mateus Augusto Estevão, Leandro Afonso Varela, Vadim Milani de Souza Carbonari, Tiago Giovanni Minhos Nelvo, Felipe Aryel Frutuoso e parceiro de TCC Matheus Anghinoni.

À todos vocês, meus sinceros sentimentos de gratidão!

*José Lucas Gonçalves Greiter.*

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela enorme bênção e as grandes oportunidades em minha vida.

Aos meus pais que me deram todo o amor, carinho e auxílio necessário desde os primeiros passos da vida até a realização desta faculdade. Minha mãe Márcia Bobroski Anghinoni, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Ao meu pai Paulo Anghinoni que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu, fonte de sabedoria e que em mim despertou a paixão pela agricultura, sendo essencial em minha vida. Também a minha querida irmã Ana Paula Anghinoni.

Ao Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez fazendo-nos membro do Grupo de Pesquisa em Agricultura de Precisão e Mecanização e também a paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste TCC.

Meu parceiro de TCC José Lucas Gonçalves Greiter, tenho imenso prazer em ter meu nome juntamente ao seu nesse trabalho, e todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, em especial Mateus Augusto Estevão, Ian Felipe Bernal de Carvalho, Magno Cano Marques, Felipe Prestes Nantes, Lucas Yuji Shirota, Mateus Delabrio Bonato, o meu muito obrigado!

*Matheus Anghinoni.*

**SUMÁRIO**

	<b>Páginas</b>
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Plantio Direto.....	9
2.2 Escarificação.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Local.....	13
3.2 Histórico da área.....	13
3.3 Delineamento experimental.....	14
3.4 Equipamentos.....	14
3.5 Implantação da soja.....	15
3.6 Implantação do milho.....	15
3.7 Atributos avaliados.....	16
3.7.1 Atributos do solo.....	16
3.7.2 Atributos da planta.....	17
3.8 Análise dos dados.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Atributos do solo.....	20
4.2 Atributos da planta.....	23
5 CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

GREITER, J.L.G.; ANGHINONI, M. **Plantio direto e sistema com escarificação nos atributos agrônômicos da soja e do milho**. 2016. 30f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

## RESUMO

Os sistemas sem mobilização do solo com o passar do tempo acumulam pressões que podem acarretar a compactação do solo, principalmente em regiões onde ocorrem apenas sucessão de culturas como milho e soja. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema plantio direto e sistema com escarificação sobre os atributos agrônômicos da cultura da soja e milho em sucessão. O experimento foi desenvolvido na fazenda experimental da UFGD no delineamento inteiramente casualizado com dezoito repetições; nas parcelas foram o sistema plantio direto de mais de 10 anos, e sistema com escarificação anual antes da cultura de verão (soja). Os dados foram analisados por meio da análise de variância e quando significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com comparação de médias. Observou-se diferença significativa apenas para a produtividade do milho. Os métodos geoestatísticos definiram regiões específicas com maiores níveis de compactação (RP), possibilitando o manejo adequado. O sistema plantio direto proporcionou maior quantidade de massa seca, cobertura vegetal e apresentou maior resistência à penetração (RP) na safra de verão e inverno. O sistema escarificado reduziu a RP na safra de verão e seu efeito foi verificado ainda na camada de 0,10-0,20 m na safra de inverno. Alguns atributos agrônômicos como a quantidade de espaçamentos duplos na soja, e altura de inserção de espiga e produtividade do milho foram afetados, sendo o sistema escarificado com melhores resultados. Portanto, na cultura milho verificou-se mais efeito da maior RP, pela redução da produtividade no sistema plantio direto. A quantidade de massa de braquiária oriunda do consórcio milho+braquiária não apresentou diferença entre o sistema plantio direto e escarificado.

**Palavras-chave:** manejo do solo, produtividade, compactação.

GREITER, J.L.G.; ANGHINONI, M. **No-tillage and scarification systems on soybean and maize agronomic attributes**. 2016. 30f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

### ABSTRACT

The no tillage systems over time accumulate pressures, which may cause soil compaction, especially in regions where it occurs crops succession only, such as corn and soybeans. The objective of this study was to evaluate the tillage system and scarification on the agronomic traits of soybean and corn crop in succession. The experiment was conducted at the UFGD experimental farm in completely randomized design with eighteen repetitions; the plots were the tillage of more than 10 years, and system with annual scarification before the summer crop (soybean). Data were analyzed by variance analysis and by Tukey test at 5% probability when significant with mean comparison. There was a significant difference only for corn yield. The geostatistic methods defined specific regions with higher compression levels (PR), enabling appropriate management. The tillage system provided the highest amount of dry matter, plant cover and showed greater resistance to penetration (PR) in the summer and winter seasons. The scarified system reduced the PR in the summer crop and its effect was still seen in the 0.10-0.20 meters soil layer during winter crop. Some agronomic traits as the amount of double spacing in soybeans, insertion height and corn yields were affected, and the chiseling system showed better results. Therefore, a greater effect of the PR on maize crop was observed, because of the reduced productivity in no-tillage system. The amount of brachiaria mass derived from intercropping brachiaria with maize showed no difference between tillage and chiseling systems.

**Key-words:** tillage system, crop yield, soil compaction.

## 1. INTRODUÇÃO

Um fator importante nas perdas de produtividade da soja e milho é resultante da compactação do solo, devido as modificações nos atributos do solo e ambiente radicular, as quais resultam na redução da disponibilidade de água e oxigênio e o aumento da resistência do solo ao crescimento radicular, o que acaba dificultando as raízes explorarem o solo em profundidade. Desse modo, quando as culturas são submetidas a condições de excesso ou déficit hídrico os resultados da compactação sobre a produtividade são mais evidentes. (BEUTLER et al., 2005).

Neste contexto, o emprego efetivo de sistemas conservacionistas de manejo do solo, com destaque ao sistema plantio direto (SPD), é evidente em grande escala no Brasil. Atualmente são aproximadamente 32 milhões de hectares sob plantio direto no país (FEBRAPDP, 2012). As razões para a crescente adoção deste sistema é decorrente do ganho de tempo para o plantio, controle da erosão, maior retenção de água no solo, melhor estabelecimento da cultura e economia de mão-de-obra, máquinas e implementos, além de ser um sistema de produção baseado na sustentabilidade.

Os sucessivos ciclos de plantios e tráfegos de máquinas e implementos no SPD pode acarretar na compactação das camadas subsuperficiais do solo, com isso, a escarificação tem sido uma alternativa para o rompimento dessas camadas compactadas, porém os efeitos da escarificação normalmente persistem por curto período. Além disso, a escarificação nem sempre favorece aumentos na produtividade, (KLEIN & CAMARA, 2007). No entanto, ainda existem dúvidas sobre a eficiência da escarificação em áreas manejadas em SPD, principalmente quando se refere à produtividade das culturas.

O aumento da profundidade onde as hastes sulcadoras das semeadoras-adubadoras trabalham, também pode estimular o desenvolvimento radicular e reduzir os efeitos da compactação sobre a produtividade da soja e do milho, pois rompem de forma localizada camadas compactadas em superfície.

Portanto, objetivou-se avaliar a escarificação em plantio direto sobre os atributos agrônômicos da cultura da soja e milho, em sucessão, sendo utilizado um sistema de consórcio com braquiária na semeadura da segunda safra com o milho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Plantio Direto

O sistema de plantio direto foi desenvolvido com o propósito de solucionar os problemas de erosão, buscando a sustentabilidade da produção agrícola e conservação do solo tendo início nos anos 70, entretanto até nos dias atuais se encontra em contínua evolução e expansão (PURÍSSIMO, 1997).

Esse sistema de manejo tem como principais características a implantação de uma cultura sem revolvimento do solo, ou seja, é realizado apenas a mobilização na linha de cultivo durante a semeadura, a manutenção dos resíduos vegetais das culturas antecessoras na superfície do solo e a diversificação de espécies cultivadas via rotação de culturas. A diversificação de espécies de uma propriedade seguindo um programa sequencial devidamente organizado é fundamental para o êxito da implantação desse manejo (SILVA, 2007).

Segundo Cruz et al. (2002) o plantio direto é um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é alocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade adequada para a cobertura e contato das sementes com a terra, onde se tem a redução das operações de preparo do solo, a utilização de herbicidas para o controle de plantas invasoras, formação e manutenção da palhada, rotação ou sucessão de culturas, e uso de semeadoras específicas.

As alterações positivas do solo são observadas gradativamente ao passar dos anos decorrentes da adoção do sistema de manejo, do tipo de solo e do clima da região. Práticas conservacionistas podem ser consideradas como técnicas destinadas a sustentar e elevar a capacidade produtiva dos solos, visando melhoras nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, além do controle da erosão. A manutenção da cobertura do solo evita a ação do impacto da gota da chuva, propicia o controle de plantas daninhas e acúmulo de matéria orgânica no solo. Dentre os fatores que influem no processo de perda de solo pode-se citar, o clima, tipo de solo, relevo, vegetação e ação do homem, no entanto apenas os dois últimos poderão ser alterados, pelo uso racional do solo e pela adoção de práticas conservacionistas (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004).

Quando Klein e Boller (1995) avaliaram diferentes manejos do solo e métodos de semeadura, concluíram que no sistema de plantio direto a camada superficial do perfil do solo obteve os maiores índices de compactação, quando comparado aos tratamentos com mobilização do solo. Consequentemente essa compactação superficial na semeadura direta é da acomodação natural de partículas, do reduzido revolvimento do solo e do tráfego contínuo de máquinas e implementos na superfície do solo (MAHBOUBI et al., 1993; STONE e SILVEIRA, 2001).

O solo está sujeito tanto a degradação quanto ao aumento de seu potencial produtivo, que acabam sendo evidências dos sistemas de manejo implantados, provocando modificações na densidade e porosidade, intervindo na capacidade de armazenamento de água, no sistema radicular e na produtividade das culturas.

A cultura do milho tem a vantagem de ceder uma grande quantidade de restos culturais, que ao serem bem manejados, contribuem na redução da erosão e transição para melhor estado do solo, dessa forma, sua inclusão em um esquema de rotação é essencial (CRUZ et al., 2006).

A maior produtividade de milho, de acordo com Possamai et al. (2001), quando se utiliza o sistema de plantio direto proporciona um número reduzido de dias para florescimento, maior diâmetro de colmo, maiores populações de plantas, maior altura de plantas, maior número de espigas por hectare, maior altura de inserção da primeira espiga e maior índice de espigas. Bertolini et al. (2006) estudando diferentes sistemas de manejo do solo, não observaram diferença significativa nos componentes da produção da cultura do milho.

Bertol e Fischer (1997) concluíram que a margem produtiva com melhor resultado, na cultura da soja, foi evidenciado pelo tratamento escarificador com rolo destorroador, contudo no plantio direto obteve-se a melhor taxa de retorno. Já para Torres e Saraiva (1998) não se alcançou diferenças significativas, com os sistemas de manejo do solo (plantio direto, escarificação e convencional), para a produtividade de grãos de soja.

De acordo com o exposto por Pragana et al. (2012) as desvantagens do plantio direto são mínimas e contornáveis, dessa forma esse sistema, quando bem empregado poderá oferecer maior sustentabilidade ao agroecossistema aliando-se a altos índices de produtividade.

## 2.2 Escarificação

O uso inadequado de um sistema de manejo pode ocasionar uma compactação superficial ou subsuperficial do solo, induzindo a um processo de alteração das características físicas, químicas e biológicas.

A desagregação da camada compactada do solo pode ser feito por processos mecânicos e/ou biológicos. No método mecânico, geralmente se dá com equipamentos com hastes, mantendo grande parte das vantagens promovidas pelo sistema plantio direto, pois possuem menor superfície de contato e apresentam menor desagregação e mobilização do solo (VERNETTI JÚNIOR & GOMES, 1999).

A escarificação do solo pode ser feita para minimizar a compactação em plantio direto (superficial) ou convencional (subsuperficial), porque alcança até 25 cm de profundidade, desagregando a camada compactada, diminuindo a densidade e principalmente a resistência mecânica à penetração do solo (INOUE et al., 2002). Estima-se que para cada haste do escarificador, sejam necessários em torno de 18,4 kW (25cv), constituindo uma operação onerosa com alto gasto de energia, consumindo em torno de 20 L ha<sup>-1</sup> de combustível (KOCHHANN et al., 2000)

Os escarificadores são indicados para a descompactação mecânica, pois forma fissuras com pouca mobilização do solo, mantendo grande parte da matéria orgânica (TORRES et al., 1998), além de proporcionar elevada rugosidade da topografia (SECCO e REINERT, 1997), reduzindo o escoamento superficial (VASQUEZ e DE MARIA, 2003).

A escarificação envolve mobilização de solo, maior tráfego de máquinas e de implementos agrícolas, além de maior custo de produção (BERTOLINI e GAMERO, 2010). Portanto, é de suma importância avaliar a duração dos efeitos em evitar restrições ao desenvolvimento radicular das plantas, em áreas sob plantio direto. A duração dos efeitos da escarificação tem uma alta variação, podendo ser de poucos meses (EVANS et al., 1996; HAMILTON-MANNS et al., 2002) até muitos anos (TWINLOW et al., 1994). Os efeitos positivos da escarificação sobre as propriedades físicas do solo, não foram perceptíveis por mais de 18 meses (NUNES et al., 2014).

Torres e Saraiva (1998) constataram que melhorando as condições físicas do solo aumenta a produtividade da cultura da soja. Apesar dos efeitos positivos da escarificação, esses efeitos podem ser de curta duração. Por exemplo, segundo Busscher

et al. (1995, 2002), o efeito da mobilização é temporário, pois a reconsolidação do solo aumenta com o volume cumulativo de precipitações. Em solos estruturados, a reconsolidação pode ser alterada tanto pela estabilidade estrutural que pode modificar a quantidade de água que infiltra no solo, pela dinâmica da água no espaço poroso inter e intra-agregados ou até mesmo pelo selamento superficial. Contudo indicam que a escarificação não surgiu efeito na produtividade de soja, mesmo em plantio direto com longa duração (GIRARDELLO et al., 2014).

A eficiência da escarificação em destruir as camadas compactadas, melhora as propriedades físicas do solo, com isso aumenta a produtividade das culturas, sendo observado por diversos autores (SECCO et al., 2009; KLEIN et al., 2011). Diversos trabalhos concluíram que a escarificação aumenta a porosidade total (SILVA JUNIOR et al., 2010) condutividade hidráulica e a infiltração (CAMARA & KLEIN, 2005), diminui a resistência para as raízes penetrarem no solo (VEIGA et al., 2007; COLET et al., 2009), diminui a densidade do mesmo (TAVARES FILHO et al., 2006; KLEIN & CAMARA, 2007), diminui a densidade relativa (KLEIN et al., 2008). Em relação aos poros, há um aumento de macroporos (KLEIN et al., 2008) e diminuição dos microporos (SECCO & REINERT, 1997), fazendo assim o solo reter mais água (CASTRO et al., 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

O trabalho foi conduzido na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54 °59'W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico.

Durante a condução do experimento de outubro de 2014 a julho de 2015, pode ser observar os dados meteorológicos obtidos da estação experimental da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 1).

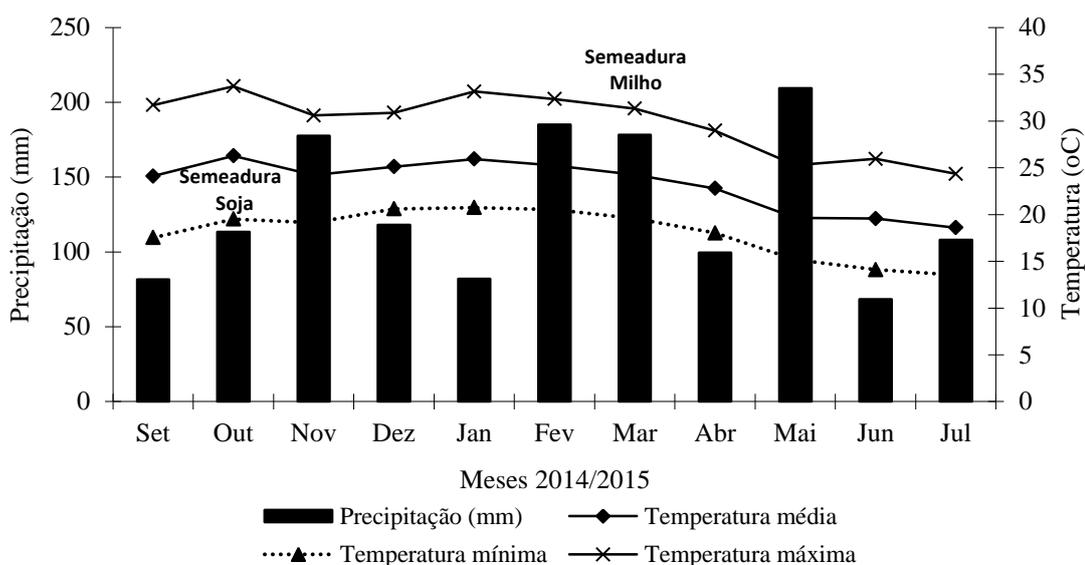


FIGURA 1. Dados meteorológicos mensais (precipitação pluviométrica e temperatura) nos anos de 2014/2015 obtido da estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.

#### 3.2 Histórico da área

Nas parcelas foram alocados o sistema plantio direto de mais de 10 anos e o sistema com escarificação anual antes da cultura de verão (soja). A área recebeu aplicação de 3000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico no ano de 2013.

### **3.3 Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (plantio direto e escarificação) com 18 repetições para a soja e 24 repetições para o milho.

Cada parcela experimental ocupou área aproximadamente 20 x 5 m (100 m<sup>2</sup>). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 12 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

A semeadura da soja (safra) e milho (segunda safra) foi com uma semeadora-adubadora do tipo pneumática com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente. As sementes foram semeadas a 0,05 m de profundidade com densidade recomendada para cada cultivar/híbrido. A adubação foi efetuada com base em análise de solo prévia da área. Os demais tratamentos culturais das culturas foi com base nos aspectos agronômicos de cada cultivar/híbrido.

### **3.4 Equipamentos**

No preparo das parcelas dos sistemas de mobilização do solo utilizou-se: escarificador de cinco hastes, com ponteira estreita de 0,08 m de largura a 0,35 m de profundidade (tratamentos com escarificação).

Para as operações de semeadura utilizou-se de trator Massey Ferguson MF292, 4x2 TDA, com 67,71 kW (92 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm, com pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de 3.400kg, e um trator New Holland 8030 4x2 TDA com 89,79 kW (122 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm, com pneus dianteiros 14.9-28, e traseiros 23.1-30, e massa de 4.510 kg, na operação de escarificação. Para a pulverização utilizou-se um trator Massey Ferguson MF 265 4x2 com 42 kW (65cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm, com pneus dianteiros 7.00-16, e traseiros 12.4-11, e massa de 2.590 kg, e pulverizador KO Cross-s 2000 com pneus 9.5-24, e 14 m de barra.

### 3.5 Implantação da soja

A área foi previamente dessecada com aplicação mecanizada de herbicida a base de glyphosate ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) e 2,4D ( $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ ).

As sementes de soja foram tratadas com inseticida, 125 g de thiametoxan por 100 kg de sementes. As sementes foram inoculadas, utilizando-se o inoculante líquido, com as estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587, em população bacteriana de  $3,0 \times 10^9 \text{ cels g}^{-1}$ , de acordo com o método-padrão. Na adubação de semeadura utilizou-se  $260 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 8-20-20.

A semeadora-adubadora utilizada foi com sistema pneumático de distribuição, e haste sulcadora para adubo, possuindo sete fileiras com 0,45 m entre linhas, com dosador de adubo tipo helicóide, discos para sementes de 60 furos, e rodas duplas anguladas (V) para compactação. O trator utilizado na semeadura foi o MF292. A semeadora foi regulada para distribuir 16 sementes por metro da cultivar BMX Potência RR na profundidade de 0,05 m.

O controle de pragas foi efetuado com Flubendiamida  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ , Metomil  $0,5 \text{ L ha}^{-1}$  e as doenças utilizando combinação de Azoxistrobina + Ciproconazol  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$  e Piraclostrobina + Epoxiconazol  $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ .

### 3.6 Implantação do milho

Para a semeadura do milho utilizou-se do híbrido DKB 290 VTPRO3 RR, com 5,5 sementes por metro, tendo a mesma recebido apenas tratamento industrial de sementes.

Na adubação de semeadura utilizou-se  $260 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 8-20-20. A semeadora-adubadora utilizada foi com sistema pneumático de distribuição, e haste sulcadora para adubo, possuindo quatro fileiras espaçadas em 0,90 m, com dosador de adubo tipo helicóide, discos para sementes de 45 furos, e rodas duplas anguladas (V) para compactação.

Para o controle de pragas na cultura do milho foi utilizado Espinosade  $0,1 \text{ L ha}^{-1}$  e para plantas daninhas Nicosulfuron  $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ .

Na semeadura do milho foi utilizado como consórcio a Braquiária ruziziensis, com 30 sementes por metro distanciadas de 0,40 m cada fileira de plantas, intercalas com a cultura.

### **3.7 Atributos avaliados**

#### **3.7.1 Atributos do solo**

##### **3.7.1.1 Cobertura**

A porcentagem de cobertura do solo foi obtida utilizando um fio encapado com 7,5 m de comprimento e com marcações equidistantes de 0,15 m resultando em 50 pontos de leitura conforme metodologia descrita por Laflen et al. (1981).

Para verificar a quantidade de massa seca realizou-se a coleta utilizando uma armação de 0,25 m<sup>2</sup> que foi alocada aleatoriamente na parcela, e seus valores extrapolados para um hectare.

##### **3.7.1.2 Resistência à penetração**

Com intuito de verificar a compactação no perfil do solo após a semeadura da soja realizou-se a coleta de dados da resistência à penetração (RP) com uma malha amostral de 0,225 m x 0,10 m, sendo largura e profundidade, respectivamente, utilizando para isto um penetrômetro eletrônico automatizado. O penetrômetro eletrônico denominado de SoloStar (FALKER, 2010), modelo PLG5500, sistema automatizado para medição da compactação, por meio da medição da resistência do solo á penetração, equipado com haste com cone tipo 2, com resolução de coleta de 10 mm e capacidade de armazenamento de 910 medições. A malha amostral resultou em 520 pontos por perfil do solo, resultado de 13 pontos transversal ao deslocamento da máquina, até a profundidade de 0,40 m, sendo coletados os dados de RP a cada 10 cm.

QUADRO 1. Umidade do solo no momento da coleta da resistência do solo à penetração no perfil com o penetrômetro eletrônico.

Camada (m)	Umidade do solo (%)
0,00-0,10	25,14
0,10-0,20	23,83
0,20-0,30	27,60
0,30-0,40	25,61

Para a coleta de dados da resistência do solo à penetração (RP) após a semeadura do milho foi utilizado o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, adaptado pela KAMAQ (STOLF et al., 2011), com as seguintes características: massa de 4 kg com impacto em curso de queda livre de 0,40 m; cone com 0,0128 m de diâmetro e ângulo sólido de 30°; e haste com diâmetro aproximado de 0,01 m.

QUADRO 2. Umidade do solo no momento da coleta da resistência do solo à penetração com penetrômetro de impacto.

Camada (m)	Umidade do solo (%)
0,00-0,10	15,1
0,10-0,20	16,6
0,20-0,30	17,7
0,30-0,40	18,3
0,40-0,50	18,7

### 3.7.2 Atributos da planta

O número de dias para a emergência das plântulas até a estabilização do número de plântulas emergidas foi obtido fazendo a contagem de plântulas emergidas até a sua estabilização (EDMOND e DRAPALA, 1958). O estande de plantas foi medido em uma marcação de dois metros delimitada com piquetes, efetuando-se as contagens na fileira central de cada parcela, dispensando as extremidades.

Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas, foi utilizado uma fita métrica, com precisão de 0,5 cm, sendo as leituras realizadas na fileira central de cada parcela em dois metros. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D):  $< 0,5$  vez o  $X_{ref.}$ , normais" (A):  $0,5 < X_{ref.} < 1,5$ , e "falhos" (F):  $> 1,5$  o  $X_{ref}$  (espaçamento de referência).

A altura de plantas foi efetuada pela contagem de cinco medições (plantas) na parcela, e os valores expressos em média por parcela, tomando como base a inserção da folha bandeira (milho).

O diâmetro do caule, sendo a coleta efetuada em cinco plantas de cada parcela, tomando como base a região do colo da planta ( $\pm 5$  cm de altura). Utilizou-se para medir o diâmetro do colmo, paquímetro digital com precisão de 0,1 mm.

As determinações da altura de inserção da primeira espiga/vagem foi avaliada pela contagem destas em cinco plantas consecutivas na fileira central de cada parcela.

O número de vagens por planta foi avaliado pela contagem em 10 plantas consecutivas linha central de cada parcela.

Após a coleta das plantas em uma área de 5 m de comprimento em duas fileiras centrais de cada parcela, as mesmas foram trilhadas e seus valores aferidos separadamente e corrigidos para 13% de umidade obtendo a produtividade. A massa de 1000 grãos foi obtida pela contagem dos mesmos (Contador Eletrônico de Sementes e Grãos ESC 2011 Compacto) e sua aferição em balança de precisão.

Após a colheita do milho foi realizado a coleta da massa de braquiária com um quadrado de metal de 0,25 m<sup>2</sup>.

### **3.8 Análise dos dados**

A análise dos dados foi realizada pela análise de variância, e quando significativa com o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias.

A análise dos dados de resistência à penetração no perfil do solo foi analisada utilizando a geoestatística. A modelagem dos semivariogramas foi realizada observando os valores de  $R^2$  e menor valor do quadrado de resíduos, sendo posteriormente realizada a interpolação por krigagem ordinária, sendo esta uma técnica de interpolação para estimativa de valores de uma propriedade em locais não amostrados. A definição dos parâmetros do semivariograma é: efeito pepita ( $C_0$ ), que é o valor de  $\lambda$  quando  $h=0$ ; conforme  $h$  aumenta, ele atinge uma distância  $a$ , chamada de alcance ( $a$ ) da dependência espacial, o patamar ( $C_0 + C$ ) é o valor da semivariância em que a curva se estabiliza sobre um valor constante (GENÚ, 2004). Por meio da

interpolação por krigagem, os mapas de isolinhas (bidimensionais) foram construídos para o detalhamento espacial dos dados coletados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Atributos do solo

Os resultados percentuais do solo coberto com restos culturais após a realização dos manejos (Quadro 3), diferiram estatisticamente mostrando considerável diferença entre o plantio direto e o manejo escarificado. Isso demonstra que a escarificação interfere reduzindo a cobertura vegetal sobre a superfície do solo devido a sua maior incorporação, porém mantem consideráveis quantidades de restos culturais parcialmente incorporados. Enquanto no plantio direto acumula-se maior resíduo vegetal próximo à superfície evidenciando uma característica típica dos manejos conservacionistas.

Pelos valores obtidos, verifica-se que os sistemas de manejo influenciaram a porcentagem de massa seca. O manejo escarificado mostrou-se inferior ao plantio direto, diferindo estatisticamente (Quadro 3), uma vez que foi incorporada. A massa seca no plantio direto foi 57% maior quando comparado ao uso do escarificador.

QUADRO 3. Síntese dos valores das medias para os atributos porcentagem de cobertura vegetal e massa seca após o preparo da área.

Tratamentos	PD	Escarificado	Teste F	C.V. (%)
Cobertura vegetal (%)	67,25a	8,62b	265,88 **	18,95
Massa seca (kg/ha)	5133,2a	2206,4b	29,81 **	29,21

<sup>NS</sup>: não significativo ( $p>0,05$ ); \* : significativo ( $p<0,05$ ); \*\* : significativo ( $p<0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Foi construído o semivariograma (Quadro 4) para analisar a dependência espacial, sendo ajustado pelo maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e menor valor da soma de quadrados dos desvios (RSS).

QUADRO 4. Dados ajustados do semivariograma para resistência à penetração no perfil do solo da soja do plantio direto e escarificado.

Tratamentos	Parâmetros					
	Modelo	Co	Co+C	A (cm)	$R^2$	RSS
PD	Esférico	178000	1463000	28,1	0,93	3,09 E+10
Escarificado	Esférico	1000	1893000	32,8	0,95	7,74 E+10

Co: efeito pepita; Co+C: patamar; A: alcance; RSS: Soma de quadrado de resíduos.

A partir da análise do semivariograma, foi possível observar o ajuste do modelo esférico para a resistência à penetração (RP) no perfil ao longo da área avaliada. Os ajustes foram realizados de forma a deixar consideráveis percentuais de significância, demonstrados pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) próximos ou iguais a 1,0. Os alcances obtidos quando considerados RP no perfil demonstra que a malha amostral utilizada foi adequada, portanto os efeitos sobre o alcance podem ser influenciados quanto ao manejo de cada solo.

Os gráficos de isolinhas foram estimados por krigagem para as RP no perfil de solo na soja (Figura 2) com seus respectivos sistemas de manejos e agrupados em classes de cores de ordem crescente.

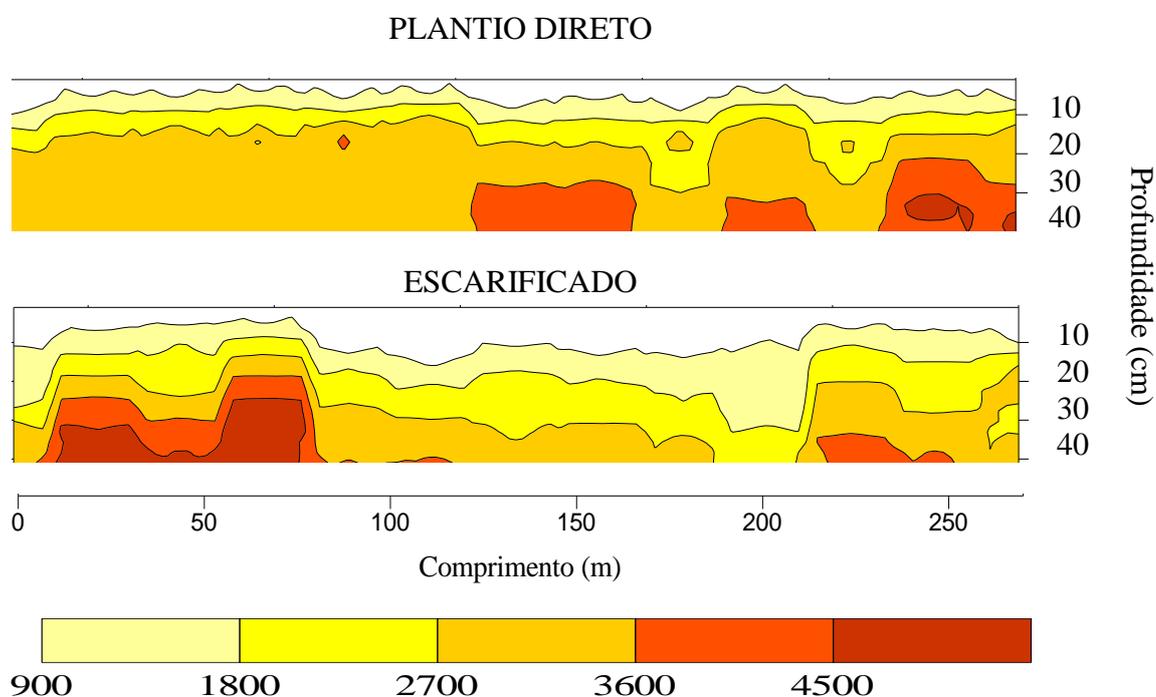


FIGURA 2. Mapas de compactação do perfil do solo na soja (kPa) até 40 cm de profundidade.

O manejo escarificado apresentou classe de valor máximo maior que 4500 kPa a partir das camadas de 30 cm de profundidade, adjunto a classes de valores entre 2700 a 4500 kPa desde a camada de 20 cm, em locais pontuais da área (Figura 2). No entanto a maior porcentagem de preenchimento da área apresentou classe de valores entre 900 a 2700 kPa. Segundo Suzuki (2005), as maiores produtividades para a cultura da soja em Latossolos no Rio Grande do Sul foram obtidos com valor de grau de

compactação intermediário e utilizando o teste de compressão uniaxial com pressão de 1600 kPa para obter a densidade referência do solo.

O PD demonstrou menor área de valor máximo maior que 4500 kPa quando comparado ao manejo escarificado, mas a classe de valores entre 2700 a 4500 kPa ocupou expressivamente as camadas subsuperficiais (Figura 2), isso é reflexo do plantio direto estar consolidado na área há mais de 10 anos, conservando as camadas abaixo de 20 cm intactas, pois nem mesmo a haste sulcadora da semeadora atinge essa profundidade. Isso expõe a cultura a riscos da compactação do solo com efeito no crescimento radicular, produtividade das culturas e qualidade ambiental.

Quando comparados os dois sistemas de manejo nos níveis de resistência do solo a penetração, nota-se que o manejo escarificado não se apresentam em camadas uniformes, ocorrem espaços de maior e menor resistência, já o plantio direto em suas camadas superficiais mostra-se paralela e uniforme, decorrente da ausência de revolvimento do solo e da ocorrência sistemática do tráfego de máquinas e implementos, resultando no adensamento do solo.

Pode-se verificar aumento da RP nas camadas subsuperficiais (Quadro 5) até 0,30 m, o que sugere o efeito do manejo realizado na área sobre o processo de compactação desse solo.

QUADRO 5. Síntese dos valores da análise de variância e do teste de médias para resistência do solo à penetração (MPa) no milho.

Manejo (M)	Camadas (m)				
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50
PD	3,13a	5,39a	4,77a	3,75a	3,44a
Escarificado	3,08a	4,46b	4,48a	3,81a	2,99b
Teste F	0,017 <sup>NS</sup>	14,23**	1,20 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	5,50*
C.V. (%)	47,04	17,31	19,22	26,55	20,63

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); \*: significativo (p<0,05); \*\*: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. PD: plantio direto.

A RP média no perfil do solo no milho chegou a nível máximo de 5,39 MPa no manejo PD na camada de 0,10-0,20 m, enquanto para o escarificado chegou a nível máximo de 4,48 MPa na camada de 0,20-0,30 m (Quadro 5). Considerando a classificação proposta por Ribeiro (2009) em Latossolos determinou como níveis baixos de RP entre 0 a 2 MPa, médio de 2 a 4 MPa, alto de 4 a 6 MPa e muito alto acima de 6 MPa. Estabelecendo o limite de 4,0 MPa para recomendação da subsolagem e/ou

escarificação, a operação de descompactação deveria ser feita em ambos os manejos, devido aos níveis das camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m classificados como altos (RIBEIRO, 2009). A escarificação promove a redução da resistência do solo à penetração, com a mínima mobilização do solo e alcançando em média camadas até 30 cm. Porém a longevidade dos seus efeitos é muito variável, desde poucos meses (CAMARA; KLEIN, 2005; REICHERT et al., 2009) até alguns anos (ROSA et al., 2008). Pode-se pressupor a existência do acúmulo de pressões no solo pelo tráfego de máquinas nos anos anteriores, além de um possível adensamento do solo nas camadas com maiores índices de RP (0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m), na camada superficial o crescimento radicular pivotante da cultura anterior e a ação da haste sulcadora para adubo são possíveis fatores que interferiram nos menores valores de RP quando comparada com as camadas adjacentes.

Contudo pode-se considerar a agricultura de precisão uma ferramenta essencial para identificar a variabilidade espacial da RP na área e verificar a necessidade da remoção da camada compactada, além de identificar qual sistema de manejo possibilite um melhor desenvolvimento radicular gerando incremento na produtividade.

## **4.2 Atributos da planta**

Dentre os atributos avaliados na parte de planta, pode-se observar (Quadro 6) que o número de dias para a emergência e estande de plantas não diferiu estatisticamente nem para a cultura da soja, nem para a cultura do milho. Isso se repetiu no estande de plantas na área.

Na distribuição longitudinal nas plantas duplas, falhas e normais, apenas as plantas duplas na cultura da soja foram significativas, mostrando assim que a semeadora-adubadora com sistema pneumático de distribuição adaptou-se melhor aos solos manejado com escarificador (Quadro 6 e 7). No plantio do milho não obteve-se valores significativos, o que nos mostra que a semeadora adaptou-se aos restos culturais da soja com os diferentes tipos de manejo.

QUADRO 6. Análise da variância e coeficiente de variação dos atributos da soja e milho.

Tratamentos	Teste F		C.V. (%)	
	Soja	Milho	Soja	Milho
NDE	0,47 ns	0,77 ns	9,62	3,35
Estande	3,51 ns	0,38 ns	13,24	9,02
Duplo	5,03 *	2,71 ns	46,84	152,80
Falho	0,94 ns	0,52 ns	58,91	89,41
Normal	3,73 ns	0,03 ns	9,26	13,29
Altura	3,84 ns	2,43 ns	25,85	6,09
Diâmetro	0,62 ns	1,62 ns	7,59	6,18
AIPV/E	0,32 ns	10,27 **	9,96	6,55
Número de vagens	0,92 ns	--	15,67	--
Massa de 1000 grãos	7,47 *	--	6,14	--
Produtividade	0,24 ns	14,86 **	20,50	11,85

ns: não significativo ( $p > 0,05$ ); \*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

QUADRO 7. Síntese dos valores das médias para os atributos da soja e milho.

	Soja		Milho	
	P.D.	Escarificado	P.D.	Escarificado
N.D.E.	5,72 a	5,57 a	5,20 a	5,15 a
Estande	11,66 a	10,54 a	5,08 a	5,16 a
Duplo	23,43 a	15,15 b	2,34 a	5,03 a
Falho	13,09 a	16,56 a	12,36 a	10,24 a
Normal	63,46 a	68,27 a	85,28 a	84,72 a
Altura (m)	0,89 a	1,10 a	2,13 a	2,08 a
Diâmetro (cm)	0,87 a	0,89 a	1,86 a	1,82 a
AIPV(cm) /AIPE(m)	17,85 a	18,26 a	1,06 b	1,13 a
Número de vagens	35,76 a	38,03 a	--	--
Massa de 1000 grãos (gr)	117,63 b	125,98 a	--	--
Produtividade (kg/ha)	1871,16 a	1950,18 a	5091,98 b	5810,93 a

Letras minúsculas nas linhas comparam os sistemas de manejo na mesma cultura.

O diâmetro de colmo tanto da cultura da soja quanto a do milho, não deram resultados significativos, porém ao avaliar a altura de inserção da primeira espiga na cultura do milho, observa-se que o solo manejado com o escarificador teve a altura média da inserção da primeira espiga maior que o plantio direto. Esse é um fator importante atualmente, onde a maior parte da colheita é do tipo mecanizada, ainda mais aliado ao consórcio milho+braquiária, pois com as espigas mais próximas a cultura da braquiária, pode acarretar em perdas na realização da colheita ou até mesmo danificar a plataforma despigadora. Já na cultura da soja a altura de inserção da primeira vagem não teve diferença significativa entre os manejos.

Após a colheita foi feita a avaliação da massa de mil grãos da cultura da soja, o que nos mostra uma diferença significativa. Nos experimentos manejados com o escarificador observa-se maior massa em relação ao plantio direto (Quadro 6 e 7), tendo assim grãos mais pesados. Em compensação estatisticamente a produtividade foi a mesma para os dois tratamentos na cultura da soja, concordando com Drescher (2012), embora o escarificado tenha grãos mais pesados, provavelmente o número de grãos por vagem tenha sido menor.

Já a produtividade do milho houve diferença estatística, mostrando que o plantio direto proporcionou uma maior resistência nas camadas superficiais (0-30 cm). Como observado na figura 1 teve-se um déficit de precipitações no mês de junho coincidindo no estágio de definição da produção da cultura. Segundo Reinert (2008) isso pode acarretar uma restrição no crescimento radicular e alterar o fluxo de ar e água no solo, podendo assim ser um fator de redução da produção.

Na Figura 3 observa-se a quantidade de matéria seca produzida pela braquiária em consórcio com o milho (segunda safra), apesar dos resultados nos mostrarem uma maior produção no sistema escarificado, essa diferença não foi significativa.



Coefficiente de variação% = 28.31; Teste F = 1,1929<sup>NS</sup>: não significativo ( $p > 0,05$ )

FIGURA 3. Gráfico da massa seca da braquiária.

## 5 CONCLUSÕES

O sistema plantio direto proporcionou maior quantidade de massa seca, cobertura vegetal e apresentou maior resistência à penetração (RP) na safra de verão e segunda safra.

O sistema escarificado reduziu a RP na safra de verão e seu efeito foi verificado ainda na camada de 0,10-0,20 m na segunda safra.

Os atributos agronômicos como a quantidade de espaçamentos duplos na soja, e altura de inserção de espiga e produtividade do milho foram afetados, sendo o sistema escarificado com melhores resultados. Portanto, na cultura do milho verificou-se efeito da maior RP, pela redução da produtividade no sistema plantio direto.

A quantidade de massa de braquiária oriunda do consórcio milho+braquiária não apresentou diferença entre o sistema plantio direto e escarificado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (Rio de Janeiro, RJ). Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio. São Paulo, 1984. 26 p.
- BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H. Desempenho da cultura do milho em diferentes manejos do solo sobre cobertura vegetal de nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.). *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 34-49, 2006.
- BERTOLINI, E.V.; GAMERO, C.A. Demanda energética e produtividade da cultura do milho com adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v.25, p.1-23, 2010.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; FERRAZ, M.V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.843-849, 2005.
- BOLLER, W.; GAMERO, C,A, Estabelecimento de plantas de feijão sob deficiência hídrica, em diferentes sistemas de manejo do solo, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, Anais... Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997a.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J. & FREDERICK, J.R. Recomposition of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. *Soil Till. Res.*, v.68, p. 49-57, 2002.
- BUSSCHER, W.J.; EDWARDS, J.H.; VEPRASKAS, M.J. & KARLEN, D.L. Residual effects of slit tillage and subsoiling in a hardpan soil. *Soil Till. Res.*, v.35, p.115-123, 1995.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, p. 789-796, 2005.
- CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R.; SIQUEIRA, G. M. Atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho Eutroférico sob diferentes sistemas de manejo. *Bragantia*, Campinas, v.69, n.2, p.433-443, 2010.
- CHERUBIN, M R; CARNEIRO AMADO, T J; DE GREGORI TEIXEIRA, T; KUNZ, J; SANTI, A L; CADURO GIRARDELLO, V. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.

COLET, M. J.; SVERZUT, C. B.; WEIRICH NETO, P. H. SOUZA, Z. M. de. Alterações em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 2, p. 361-368, 2009.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTRY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. Cultivo do milho: sistema plantio direto. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 7 p. (Comunicado Técnico, 51).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 87).

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, 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*, 36(6), 1836-1844, 2012.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil acetone on germination of okra seed. *Proceeding of American Society Horticulture Science*, Alexandria, v. 71, n. 2, p. 428-434, 1958.

EVANS, S.D.; LINDSTROM, M.J.; VOORHEES, W.B.; MOCRIEF, J.F. & NELSON, G.A. Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture and corn yield. *Soil Till. Res.*, v.38, p. 35-46, 1996.

FALKER Automação Agrícola. SoloStar. Porto Alegre: Falker, 2010. 7p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. 2. ed. Piracicaba: Livroceres, 2004. p. 21-97.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Plantio direto em números. Disponível em: <[http://febrapdp.org.br/download/PD\\_Brasil\\_2013.I.pdf](http://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.I.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

GENÚ, ALINE MARQUES. Geoestatística multivariada. Piracicaba: ESALQ, v. 17, 2004.

HAMILTON-MANNS, M.; ROSS, C.W.; HORNE, D.J. & BAKER, C.J. Subsoil loosening does little to enhance the transition to no-tillage on a structurally degraded soil. *Soil Till. Res.*, v.68, p. 109-119, 2002.

INOUE, T. T.; ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; ESTEVES, N.; MIGNOSO, V.; LEITE, J. C. Influência da escarificação em propriedades físicas de um Latossolo vermelho distroférico após 13 anos de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, Cuiabá, 2002. Anais... Cuiabá: SBCS, 2002. CD-ROM.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A.; BARBOZA, E. A.; COSTA, L. O.; MADALOSSO, T. Escarificação de solo sob plantio direto e seu efeito nas culturas da aveia e do milho.

In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, Uberlândia, 2011. Anais... Uberlândia:SBCS, 2011a. CD-ROM.

KLEIN, V.A.; BOLLER, W, Avaliação de diferentes manejos do solo e métodos de semeadura em área sob sistema de plantio direto. Ciênc, Rural, Santa Maria, v,25, p,395-8, 1995.

KLEIN, V. A. Física do solo. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31. p. 221-227, 2007.

KOCHHANN. R.A.; DENARDIN, J.E. & BERTON, A.L. Compactação e descompactação de solos. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2000. 20p. (Embrapa Trigo. Documentos, 19)

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M.. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. Bragantia, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

MAHBOUBI, A.A.; LAL, R. & FAUSSEY, N.R. Twenty-eight years of tillage effects on two soil in Ohio. Soil Sci. Soc. Am. J., v.57, p.506-512, 1993.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. de B.; SANTANA, J. G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 7-12, 2009.

NUNES, M. R.; PAULETTO, E. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S.; SCHEUNEMANN, T. Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 49, n. 7, p. 531-539, 2014.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M. de; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. Bragantia, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M.R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J.A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 1591-1600, 2012.

PURÍSSIMO, C. Experiências do manejo de plantas daninhas no sul/sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Ciência das Plantas Daninhas, 21, 1997, Caxambu. Anais... Caxambu: SBCPD, 1997. p. 33-35.

REICHERT, J.M.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; RIQUELME, U.F.B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 3, p. 310-319, 2009.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; Reichert, JOSÉ M.; AITA, C.; ANDRADA, MARTÍN, 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*, 32(5), 1805-1816, 2008.

RIBEIRO, C. A.; Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas em função do número de cortes da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2009. 69 p.

ROSA, D. P.; REICHERT, J.M.; SATTLER, A.; REINERT, D.J.; MENTGES, M.I.; VIEIRA, D.A. Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em Latossolo escarificado em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 3, p. 395-400, 2008.

SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediatos e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-escuro sob plantio direto. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 16, n.3, p. 52-61, 1997.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. da. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. *Ciência Rural*. Santa Maria, v.39, n.1, p.58-64, 2009.

SILVA JUNIOR, C. A.; CARVALGO, L. A.; MEURER, I.; LIBARDI, P. L.; SILVA, M. A. C.; OLIVEIRA, E. C. A. Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes métodos de preparo para o plantio da cana-de-açúcar. *Revista Agrarian*. Dourados, v.3, n.8, p.111-118 , 2010.

SILVA, M. A. de A. e. Desenvolvimento radicular das culturas de feijão, soja e milho, sob diferentes manejos de solo, irrigadas por pivô central. 2007. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; MANIERO, M. A.; SOARES, M. R.; SILVA, L. C. F. Incorporação de régua para medida de profundidade no projeto do penetrômetro de impacto Stolf. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 50, 2011, Cuiabá. Anais... Cuiabá: SBEA, 2011. p. 1-10. CD-ROM.

SUZUKI, L.E.A.S. Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas. 2005. 149p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TAVARES-FILHO, J.; FONSECA, I. C. B.; RIBON, A. A.; BARBOSA, G. M. C. Efeito da escarificação na condutividade hidráulica saturada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.3, p.996-999, 2006.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F, Avaliação de sistemas de preparo do solo na cultura da soja, In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 20, 1998, Londrina, Anais... Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1998, p,197.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; PICCININ, J.L.; FARIAS, J.R.B.; GALERANI, P.R.; GAZZIERO, D.L.P. Avaliação de sistemas de preparo do solo, rotação de culturas e semadura da soja. Londrina, Embrapa Soja, 1998 (Série Documentos).

TWONLOW, S.J.; PARKINSON, R.J.; REID, I. Temporal changes in soil physical conditions after deep loosening of a silty clay loam in SW England. *Soil Till. Res.*, v.31, p.31-47, 1994.

VASQUEZ, E.V.; DE MARIA, I.C. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

VEIGA, M. HORN, R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Soil compressibility and penetrability of na Oxisol from southern Brasil, as affected by long-tern tillage systems, *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v.92, n.1-2, p.104-113, 2007.

VERNETTI JÚNIOR, F.J.; GOMES, A.S. Plantio direto: uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999. 69p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 58)