



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS

CAMPUS CERRO LARGO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE PLANTAS SOBRE A ESTRUTURA DO
SOLO EM PLANTIO DIRETO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Gabriel Afonso Adams

CERRO LARGO – RS

2016

GABRIEL AFONSO ADAMS

**INFLUENCIA DE DIFERENTES TIPOS DE PLANTAS SOBRE A ESTRUTURA DO
SOLO EM PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Fronteira Sul, como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser
Co-orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

Cerro Largo – RS

2016

GABRIEL AFONSO ADAMS

INFLUENCIA DE DIFERENTES TIPOS DE PLANTAS SOBRE A ESTRUTURA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

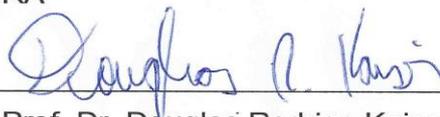
Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira.

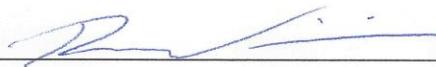
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

28 / 11 / 2016

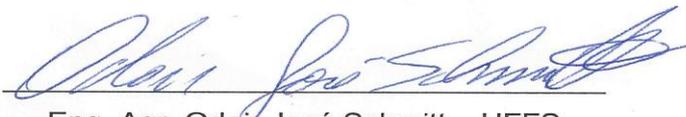
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Eng. Agr. Odair José Schmitt – UFFS

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Adams, Gabriel Afonso

Influencia de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em plantio direto/ Gabriel Afonso Adams. -- 2016. 45 f.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.

Co-orientador: Renan Costa Beber Vieira. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Cerro Largo, RS, 2016.

1. Estrutura do solo. 2. Densidade do solo. 3. Macroporosidade. 4. Microporosidade. 5. Agregação do solo. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Vieira, Renan Costa Beber, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e por me amparar nos momentos de dificuldade e mostrar o caminho nas horas incertas.

Agradeço a família, em especial aos pais, José Ambrósio Adams e Lourdes Cristina Spohr Adams, a irmã, Carine Beatriz Adams e a namorada, Suelen Cruz da Silva, pelo carinho, paciência e pelo incentivo.

Ao orientador, Dr. Douglas Rodrigo Kaiser pela confiança, dedicação, amizade, e por ser o exemplo de profissional a ser seguido. Ainda, ao Co-orientador professor Dr. Renan Costa Beber Vieira, meu Muito Obrigado.

Aos colegas Anderson Machado, Christian Machado, Josias Kotz e Rafael Leubet, por ajudarem e sempre estarem presentes durante a condução do trabalho de conclusão de curso e demais projetos aos quais éramos envolvidos.

Enfim, agradeço a todos aqueles, que de uma ou de outra forma, ajudaram no projeto de concretização do trabalho.

RESUMO

A estrutura do solo pode ser entendida como o arranjo de partículas, ou seja, a agregação de partículas em agregados. Mesmo não sendo considerado fator de crescimento para as plantas, ela influencia em parâmetros relacionados à dinâmica da água no solo, densidade, temperatura, e porosidade do solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em Latossolo Vermelho. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo. Foram implantados os seguintes tratamentos: soja, milho, crotalária e pousio, com quatro repetições. Foram avaliados os seguintes parâmetros: estabilidade de agregados nas camadas 0 – 0,10m e 0,10 – 0,20m, nas linhas e entrelinhas de cada cultura; densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total nas camadas de 0,00 – 0,05m; 0,05 – 0,10m; 0,10 – 0,20m; 0,20 – 0,30m, nas linhas e entrelinhas das culturas; e massa seca das culturas. Os resultados foram submetidos a teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Quando comparado o efeito das espécies, maiores valores de densidade foram encontrados, na camada de 0 – 5 cm, nas parcelas conduzidas sob pousio e menores valores encontrados nas parcelas conduzidas com a cultura do milho. Na camada de 10-20 cm, menores valores de densidade foram encontrados na cultura da soja, e maiores valores encontrados na cultura do milho. Quando comparados o efeito das espécies na entre linha das culturas sobre a densidade do solo, percebeu-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, diferindo apenas a microporosidade na camada de 10-20 cm, com maiores valores encontrados na soja. Os valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total não foram influenciados significativamente em nenhuma das camadas avaliadas quando comparado o efeito das espécies na linha de semeadura. O milho foi eficiente em melhorar a estabilidade dos agregados na camada de 0-10 cm. A Crotalária foi eficiente em melhorar a estabilidade dos agregados na camada de 10-20 cm. As raízes do tratamento conduzido sob pousio apresentaram os maiores valores de DMP e DMG. A Crotalária apresentou a maior produtividade de matéria seca por hectare.

Palavras chave: Estrutura do solo, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, agregação do solo.

ABSTRACT

The soil structure can be understood as the arrangement of particles, that is, the aggregation of particles in aggregates. Although not considered a growth factor for plants, it influences parameters related to soil water dynamics, soil density, temperature, and porosity. The objective of this work was to evaluate the influence of different types of plants on the soil structure in Hapludox. The experiment was conducted in the experimental area of the Universidade Federal Fronteira Sul, Campus Cerro Largo. The following treatments were applied: soybean, corn, crotalaria and fallow, with four replications. The following parameters were evaluated: stability of aggregates in the 0 - 0.10m and 0.10 - 0.20m layers, in the lines and between the lines of each crop; Density, macroporosity, microporosity and total porosity in the 0.00 - 0.05m layers; 0.05 - 0.10m; 0.10-0.20m; 0.20 - 0.30m, in the lines and between the lines of the cultures; And dry mass of the crops. The results were submitted to Tukey's test, at 5% probability. When comparing the effect of the species, higher density values were found in the 0 - 5 cm layer, in the fallow plots and lower values found in the plots conducted with the maize crop. In the 10-20 cm layer, lower values of density were found in the soybean crop, and higher values found in the corn crop. When comparing the effect of the species on the crop line on soil density, it was observed that there was no significant difference between the treatments, differing only the microporosity in the 10-20 cm layer, with higher values found in soybean. The values of density, macroporosity, microporosity and total porosity were not significantly influenced in any of the layers evaluated when comparing the effect of the species in the sowing line. Corn was efficient in improving the stability of the aggregates in the 0-10 cm layer. Crotalaria was efficient in improving the stability of the aggregates in the 10-20 cm layer. The roots of the treatment under fallow presented the highest values of DMP and DMG. Crotalaria presented the highest productivity of dry matter per hectare.

Keywords: soil structure, bulk density, macroporosity, microporosity, total porosity, aggregation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escarificação nos canais dos terraços, realizada antes da semeadura das culturas de inverno	20
Figura 2 - Coleta das amostras de solo para análise de agregados	24
Figura 3 - Separação dos agregados maiores em agregados menores, nos planos naturais de fraqueza.....	25
Figura 4 - Solo retido em cada tamanho de peneira	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Diâmetro médio da classe de agregados Erro! Indicador não definido.	
Tabela 2 – Efeitos da espécies na Densidade, Macro e Microporosidade, e Porosidade Total	30
Tabela 3 - Efeito das espécies na entre linha de semeadura sobre a Densidade, Macro e Microporosidade, e Porosidade Total	31
Tabela 4 - Efeito das espécies na linha de semeadura sobre a densidade, macro e microporosidade e porosidade total	32
Tabela 5 – Camada 0 – 10 cm - Efeito das espécies na agregação do solo.....	34
Tabela 6 - Camada 10 – 20 cm- Efeito das espécies na agregação do solo.....	35
Tabela 7 - Agregação - Efeito das raízes isoladas	36
Tabela 8 - Produção de massa seca das culturas.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DMP – Diâmetro médio ponderado de agregados

DMG – Diâmetro médio geométrico de agregados

Mac – Macroporosidade

Mic – Microporosidade

PT – Porosidade Total

Ds – Densidade do solo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1.	O SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	14
2.2.	PROBLEMAS DO “SISTEMA PLANTIO DIRETO”.....	17
2.3.	FORMAS DE REVERTER OS PROBLEMAS FÍSICOS CAUSADOS PELO MANEJO INADEQUADO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1.	DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS ESTÁVEIS EM ÁGUA	23
3.2.	DENSIDADE, POROSIDADE, MACROPOROSIDADE E MICROPOROSIDADE.....	26
3.3.	MASSA SECA DAS CULTURAS	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1.	DENSIDADE, MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E POROSIDADE TOTAL.....	28
4.2.	AGREGAÇÃO DO SOLO	32
	REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

É indiscutível a crescente demanda do ser humano pela utilização adequada dos recursos naturais, em virtude da tendência do aumento da população mundial, e pelo fato de que o fornecimento de grande parte dos produtos utilizados pelo homem é oriundo dessa fração. Dentro desse contexto, encaixa-se o solo, fração com inúmeras importâncias e características indispensáveis tanto para a fauna quanto a flora. Grande ênfase deve ser dada ao uso correto desse recurso natural e a contínua busca de informações e de pesquisas para aprimorar o seu uso sem danificar a sua qualidade química, física e biológica.

A avaliação da qualidade do solo compreende características físicas, químicas e biológicas (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006). O manejo e mau uso podem alterar as suas características, e por em risco, o seu uso para a agricultura (SILVA et al., 2005). Por isso, a qualidade do solo é característica essencial para que se obtenha bons resultados na propriedade rural.

O Sistema Plantio Direto, que tem como preceitos o revolvimento mínimo do solo, manutenção de palhada ou plantas vivas e rotação de culturas, aliado ao uso de práticas conservacionistas complementares, como plantio em nível, terraceamento e adubação verde, tem forte influência sobre as condições físicas, químicas e biológicas do solo e no crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, em muitas regiões produtoras, essas práticas foram dispensadas. Muitas propriedades do sul do Brasil adotaram o sistema de monocultivo soja-trigo e passaram a acreditar que a palha deixada por essas culturas seria o suficiente para manter as produtividades e assegurar o retorno econômico do agricultor em longo prazo.

O intenso cultivo de plantas anuais com a finalidade de produção de grãos e o manejo inadequado do solo conduzem a degradação da sua estrutura, acarretando em sérios problemas ao sistema de cultivo, principalmente problemas relacionados ao solo, como compactação, diminuição da porosidade do solo, erosão, perda de nutrientes no sistema, perda da qualidade física do solo, menor infiltração de água e crescimento radicular, e conseqüentemente, diminuição da produtividade das culturas. Mesmo não sendo considerado fator de crescimento para as plantas, a estrutura do solo influencia nos fluxos de água, trocas gasosas, temperatura e

densidade do solo (LETEY, 1985), sendo assim, importante requisito para obter boas produtividades no sistema agrícola.

O objetivo desse trabalho é avaliar a influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em Latossolo Vermelho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O SISTEMA PLANTIO DIRETO

Um dos marcos da história da agricultura brasileira foi o ingresso do Sistema Plantio Direto nos anos de 1970. A rápida evolução da degradação dos solos e da água verificados no Brasil só foi revertida quando agricultores, pesquisadores, técnicos e os fabricantes de semeadoras se uniram em busca de soluções para diminuir os impactos causados pelo manejo do solo daquela época (LOPES et al., 2004). O manejo adequado do solo ficava despercebido antes da década de 70, e somente a partir dessa década, é que se deu maior importância, relevando além do manejo, também a microbacia hidrográfica no planejamento conservacionista, diminuindo o efeito das intensas chuvas que predominam no Brasil (ANDRADE; FREITAS; LANDERS, 2010).

Ha quatro décadas, o maior destaque era dado a características químicas do solo, uma vez que os solos tropicais e subtropicais intemperizados eram naturalmente ácidos e pouco férteis, profundos e com condições físicas razoavelmente favoráveis ao crescimento das plantas. Assim, o maior impedimento para se elevar as produtividades das culturas agrícolas daquela época, eram a baixa fertilidade natural e acidez dos solos agrícolas (AMADO; SCHLINDWEIN; FIORIN, 2010). Os autores ainda citam que, com o passar dos anos, os solos cultivados sob sistema convencional apresentaram melhoria das características químicas, mas sem grande incremento de produtividade, uma vez que havia decréscimo de qualidade física e biológica do solo, principalmente a redução dos teores de matéria orgânica.

Muitas foram às dificuldades encontradas pelos desbravadores do Sistema Plantio Direto. No início, as semeadoras não eram eficientes no corte da palhada, e a abertura de sulcos para a deposição era deficiente, muitas vezes, afetando a qualidade e o stand de plantas (JUNIOR; ARAÚJO; LLANILO; 2008). Porém, o investimento em pesquisas e novas tecnologias fez com que o sistema se tornasse a técnica de cultivo de maior expressividade no Brasil.

Na América do Sul, o Brasil lidera a área em Plantio Direto e é o núcleo de disseminação da tecnologia para as outras partes do planeta, uma vez que o Brasil

tem os mais avançados conceitos, práticas e pesquisas sobre Plantio Direto (LANDES, 2005). Segundo FEBRAPDP (2012), na safra de 2011/2012, a área com plantio direto ocupou cerca de 31.811.000 hectares, 6.300.000 hectares a mais se comparado à safra 2005/2006. Isso nos mostra que o conceito de preservação do solo e diminuição das perdas por erosão, estão consolidadas, porém as questões que agora surgem, estão relacionadas a qualidade do solo, tanto física, quanto biológica (ROSA, 2009), principalmente pela distorção do real significado de sistema plantio direto e da diferença dessa definição com o significado de plantio direto na palha, onde há falta de rotação de culturas, plantas de cobertura, e as práticas de manejo muitas vezes são consideradas inadequadas, afetando diretamente a estrutura do solo.

O conceito “no till”, que em um significado no inglês, dispensa o revolvimento do solo, deu origem ao termo Plantio Direto (ITAIPU, 2015). A rotação de culturas, permanência de palha, restos vegetais na superfície do solo, aliados a abertura de sulcos apenas na linha de semeadura deram origem ao termo Sistema Plantio Direto (REIS et al., 2007). O Sistema também, através do conjunto de tecnologias, foi capaz de modernizar a agricultura no Brasil, pelo fato de aumentar a produtividade das culturas agrícolas e melhorar a eficiência produtiva do solo (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998). Assim, os fundamentos do plantio direto englobam o revolvimento mínimo do solo, manutenção de palhada ou plantas vivas e rotação de culturas consolidando-se entre 1980 a 1991, no mesmo período que a pesquisa comprovou a eficiência do sistema no controle da erosão (JUNIOR; ARAÚJO; LLANILO, 2012), além de práticas conservacionistas complementares, como semeadura em nível e terraceamento, que melhoram a eficiência do sistema.

O revolvimento do solo apenas na linha da semeadura foi um dos primeiros passos para se chegar ao sistema de produção atual. No início, as pesquisas eram voltadas ao revolvimento mínimo do solo e posterior fabricação de semeadoras adequadas e projetadas para esse trabalho. Em seguida, passou-se objetivar e buscar pesquisas para a realização de outros trabalhos, como o corte da palha, deposição do fertilizante e da semente, fechamento do sulco e posterior compactação do solo ao lado da semente, buscando trabalhar sempre em condições de solo adequadas (JUNIOR, 2006). Quando a prática de abertura do sulco não é realizada de forma correta, poderá ocorrer uma rápida perda de água e

aquecimento, podendo acarretar em sérios problemas, que podem afetar o stand de plantas e a qualidade de sementeira (JUNIOR, 2006).

A cobertura do solo pelos resíduos deixados pelas culturas anuais diminui a ação de impacto das gotas da chuva e aumenta a infiltração de água no solo (FIORIN, 2007). Grande parte dos bons resultados do Plantio Direto é que há a criação de um ambiente favorável às plantas, estabilidade de produção e melhoria das características físico-químicas e biológicas do solo quando é deixada, sobre o solo, a palhada das culturas anuais ou das plantas de cobertura (EMBRAPA, 2009). O solo também fica protegido dos fatores externos, como da incidência de raios solares e do vento; aumenta a taxa de infiltração e posterior retenção de água; diminui a taxa de evaporação; reduz a amplitude e oscilação de temperaturas, favorecendo as características biológicas do solo e o crescimento de vegetais (EMBRAPA, 2002). Outra característica importante da manutenção da palha sobre o solo é a elevação dos teores de matéria orgânica, melhorando a biodiversidade, aumentando a agregação do solo e a estrutura, deixando-o menos vulnerável a erosão (EMBRAPA, 2012).

Outra forma eficiente de manter o solo coberto e de melhorar a eficiência do Sistema Plantio Direto é através da utilização de plantas de cobertura. A maior agressividade e rusticidade e o desenvolvimento em solos adensados é característica dessas plantas, que melhoram características físicas, como estruturação, infiltração de água e aeração, além de características químicas, pela liberação de nutrientes as camadas mais profundas do solo durante a decomposição, uma vez que possuem raízes profundas e ramificadas (FIORIN, 2007). Aumentos de produtividade, melhoria dos teores de matéria orgânica e ampliação da conservação do solo, além da maior possibilidade de retorno econômico, são características das plantas de cobertura (LAZARO et al., 2013). Dependendo do tipo de plantas e da finalidade, a massa vegetal pode ser manejada de diferentes formas, como com o uso de rolo-faca, trituração e utilização de produtos químicos (EMBRAPA, 2002).

A rotação de culturas, outro fundamento do sistema plantio direto, é imprescindível para um bom funcionamento do sistema produtivo. O cultivo de variadas culturas numa mesma área dentro de um determinado ciclo é a premissa da rotação de culturas (EMBRAPA, 2011). Assim, o sistema plantio direto se torna um sistema viável, tanto ecologicamente quanto economicamente (DENARDIN et al.,

2011). Um bom sistema produtivo dentro de uma propriedade preconiza o planejamento antecipado e estratégico de rotação de culturas e de utilização de plantas de cobertura, aliando assim, a um bom desempenho do sistema de produção (FIORIN, 2007). Mudanças químicas, físicas e biológicas podem ser observadas em solos onde não é realizada a rotação de cultivos, afetando a estabilidade do sistema (EMBRAPA, 2011). Além disso, a utilização de varias culturas dentro de um mesmo ciclo de produção ajuda a restaurar a estrutura do solo, dando condições favoráveis para o desenvolvimento vegetal, e diminuindo a erosão hídrica dos solos (ALBUQUERQUE et al., 1995).

2.2. PROBLEMAS DO “SISTEMA PLANTIO DIRETO”

O revolvimento do solo na linha de semeadura, manutenção de cobertura morta sobre o solo, rotação de culturas, processo colher-semear, aporte de cobertura morta em quantidade e qualidade suficientes para atender a parte biológica do solo, são os principais princípios do plantio direto (DENARDIN; KOCHHANN; FAGANELLO, 2011). Porém, anos após a adoção do plantio direto pelos produtores rurais, começaram a surgir problemas nas lavouras. Na maioria das vezes, misturou-se o conceito de sistema plantio direto com semeadura direta, achando que o não revolvimento do solo seria suficiente (CASSOL, 2014). O que prejudica a eficácia do sistema é que ocorre a adesão de somente dois princípios, que são: revolvimento do solo na linha de semeadura e aporte de cobertura morta sobre o solo (NUNES, et al., 2014), muitas vezes em quantidades e qualidade insuficientes.

Muitas vezes, o plantio direto foi implantado em solos já degradados e erodidos, além de estar sendo conduzido de forma inapropriada, com diversos problemas, como: a falta de rotação de culturas; pouca produção de palha sobre o solo; falta de terraços e plantio em nível; problemas de compactação, em razão do excesso de trânsito de máquinas pesadas com entrada na lavoura em umidade elevada; e ausência de revolvimento do solo (BERTOL et al., 2014).

A erosão dos solos é um dos principais problemas do plantio direto. Ocorre à desagregação do solo e grandes quantidades de nutrientes, matéria orgânica, além de defensivos agrícolas, são arrastados quando a enxurrada não é controlada de

forma correta, aumentando quanto maior for a declividade do terreno, ocasionando sérios problemas ao terreno e a fertilidade dos solos (SILVA, 2010).

A falta de rotação de culturas põe em risco a sustentabilidade do sistema. A monocultura pode afetar drasticamente características físicas, químicas e biológicas do solo, afetando o crescimento radicular, a disponibilidade de nutrientes e alterando a estrutura do solo (EMBRAPA, 2016).

Outro grande problema encontrado nas lavouras sob plantio direto é a compactação do solo, prejudicando, muitas vezes, as plantas cultivadas. O manejo das áreas agrícolas influencia diretamente a compactação do solo, podendo limitar o crescimento das plantas (COLLARES et al., 2008).

A estrutura do solo pode ser entendida como a agregação de partículas de solo em agregados maiores. Mesmo não sendo considerada fator de crescimento para as plantas, a estrutura do solo influencia nos fluxos de água, trocas gasosas, temperatura e densidade do solo (LETEY, 1985), sendo assim, importante requisito para obter boas produtividades no sistema agrícola.

A estrutura do solo é afetada de forma negativa quando ocorre à utilização de máquinas pesadas e o solo é trafegado de forma mais intensa, mesmo quando as operações são realizadas em áreas sob plantio direto (SILVA et al., 2003). A qualidade do solo pode ser quantificada com a avaliação de condições físicas do solo, como densidade e porosidade, podendo ser avaliados, ao longo do tempo, eficiência ou ineficiência de diferentes formas de manejo (SECCO et al., 2005). Segundo Beltrame e Taylor (1980 apud SOUZA, 2008), quando os solos são compactados, ocorre o decréscimo da porosidade, diminuição da infiltração e de trocas gasosas, redução do desenvolvimento das raízes, além de afetar a produtividade das culturas. A redução ou descontinuidade de poros, normalmente expressa que o solo está degradado estruturalmente, consequência do manejo mal feito do solo, e falta de rotação de cultivos no sistema (DENARDIN et al., 2011). Secco et al. (2009), encontraram maiores valores de densidade e resistência a penetração em Latossolos, na camada de 0,07 – 0,12 m, mostrando ainda, que os níveis de compactação existentes nesses solos, diminuiriam o rendimento de grãos na cultura do trigo e do milho, em contrapartida, não diminuindo o rendimento da cultura da soja, concluindo que gramíneas são mais suscetíveis a problemas de compactação quando comparadas a leguminosas.

Em áreas com plantio direto mal manejado ocorre também à baixa infiltração de água nos solos, posterior escoamento superficial, dando início ao processo erosivo, além de ocorrer grande perda de água no sistema, diminuindo a disponibilidade para as plantas em períodos de estiagem. A declividade do terreno e baixos teores de cobertura morta sobre o solo agravam os problemas de infiltração de água, sendo ainda piores em áreas com solo adensado (MIGUEL; VIEIRA; GREGO, 2009).

Outro grande fator que diminui a qualidade do Sistema Plantio Direto é a baixa produção de matéria seca das culturas agrícolas, principalmente da soja e do trigo, culturas com maior expressão no sul do Brasil, além do baixo uso, por parte dos agricultores, de plantas de cobertura nas entressafras. Com o tempo, há diminuição dos estoques de matéria orgânica no solo, diminuindo a produtividade das culturas. Quando há diminuição dos problemas da compactação, melhoria da capacidade de infiltração de água e troca de cátions e ânions, favorecimento do crescimento do sistema radicular e maior retenção de água no solo ocorre o benefício da parte estrutural dos solos agrícolas (EMBRAPA, 2014).

2.3. FORMAS DE REVERTER OS PROBLEMAS FÍSICOS CAUSADOS PELO MANEJO INADEQUADO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Para reverter os problemas físicos no solo, causados pelo mau uso do sistema plantio direto, têm sido propostos vários métodos, que podem mostrar a eficiência a curto ou a longo prazo. A utilização de subsoladores, escarificadores e arados, prática chamada de escarificação ou subsolagem, e a utilização de plantas com sistema radicular profundo e agressivo, que tenham a capacidade de romper as camadas compactadas são os dois métodos mais comumente utilizados pelos agricultores (ABREU, REICHERT, REINERT, 2004).

Romper camadas compactadas, com o intuito de aumentar quantidade de poros no solo, diminuir a densidade e aumentar a infiltração de água, melhorando o crescimento radicular das culturas, são os preceitos do processo de descompactação do solo (KAMARA, 2004).

Os métodos mecânicos para descompactação do solo no plantio direto têm sido amplamente difundidos e usados pelos agricultores, em virtude dos resultados

imediatos que esse método traz. Outro fator que influencia a utilização desses equipamentos é o fato da maioria dos agricultores possuírem, na propriedade, arados e escarificadores que antes eram utilizados para preparação do solo no sistema convencional.

Segundo Denardin et al. (2011) para descompactar o solo, os implementos, sejam de discos ou de hastes, devem trabalhar a uma profundidade maior que a camada compactada, sendo porém, os implementos com hastes, os mais indicados, pois desagregam menos o solo, e possuem maior profundidade de trabalho.

A escarificação do solo deve ser realizada, no Sul do Brasil, no intervalo entre a colheita da soja e semeadura do trigo ou aveia (Figura 1), em função da baixa produção de cobertura da cultura da soja, que evita o embuxamento das hastes sulcadoras, além das plantas de trigo e aveia apresentarem maior rusticidade, garantindo uma boa germinação das culturas mesmo em terreno desnivelado (EMBRAPA SOJA, 2004). Camara e Klein (2005), concluíram que houve uma redução da densidade e aumento da rugosidade superficial do solo, aumentando ainda, a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica do solo que recebeu a escarificação no Plantio Direto.

Figura 1 - Escarificação nos canais dos terraços, realizada antes da semeadura das culturas de inverno



Porém, devem ser considerados fatores essenciais para que o processo de descompactação seja eficiente como umidade do solo, profundidade de trabalho e espaçamento entre hastes (DENARDIN et al., 2011). Quando forem utilizados o arado de disco ou aiveca, a condição de friabilidade é a ideal para realizar a descompactação. Quando for utilizado o escarificador ou o subsolador, a condição de solo seco é a que apresenta os melhores resultados para descompactação do solo, sendo que o implemento deve atingir uma profundidade de 5 cm abaixo da camada compactada; e o espaçamento entre hastes do escarificador ou subsolador deve ser de 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho do implemento (EMBRAPA SOJA, 2004).

Porém, como ocorre maior mobilização do solo, tráfego de máquinas mais intenso e aumento dos custos de produção, a escarificação mecânica se contraria aos fundamentos do sistema plantio direto (BERTOLINI; GAMERO, 2012). Além disso, os efeitos da escarificação no solo, em geral, são baixos. Em latossolos com textura muito argilosa, o efeito da escarificação não é maior que 10 meses (SECCO; REINERT; 1997), evidenciando que em pouco tempo o solo atinge a condição anterior.

Além da escarificação, podem ser utilizadas espécies de plantas de cobertura, associadas com a rotação de culturas, que possuem raízes agressivas e profundas, protegendo superficialmente o solo através da cobertura vegetal, e aumentando a continuidade de poros no solo, em função da decomposição das raízes (MULLER, CECCON, ROSOLEM, 2001). As questões ligadas à parte física do solo podem não serem solucionadas com a utilização de métodos mecânicos de descompactação, sendo uma opção viável, a utilização de plantas descompactadoras, chamada de descompactação biológica (JIMENEZ et al., 2008).

Plantas cujas raízes têm alta capacidade de crescimento em camadas de solo compactadas, além de melhorarem a agregação do solo e romper as camadas compactadas uniformemente, são chamadas de plantas descompactadoras (CAMARGO, ALLEONI, 1997). Há também melhorias nos teores de matéria orgânica no solo onde há maiores crescimentos de raízes, melhorando a agregação estável, uma vez que a matéria orgânica possui propriedades cimentantes (MIELNICZUK, 1999).

Os fatores que influenciam na agregação do solo, estão ligados intimamente com características do solo e do manejo. As raízes de plantas e as hifas de fungos

tem relação direta com os macroagregados do solo, pois promovem atuação mecânica, pressionando os elementos do solo, melhorando a estabilidade dos agregados (BASTOS et al., 2005). Em geral, as gramíneas tem melhor capacidade e eficiência na melhoria da estabilidade dos agregados do solo, em função da liberação de polissacarídeos pelas raízes dessas plantas (TISDALL, OAEDES, 1979, apud CALEGARI et al., 2006). Manejos do solo que propiciem melhoria de crescimento radicular melhoram as características, principalmente físicas, e asseguram melhor agregação do solo (CALEGARI et al., 2006). Portanto, plantas que possuem alta produção de matéria seca, alta relação carbono/nitrogênio, além de raízes agressivas e volumosas são indicadas para recuperar e melhorar a qualidade física do solo, e promover melhorias no sistema produtivo (WILDNER, 2006).

Folloni, Lima e Bull (2006), concluíram que houve redução de diâmetro médio radicular da crotalária em camadas compactadas, o que fez com que as raízes mais finas pudessem ultrapassar mais facilmente a camada compactada. Já o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), da família das crucíferas, tem raízes agressivas, que tem a capacidade de descompactar o solo, sendo amplamente utilizado na adubação verde (EMBRAPA, 2016). A aveia, que possui raízes densas e fasciculadas, reduz a parte compactada do solo, melhora a agregação e conseqüentemente, a estrutura do solo, melhorando a sua porosidade e aeração, mostrando a influencia que cada espécie possui sobre a dinâmica de água no solo (KLEIN, KLEIN, 2014).

Sabe-se que plantas com raízes agressivas e capazes de agregar o solo, são capazes de diminuir os efeitos negativos causados pela degradação dos solos, e melhorar a estrutura, favorecendo o ambiente para outras culturas, porém, faltam estudos e dados sobre quais sistemas de culturas são mais apropriados para a agregação do solo (WOHLENBERG et al., 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo. O solo da área experimental é classificado

como Latossolo Vermelho pertencente à Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, (EMBRAPA, 2006).

O experimento foi implantado e conduzido em sistema de semeadura direta em sucessão a cultura da aveia + azevem. O controle de plantas espontâneas foi realizado antes da semeadura das culturas, através da aplicação do herbicida glifosato 480 g L⁻¹ (Gliz 480[®]), na dose de 2,5 litros do produto comercial ha⁻¹, conforme recomendação do fabricante.

A semeadura foi realizada no dia 17 de Dezembro de 2015, com uma Semeadora adubadora Compacta KF de 6 linhas, com espaçamento entre linhas de 50 cm. A semeadora utilizada na implantação do experimento é provida de discos de corte, mecanismo sulcador para deposição do fertilizante no solo, trabalhando a profundidade média de 10 cm, discos duplos para deposição da semente, rodas limitadoras de profundidade e rodas compactadoras.

As culturas utilizadas foram soja, milho e a *Crotalária juncea*. Na cultura da soja, a cultivar utilizada foi a TMG 7062 IPRO, na densidade de 20 plantas/m². No milho, a cultivar utilizada foi a DEKALB 240 VTPRO, com densidade de semeadura de 7 plantas/m². A cultivar utilizada para a semeadura da crotalária foi a IAC-KR1, na densidade de 50 plantas/m².

Os parâmetros avaliados foram: Densidade do solo, Porosidade total, macroporosidade, microporosidade nas linhas e entrelinhas das culturas nas camadas de 0 – 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 30 cm; agregação do solo, na camada de 0 -10 cm, 10 – 20 cm e raízes isoladas; e a matéria seca das culturas.

Utilizou-se o delineamento experimental blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas. As parcelas possuíam dimensão de 10 metros de largura x 10 metros de comprimento, totalizando 100 m². Os dados obtidos a partir da avaliação de cada uma das variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias submetidas a teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

3.1. DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS ESTÁVEIS EM ÁGUA

As coletas e a análise da estabilidade de agregados foram realizadas conforme descrito no Método Padrão de via úmida de Kemper & Chepil (1965).

As camadas avaliadas foram 0 – 0,10m e 0,10 – 0,20m. Foram realizadas coletas nas linhas e nas entrelinhas de cada cultura, com duas repetições, totalizando quatro coletas por tratamento. No pousio, como não haviam linhas, foram realizadas duas coletas por camada, totalizando quatro coletas no tratamento.

Foi avaliada ainda, a agregação do solo nas raízes das plantas. Para isso, em condições de alta umidade do solo, realizou-se o arranque das plantas com as raízes. Essas foram acondicionadas em sacolas plásticas, para evitar a perda do solo que se encontrava ao redor das raízes, e levadas ao laboratório.

No laboratório, para a separação dos agregados, as amostras foram trabalhadas de forma manual, observando os planos naturais de fraqueza dos agregados. Utilizou-se peneiras de 9,00 mm e 4,75 mm para separar os agregados maiores em agregados menores. Para a realização da análise no aparelho de oscilação vertical (AGITADOR DE PENEIRAS TIPO YODER), utilizou-se peneiras de 4,75 mm; 2,00 mm; 1,00 mm e 0,250 mm.

Figura 2 - Coleta das amostras de solo para análise de agregados



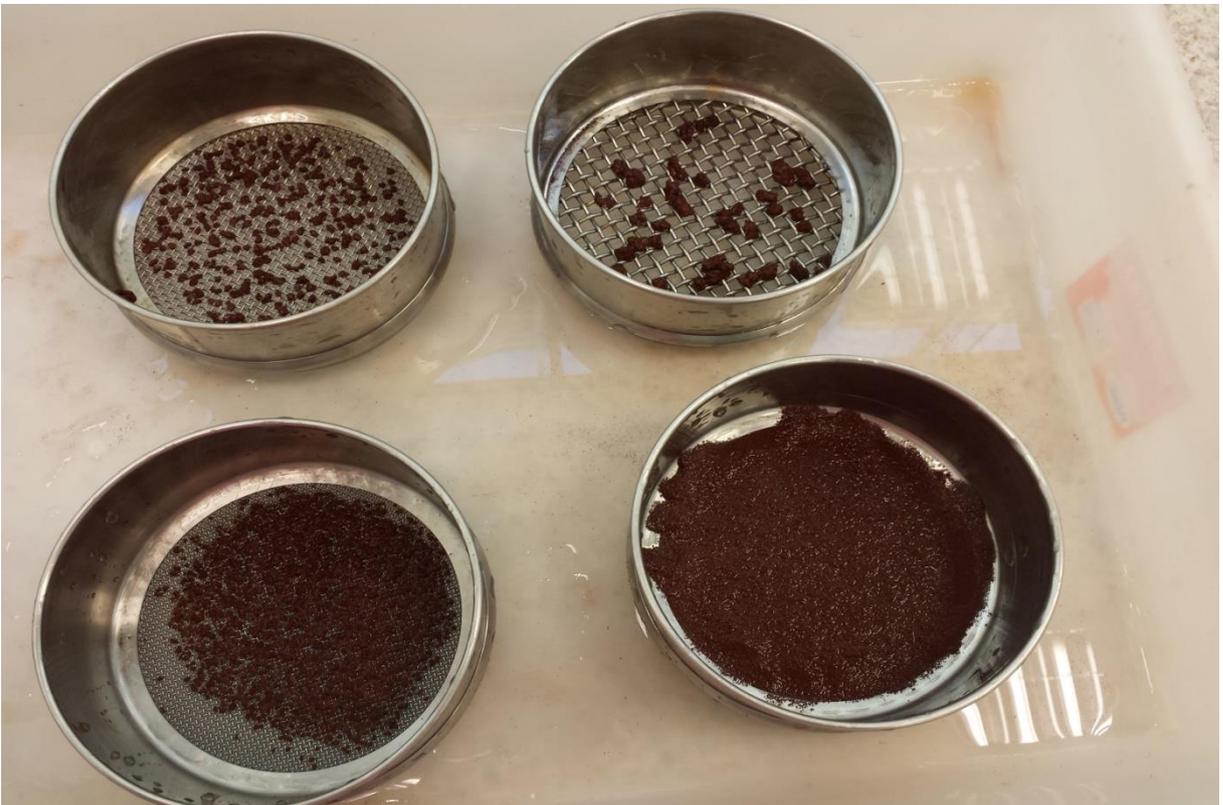
Fonte: Gabriel Afonso Adams

Figura 3 - Separação dos agregados maiores em agregados menores, nos planos naturais de fraqueza



Fonte: Gabriel Afonso Adams

Figura 4 - Solo retido em cada tamanho de peneira



Fonte: Gabriel Afonso Adams

Utilizou-se os valores obtidos nas avaliações para realizar o cálculo do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG). Quanto maior a porcentagem de agregados grandes que ficam sob as peneiras de malha maior, maior o DMP. As classes de agregados de maior ocorrência representam o DMP. Essas propriedades foram calculadas por meio das seguintes equações: sendo w_i = proporção de cada classe em relação ao total; x_i = diâmetro médio das classes (mm) em que w_p = peso dos agregados de cada classe (g) sendo $w_p 105$ = peso dos agregados da classe.

3.2. DENSIDADE, POROSIDADE, MACROPOROSIDADE E MICROPOROSIDADE

Para avaliar a densidade do solo (D_s), porosidade total (PT), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic), realizou-se a coleta de amostras indeformadas de solo. Para a coleta, foi utilizado anel metálico com 6 cm de diâmetro e 4 cm de altura, com volume aproximado de 100,00cm³.

As camadas de solo avaliadas foram as seguintes: 0,00 – 0,05m; 0,05 – 0,10m; 0,10 – 0,20m; 0,20 – 0,30m. Além disso, foi realizada uma coleta de solo na linha e duas amostras na entrelinha de cada tratamento, uma localizada ao lado direito da linha e a outra localizada ao lado esquerdo, totalizando doze amostras por parcela. No pousio, foram realizadas duas coletas em pontos diferentes, totalizando oito amostras por parcela. A coleta foi realizada 23 dias após a passagem de implemento Triton, de 2,30 metros de largura, tracionado por um trator, marca New Holland, modelo TL 75, provido de tração dianteira assistida.

Após a coleta, essas amostras foram preparadas, pesadas, saturadas, e submetidas a 60 cm de coluna d'água em coluna de areia, conforme descrito por EMBRAPA (1997) para determinar a Porosidade total, macroporosidade e microporosidade.

Após a determinação, as amostras foram pesadas e levadas à estufa, a 105 °C, até atingir peso constante (editado de EMBRAPA, 1997). Posteriormente as amostras foram pesadas e os parâmetros avaliados foram calculados.

Para determinar a densidade do solo, as amostras foram colocadas à estufa a 105°C pelo período de 48 horas, até atingir peso constante. A fórmula para realizar o cálculo da densidade está descrito a seguir

$$D_s(\text{g. cm}^{-3}) = \frac{\text{Massa do solo seco}}{\text{volume do anel}}$$

Para calcular a porosidade total, utilizou-se a fórmula abaixo:

$$PT(\text{m}^3. \text{m}^{-3}) = 1 - \left(\frac{\text{Densidade do solo}}{\text{Densidade de partículas}} \right)$$

Para determinar a microporosidade, utiliza-se a fórmula a seguir:

$$Mic(\text{m}^3. \text{m}^{-3}) = \frac{(\text{Massa do solo a 6 kpa} - \text{massa do solo seco})}{\text{volume do anel}}$$

A macroporosidade do solo é calculada através da fórmula:

$$Mac(\text{m}^3. \text{m}^{-3}) = \text{Porosidade Total} - \text{Microporosidade}$$

3.3. MASSA SECA DAS CULTURAS

Para a determinação da matéria seca das culturas, realizou-se o corte de dois m² de cada parcela, no pleno florescimento das culturas. Após o corte, as plantas foram colocadas a uma estufa de ar forçado, a 105°C, até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas e realizado o cálculo da massa seca/hectare das culturas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DENSIDADE, MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E POROSIDADE TOTAL

A Tabela 2 mostra o efeito das espécies sobre os valores de densidade, macro e microporosidade, e porosidade total (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm)

A partir da análise dos dados, percebe-se que, maiores valores de densidade foram encontrados, na camada de 0 – 5 cm, nas parcelas conduzidas sob pousio e menores valores encontrados nas parcelas conduzidas com a cultura do milho. Já na camada de 10 – 20 cm, menores valores de densidade foram encontrados na cultura da soja, e maiores valores encontrados nas parcelas cultivadas com milho. Nas demais camadas, não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos avaliados.

O fato de a cultura do milho diminuir a densidade do solo somente na camada superficial do solo, pode estar ligado à distribuição do sistema radicular da cultura, e a densidade do solo, na camada de 10-20 cm, pode ter impedido o crescimento do sistema radicular em maiores profundidades. Por outro lado, o sistema radicular pivotante da cultura da soja, pode ter contribuído para o crescimento das raízes em maiores profundidades, e ter ajudado a diminuir a densidade na camada de 10-20 cm.

Quando comparados os valores de porosidade total, verificou-se que a cultura do milho foi eficiente em aumentar a porosidade na camada de até 5 cm de profundidade. Além disso, menores valores foram encontrados no tratamento conduzido sob pousio e com a cultura da soja.

Na macroporosidade, percebeu-se que o pousio foi eficiente em aumentar o parâmetro na camada de 20 – 30 cm. Nos demais parâmetros avaliados, não houve diferença significativa.

Reichert, Reinert e Braida (2003), propõem densidade crítica para solos argilosos de $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$. Camadas compactadas impedem o crescimento radicular do milho e impedem o desenvolvimento das raízes em maiores profundidades (FOLONI; CALONEGO; LIMA, 2003). A pouca presença de sistema radicular, menores teores de matéria orgânica e conseqüente diminuição da agregação do

solo, faz com que ocorra uma tendência de aumento da densidade do solo em profundidades maiores do perfil de solo (REINERT; REICHERT, 2006).

As raízes pivotantes podem ser mais afetadas em solo com densidades maiores, do que plantas com raízes fasciculadas, uma vez que essas raízes mais finas são mais eficientes em penetrar em camadas mais densas, uma vez que possuem a vantagem de explorar as fissuras e poros já existentes (WHITELEY; DEXTER, 1982). Mas, há maior resistência a curvatura das raízes pivotantes quando elas entram em um solo com densidades maiores (WHITELEY; DEXTER, 1984), sendo esse parâmetro importante, principalmente quando há pouca quantidade de poros no solo.

Quando comparados o efeito das espécies na entre linha das culturas sobre a densidade do solo, percebeu-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Mesmo assim, as parcelas cultivadas com soja apresentaram os maiores valores de densidade na maioria das camadas avaliadas.

A microporosidade apresentou diferenças significativas na camada de 10-20 cm, com maiores valores encontrados nas parcelas conduzidas com a cultura da soja, e menores valores encontrados sob o manejo do pousio (Tabela 3). Nas demais camadas avaliadas, não houve diferença significativa. A macroporosidade e a porosidade total não foram influenciadas pelas diferentes espécies. Porém, a cultura da crotalária foi a que apresentou, numericamente, os maiores valores de porosidade total e macroporosidade na maioria das camadas avaliadas.

A porosidade ideal de um solo agrícola cultivado é de $0,500 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de volume total, $0,250$ a $0,330 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para a microporosidade, que é responsável por armazenar a água no solo, e $0,170$ e $0,250 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para macroporosidade (LIMA et al. 2007). O crescimento do sistema radicular das plantas é prejudicado de forma severa quando a porosidade de aeração é inferior a 10%, isso porque há diminuição de fluxo de oxigênio até as raízes das plantas, afetando a fisiologia e metabolismo da planta (LEÃO, 2002).

Tabela 1 – Efeitos da espécies na Densidade, Macro e Microporosidade, e Porosidade Total.

Camada (m)	Pousio	Soja	Crotalária	Milho	CV (%)
Densidade do solo (Mg m^{-3})					
0,00-0,05	1,28a	1,27ab	1,20ab	1,14b	9,69
0,05-0,10	1,40a	1,36a	1,31a	1,32a	8,86
0,10-0,20	1,43ab	1,37b	1,43ab	1,45a	4,35
0,20-0,30	1,39a	1,43a	1,37a	1,42a	3,38
Porosidade Total (m^3m^{-3})					
0,00-0,05	0,54b	0,54b	0,58ab	0,59a	7,24
0,05-0,10	0,51a	0,52a	0,53a	0,53a	8,09
0,10-0,20	0,48a	0,51a	0,49a	0,48a	4,53
0,20-0,30	0,50a	0,49a	0,51a	0,49a	3,41
Microporosidade (m^3m^{-3})					
0,00-0,05	0,43a	0,42a	0,43a	0,41a	11,9
0,05-0,10	0,46a	0,43a	0,41a	0,44a	9,74
0,10-0,20	0,41a	0,43a	0,43a	0,43a	5,00
0,20-0,30	0,42a	0,45a	0,47a	0,44a	12,47
Macroporosidade (m^3m^{-3})					
0,00-0,05	0,11a	0,12a	0,15a	0,18a	53,13
0,05-0,10	0,05a	0,09a	0,12a	0,09a	75,24
0,10-0,20	0,07a	0,07a	0,06a	0,05a	52,77
0,20-0,30	0,08a	0,04b	0,05ab	0,05ab	58,00

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Efeito das espécies na entre linha de semeadura sobre a Densidade, Macro e Microporosidade, e Porosidade Total.

Camada (m)	Pousio	Soja	Crotalária	Milho	CV (%)
Densidade do solo (Mg m^{-3})					
0,00-0,05	1,28a	1,32a	1,25a	1,16a	10,40
0,05-0,10	1,40a	1,43a	1,31a	1,35a	7,86
0,10-0,20	1,43a	1,39a	1,41a	1,46a	4,18
0,20-0,30	1,39a	1,44a	1,38a	1,42a	3,46
Porosidade Total (m^3m^{-3})					
0,00-0,05	0,54a	0,53a	0,55a	0,59a	8,29
0,05-0,10	0,50a	0,49a	0,53a	0,52a	7,73
0,10-0,20	0,49a	0,50a	0,50a	0,48a	4,38
0,20-0,30	0,50a	0,49a	0,51a	0,49a	3,46
Microporosidade (m^3m^{-3})					
0,00-0,05	0,43a	0,45a	0,46a	0,45a	11,91
0,05-0,10	0,46a	0,45a	0,42a	0,43a	10,42
0,10-0,20	0,41b	0,45a	0,43ab	0,44ab	5,18
0,20-0,30	0,42a	0,46a	0,46a	0,45a	9,16
Macroporosidade (m^3m^{-3})					
0,00-0,05	0,11a	0,08a	0,11a	0,13a	71,03
0,05-0,10	0,05a	0,04a	0,11a	0,09a	82,32
0,10-0,20	0,07a	0,05a	0,07a	0,04a	49,54
0,20-0,30	0,08a	0,03a	0,05a	0,04a	62,92

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total não foram influenciados significativamente em nenhuma das camadas avaliadas quando comparado o efeito das espécies na linha de semeadura (Tabela 4).

Tabela 3 - Efeito das espécies na linha de semeadura sobre a densidade, macro e microporosidade e porosidade total.

Camada (m)	Soja	Crotalária	Milho	CV (%)
Densidade do solo (Mg m^{-3})				
0,00-0,05	1,23a	1,14a	1,11a	7,89
0,05-0,10	1,29a	1,30a	1,28a	11,48
0,10-0,20	1,36b	1,45a	1,44a	5,17
0,20-0,30	1,41a	1,36a	1,42a	3,67
Porosidade Total (m^3m^{-3})				
0,00-0,05	0,56a	0,59a	0,60a	5,50
0,05-0,10	0,54a	0,54a	0,54a	9,69
0,10-0,20	0,51a	0,48a	0,48a	5,48
0,20-0,30	0,49a	0,51a	0,49a	3,63
Microporosidade (m^3m^{-3})				
0,00-0,05	0,40a	0,40a	0,37a	6,99
0,05-0,10	0,40a	0,40a	0,45a	9,23
0,10-0,20	0,41a	0,43a	0,42a	3,34
0,20-0,30	0,45a	0,49a	0,44a	18,11
Macroporosidade (m^3m^{-3})				
0,00-0,05	0,15a	0,19a	0,22a	30,37
0,05-0,10	0,14a	0,13a	0,09a	74,28
0,10-0,20	0,10a	0,05a	0,07a	46,41
0,20-0,30	0,05a	0,06a	0,05a	71,83

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quando comparados os parâmetros de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total na linha (Tabela 4) e na entre linha (Tabela 3) de semeadura, percebeu-se que menores valores numéricos foram encontrados na linha de semeadura na camada de até 10 cm de profundidade. Isso demonstra a influencia das raízes sobre os parâmetros físicos avaliados.

4.2. AGREGAÇÃO DO SOLO

A tabela 5 apresenta o efeito das espécies na agregação do solo na camada de 0-10 cm. Percebe-se maior porcentagem de agregados de classe 1 na cultura do milho, e menores valores nas Classes 2, 3 e 4, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos, além de maiores valores de DMP e maiores valores de DMG,

demonstrando o efeito das gramíneas na agregação do solo nas camadas superficiais. A melhoria na estrutura utilizando a cultura do milho pode ser observada através do aumento da porcentagem de agregados nas classes de maior diâmetro, e a diminuição da porcentagem de agregados nas classes de menor diâmetro. Percebe-se ainda, que o pousio e a Crotalária apresentaram os menores valores de DMP e o pousio apresentou os menores valores de DMG, demonstrando que o pousio diminui a estabilidade de agregados.

Em longo prazo, as gramíneas tendem a induzir a uma melhor estabilidade de agregados (BASSO, REINERT, 1998). A associação de melhoria da estabilidade estrutural, utilizando plantas com sistema radicular fasciculado, pode estar associado à criação de um ambiente benéfico à agregação, com grande densidade de raízes, principalmente finas, liberação dos exsudatos e maior acúmulo de matéria orgânica (TISDALL, 1991, apud BASSO, REINERT, 1998).

A capacidade de recuperar a estrutura do solo, melhorando a formação e estabilidade dos agregados, através da utilização de gramíneas, também foi relatada por Silva e Mielniczuk (1997). Os autores citam que a melhoria na estrutura se dá pelo fato de as gramíneas apresentarem maior volume de raízes e raízes melhor distribuídas, com o favorecimento da ligação entre partículas de solo. Isso mostra que as raízes das monocotiledôneas tem maior efeito sobre a agregação do solo, quando comparadas com as raízes de dicotiledôneas (CASTRO FILHO, MUZILLI, PODANOSCHI, 1998). Por outro lado, deixar a lavoura em pousio diminui os teores de matéria orgânica, não protege o solo dos impactos das gotas de chuva, degradando a estrutura do solo e aumentando a porcentagem de agregados de menor diâmetro (WOHLENBERG et al., 2004).

Tabela 4 – Camada 0 – 10 cm - Efeito das espécies na agregação do solo

Classe	Pousio	Soja	Crotalária	Milho	CV (%)
Classe 1 (%)	56,46b	62,89b	56,40b	76,76a	18,95
Classe 2 (%)	14,65a	13,75a	15,27a	8,54b	37,62
Classe 3 (%)	10,49a	7,43bc	9,82ab	5,43c	43,38
Classe 4 (%)	13,96a	9,09b	12,24ab	4,77c	46,26
Classe 5 (%)	4,43a	6,84a	6,26a	4,49a	63,70
DMP (mm)	4,35b	4,65b	4,35b	5,30a	12,44
DMG (mm)	3,03b	3,32b	3,23b	4,27a	22,40

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A agregação do solo foi influenciada pelas espécies na camada de 10-20 cm. Percebeu-se que a Crotalária apresentou os maiores de DMP e DMG e o pousio apresentou os menores valores (Tabela 6). Percebe-se ainda, que houve maior porcentagem de agregados nas classes de maior diâmetro e menores porcentagens de agregados nas classes de menor diâmetro para Crotalária, quando a cultura foi comparada com as demais.

A melhor agregação da Crotalária e da soja na camada de 10-20 cm pode estar ligada ao fato de as leguminosas possuírem raízes pivotantes e raízes mais agressivas, além de poder estar associado ao tipo de material orgânico liberado por esse tipo de plantas. Campos et al. (1999), encontraram melhoria na agregação em solos cultivados com tremoço azul, associando o acontecimento ao tipo de material orgânico liberado por esse tipo de planta.

Perin et al. (2002), estudando o efeito das leguminosas na agregação de um argissolo, percebeu que as áreas cultivadas com leguminosas apresentaram maiores índices de agregação, quando comparados a área capinada. BORGES, REINERT, FILHO (1996), encontraram maiores valores de DMG em cultivos com leguminosas quando comparado às gramíneas, apresentando assim, maior agregação do solo no primeiro e segundo ano de cultivo.

Comparando o efeito das espécies na agregação do solo nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, percebe-se que os valores referentes à DMP e DMG diminuíram

na camada de 10-20 cm em todos os tratamentos. Isso pode estar associado ao fato da maior concentração de raízes e de material orgânico nas camadas superficiais. Os dados corroboram com Wendling et al. (2005), que encontraram maiores valores de estabilidade de agregados na camada superficial.

As raízes de plantas e as hifas de fungos tem relação direta com os macroagregados do solo, pois promovem atuação mecânica, pressionando os elementos do solo, melhorando a estabilidade dos agregados (BASTOS et al., 2005). Manejos do solo que propiciem melhoria de crescimento radicular, melhoram as características, principalmente físicas, e asseguram melhor agregação do solo (CALEGARI et al., 2006).

Tabela 5 - Camada 10 – 20 cm- Efeito das espécies na agregação do solo

Classe	Pousio	Soja	Crotalária	Milho	CV (%)
Classe 1 (%)	18,75b	28,57a	30,67a	23,98ab	34,26
Classe 2 (%)	15,93b	21,45a	21,09ab	17,65b	32,90
Classe 3 (%)	23,31a	19,40b	18,65b	22,98a	19,71
Classe 4 (%)	33,59a	23,83b	23,07b	27,98ab	27,81
Classe 5 (%)	8,48a	6,75a	6,51a	7,40a	65,65
DMP (mm)	2,30c	2,99ab	3,10a	2,65bc	16,79
DMG (mm)	1,36c	1,89ab	2,04a	1,65bc	25,04

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Comparando o efeito das raízes isoladas sobre a agregação do solo (Tabela 6), percebeu-se que os tratamentos pousio e soja apresentaram os maiores valores de DMP e DMG, e o milho e a Crotalária apresentaram os menores valores. Seguindo os preceitos do efeito das espécies sobre a agregação do solo, percebeu-se maiores porcentagens de agregados nas classes de maior diâmetro e menores porcentagens de agregados nas classes de menor diâmetro.

Rodrigues et al. (2007), estudando a estabilidade de agregados em solos vérticos cultivados com cebola no Uruguai, perceberam que o tratamento pousio apresentou os maiores valores de DMP e DMG.

Os maiores valores de DMP e DMG, em pousio, quando se avaliou o efeito das raízes isoladas, talvez se deve pela grande quantidade de plantas espontâneas, a maioria gramíneas, mas também com presença de plantas dicotiledôneas, afirmando a variabilidade de espécies no tratamento.

Basso e Reinert (1997), encontraram maior estabilidade de agregados em pousio invernal, atribuindo o fato as invasoras presentes na área, principalmente gramíneas. Um fator importante na formação de agregados é a excreção de substâncias, pela vegetação e através da ação mecânica das raízes, com ação cimentante, fornecendo nutrientes a fauna do solo (Kiehl, 1979).

Tabela 6 - Agregação - Efeito das raízes isoladas

Classe	Pousio	Soja	Crotalária	Milho	CV (%)
Classe 1 (%)	76,93a	68,95a	54,75b	59,26b	12,59
Classe 2 (%)	9,38c	12,42bc	16,65a	14,73ab	27,83
Classe 3 (%)	3,53c	5,93bc	9,05a	7,83ab	44,16
Classe 4 (%)	4,48c	8,07b	12,95a	11,48a	29,21
Classe 5 (%)	5,68a	4,62a	6,59a	6,70a	48,76
DMP (mm)	5,31a	4,97a	4,28b	4,48b	7,85
DMG (mm)	4,18a	3,84a	2,91b	3,08b	16,13

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4.3. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS CULTURAS

O pousio apresentou os menores valores de produção de massa seca por hectare, com produção média de 864 kg/ha, seguida da cultura da soja, com produção de 2219 kg/ha. Já a Crotalária apresentou a maior produção de massa seca por hectare, com produção média de 14553 kg/ha, seguida da cultura do milho, com 8902 kg de matéria seca por hectare. Cazzeta, Filho, Giroto (2005), encontraram produção de matéria seca de crotalária acima de 10 ton/há em solo cultivado sob plantio direto no estado de São Paulo, afirmando que o cultivo

exclusivo de *Crotalaria juncea* para fins de cobertura vegetal é viável, encontrando ainda, 96% de cobertura do solo proporcionado pela crotalária aos 15 dias após a semeadura. Com produção de 10,1 toneladas de matéria seca/ ha⁻¹, a *Crotalaria juncea*, foi capaz de fixar 344 kg há⁻¹ de nitrogênio (BIFON et al., 2001), característica importante para aumentar as produtividades das culturas agrícolas

Em condições tropicais e subtropicais, a grande quantidade de massa seca sob o solo é característica indispensável para um bom sistema plantio direto (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003), sendo recomendado o mínimo de seis ton há⁻¹ de matéria seca por ano (EMBRAPA, [2002]).

Grande parte dos bons resultados do Plantio Direto é que há a criação de um ambiente favorável às plantas, estabilidade de produção e melhoria das características físico-químicas e biológicas do solo quando é deixada, sobre o solo, a palhada das culturas anuais ou das plantas de cobertura (EMBRAPA, 2009). Há diminuição a ação de impacto das gotas da chuva e aumenta a infiltração de água no solo com a cobertura do solo pelos resíduos deixados pelas culturas anuais (FIORIN, 2007). O solo também fica protegido dos fatores externos, como da incidência de raios solares e do vento; aumenta a taxa de infiltração e posterior retenção de água; diminui a taxa de evaporação; reduz a amplitude e oscilação de temperaturas, favorecendo as características biológicas do solo e o crescimento de vegetais (EMBRAPA, 2002). Outra característica importante da manutenção da palha sobre o solo é a elevação dos teores de matéria orgânica, melhorando a biodiversidade, aumentando à agregação do solo e a estrutura, deixando-o menos vulnerável a erosão (EMBRAPA, 2012).

Tabela 7 - Produção de massa seca das culturas

Tratamento	Produção de massa seca (kg/ha)
Pousio	864
Soja	2219
Crotalária	14553
Milho	8902

CONCLUSÕES

Quando comparado o efeito das espécies, maiores valores de densidade foram encontrados, na camada de 0 – 5 cm, nas parcelas conduzidas sob pousio e menores valores encontrados nas parcelas conduzidas com a cultura do milho. Na camada de 10-20 cm, menores valores de densidade foram encontrados na cultura da soja, e maiores valores encontrados na cultura do milho.

Quando comparados o efeito das espécies na entre linha das culturas sobre a densidade do solo, percebeu-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, diferindo apenas a microporosidade na camada de 10-20 cm, com maiores valores encontrados na soja.

Os valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total não foram influenciados significativamente em nenhuma das camadas avaliadas quando comparado o efeito das espécies na linha de semeadura.

O milho foi eficiente em melhorar a estabilidade dos agregados na camada de 0-10 cm.

A Crotalária foi eficiente em melhorar a estabilidade dos agregados na camada de 10-20 cm.

As raízes do tratamento conduzido sob pousio apresentaram os maiores valores de DMP e DMG.

A Crotalária apresentou a maior produtividade de matéria seca por hectare.

REFERÊNCIAS

ABREU, Samuel Luna de; REICHERT, José Miguel; REINERT, Dalvan José. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28 p.519-531, 2004.

ALBUQUERQUE, Jackson Adriano et al.. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de ciência do solo**. Campinas, p.115-119. 1995

ALVARENGA, Ramon Costa; CRUZ, José Carlos; VIANA, João Herbert Moreira. **Cultivo do Milho**. EMBRAPA, 2009. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/ferverde.htm

AMADO, Telmo Jorge Carneiro; SCHLINDWEIN, Jairo André; FIORIN, Jackson Ernani. Manejo do solo visando a obtenção de elevados rendimentos de soja sob plantio direto. In: THOMAS, André Luis; COSTA, José Antonio. **Soja, Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre, 2010. cap. 2, p. 35-97.

BASSO, Claudir José; REINERT, Dalvan José. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo podzólico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n^o4, p. 567-571, 1998.

BASTOS et al.. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29 p.21-31, 2005

BERTOL, Ildegardis et al.. Manejo e conservação do solo e da água no Brasil. In: LEITE, Luiz Fernando Carvalho; MACIEL, Giovana Alcântara; ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de; **Agricultura Conservacionista no Brasil**. Brasília, DF, 2014. Cap. 2, Parte 1, p. 43-68

BERTOLINI, Erick Vinicius; GAMERO, Carlos Antonio. 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.

BORGES, Demetrius Filho; REINERT, Dalvan José; FILHO, Alberto Cargnelutti. Recuperação da agregação, no terceiro ano, pelo uso de leguminosas e gramíneas em solo podzólico vermelho-amarelo. **Sociedade Brasileira de ciência do Solo**, Santa Maria, 1996.

CALEGARI et al.. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Ciências agrárias**, Londrina, v. 27, n.2, p. 147-158, 2006

CAMARA, Rodrigo Kurylo; KLEIN, Vilson Antonio. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.] v. 29 p.789-796, 2005

CAMARGO, Otavio; ALLEONI, Luis Reynaldo Ferracciú. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.

CASSOL, Elemar Antonino. Situação e necessidades da pesquisa em erosão e conservação do solo e da água na região Sul. In: LEITE, Luiz Fernando Carvalho; MACIEL, Giovana Alcântara; ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de. **Agricultura Conservacionista no Brasil**. Brasília, DF, 2014. Cap. 1, Parte 2, p. 87-100

CASTRO FILHO, Celso de; MUZILLI, Osmar. & PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v.22 p.527- 538, 1998.

CAZZETA, Disnei Amélio; FILHO, Domingos Fornasieri; GIROTTO, Fabrizio; Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalaria. **Acta Scientia Agronomy Maringá** v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005

CENTRO REGIONAL DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório das Nações Unidas estima que a população mundial alcance os 9,6 mil milhões em 2050**. Disponível em: <<http://www.unric.org/pt/actualidade/31160-relatorio-das-nacoes-unidas-estimaque-a-populacao-mundial-alcance-os-96-mil-milhoes-em-2050->>. Acesso em: 17/04/2016

COLLARES, Gilberto Loguércio et al.. Compactação de um Latossolo Induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. [S. l.], p.933 – 942, 2008.

DENARDIN, José Eloir et al.. Sistema Plantio Direto: Evolução e Implementação. In: PIRES, João Leonardo Fernandes; VARGAS, Leandro; CUNHA, Gilberto Rocca da; **Trigo no Brasil. Bases para produção competitiva e sustentável**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, RS, 2011. Cap 7, p. 185 - 216

DENARDIN, José Eloir; KOCHHANN, Rainoldo Alberto.; FAGANELLO, Antonio, 15 de abril: dia nacional da conservação do solo: a agricultura desenvolvida no Brasil é conservacionista ou não? **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.10-15, 2011

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio direto**. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Rotação de culturas.** Disponível em:

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3s932q7k.html>>. Acesso em: 17 abril.2016

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja - Paraná 2004.** Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosojaPR/manejo.htm>>. Acesso em: 21/04/2016

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/ EMBRAPA SOLOS; **MANUAL DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO/** organizadores, Guilherme Kangussú Donagema... [et al..]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; **A importância da matéria orgânica nos solos tropicais;** EMBRAPA, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; **Arvore do Conhecimento – Nabo Forrageiro.;** Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>>. Acesso em: 21/04/2016

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA E CONAB. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palha – Brasil;** Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013>2012. Acesso em: 19/04/2016

FIORIN, Jackson Ernani. Rotação de culturas e as plantas de cobertura do solo. In **Manejo e Fertilidade do solo no Sistema Plantio Direto.** Cruz Alta, Cap 7. p. 145 – 184, 2012.

FOLONI, José Salvador Simoneti; LIMA, Sergio Lázaro de; CALONEGO, Juliano Carlos. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.38, p.947 – 953, 2003.

FOLONI, José Salvador Simoneti; LIMA, Sergio Lázaro de; BULL, Leonardo Theodoro. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Botucatu, v.30 p.49-57, 2006.

FRANCHINI, Julio Cezar et al.; Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Documentos 327.** EMBRAPA SOJA, Londrina, Paraná, 2011.

HECKLER, João Carlos; SALTON, Júlio César. Palha, Fundamento do Sistema Plantio Direto. In **Coleção Sistema Plantio Direto**. EMBRAPA, Dourados, 2002.

ITAIPU BINACIONAL. Plantio direto. **A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**; Foz do Iguaçu, Paraná, 2015.

JIMENEZ, Rodrigo et al.. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.2, p.116–121, 2008

JUNIOR, Ruy Casão. Máquinas e qualidade de semeadura em plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, ed. 96, set/out, 2006

JUNIOR, Ruy Casarão; ARAÚJO Augusto Guilherme de; LLANILO, Rafael Fuentes. Desenvolvimento do Plantio Direto Mecanizado (Fase 2: 1980 a 1991). In **Plantio Direto no Sul do Brasil. Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina, cap. 2, p. 27-37, 2012

KAMARA, Rodrigo Kurylo. **Influência da escarificação do solo sob sistema plantio direto nas propriedades do solo e na cultura da soja**. 2004, 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de pós-graduação. Passo Fundo, 2004

KIEHL, Edeimar. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Educação Agronômica Ceres, 262 p., 1979.

KLEIN, Claudia; KLEIN, Vilson Antônio. Influência do manejo do solo na infiltração da água. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, 2014.

LANDES, John. **Histórico, características e benefícios do Sistema Plantio Direto**.; Brasília, Distrito Federal, 2005.;

LÁZARO, Rafael de Lima et al.. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v.43, p.10-17, 2013

LETEY, John. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advanta Soil Sciential**, [S.l.], p.277-294, 1985.

LEÃO, Tairone Paiva. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem**. 2002, 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) ESALQ/USP, Piracicaba, 2002.

LIMA, César Gustavo da Rocha et al.. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.6, 2007.

LOPES, Alfredo Scheid et al.. **Sistema plantio direto. Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, São Paulo, [2004].

LUCIANO, Rodrigo Vieira; ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; PÉRTILE, Patrícia. **Métodos de análises físicas do solo.**; Universidade Federal de Santa Catarina, Lages, 2010

MIELNICZUK, João. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas.** In: SANTOS, Gustavo Aparecido; CAMARGO, Flavio de Oliveira; Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais. p.1-8, Porto Alegre, 1999.

MIGUEL, Fernanda Ribeiro Marques; VIEIRA, Sidney Rosa; GREGO Célia Regina. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1513-1519, 2009

MOREIRA, Fatima; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e bioquímica do solo**; [S. l.: s. n.], 2006

MULLER, Marcelo Marques Lopes; CECCON, Gessi; ROSOLEM, Ciro. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Botucatu, v.25 p.531-538, 2001.

NETO, Américo Nunes da Silveira et al. Efeitos do manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Santo Antônio de Goiás, v.36, p.29-35, 2006.

NUNES, Renato Nunes et al. 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, jul. 2014.

PERIN, Arnaldo et al. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v.26 p.713-720, 2002.

REICHERT, José Miguel; REINERT, Dalvan José; BRAIDA, João Alfredo. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, [S.l.], v.27 p.29-48, 2003.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades Físicas do Solo.** Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2006.

REIS, Gustavo dos et al. **Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente.** Jaboticabal, v.27, n.1, p.194-200, 2007.

REVISTA PLANTIO DIRETO. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 71 p.29-32, 2002.

ROSA, Vanderléia Trevisan. **Tempo de implantação do sistema plantio direto e propriedades físico-mecânicas de um latossolo**; 2009. 101 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SALTON, Julio Cesar; HERNANI, Loebler Campos; FONTES, Clarice Zanoni. Sistema plantio direto. **Coleção 500 Perguntas 500 Respostas**. Embrapa Pecuária Oeste; Brasília, 1998.

SANTI, Anderson; AMADO, Telmo Jorge Carneiro; ACOSTA, José Alan. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, 2003

SECCO, Deonir et al. Atributos físicos e produtividade de culturas em um latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.] v.29 p.407-414, 2005.

SECCO, Deonir; REINERT, Dalvan José. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-escuro sob PD. **Revista de Engenharia Agrícola**, [S.l.], v.16 p.52-61, 1997.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, João. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v.20, p.113-117, 1997.

SILVA, R.B., et al. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.] v.27 p.973-983, 2003.

SILVA, Renato Lemos e. **Erosão do solo em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura**. 2010. 97 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Instituto agrônomo, Curso de pós-graduação em agricultura tropical e subtropical, Campinas, 2010.

SILVA, Rubens Ribeiro da; SILVA, Marx Leandro Naves; MOZART, Martins Ferreira. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande-MG. **Ciência e agrotecnologia**, Rio Grande, v.29, n.4, Lavras, 2005

SOUZA, Marcos André Silva et al. Efeito da compactação sobre a porosidade e condutividade hidráulica saturada do solo. **XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**. Paraíba, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Apostila de gênese e classificação dos solos**. Disponível em:

<https://chasqueweb.ufrgs.br/~elviogiasson/SOL00200%20-%20G%C3%AAnese%20e%20Classifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Solos/Text>

[os/Apostila- Genese e Classificacao do Solo graduacao.pdf](#) >. Acesso em: 14/04/2016

WENDLING, Beno et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.5, 2005.

WHITELEY, Geoff; DEXTER, Anthony Roger; Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and nontilled soil. **Soil e Tillage Resource**, [S.l.], v.2 p.379-393, 1982

WHITELEY, Geoff; DEXTER, Anthony Roger; The behaviour of roots encountering cracks in soil. I. Experimental methods and results. **Plant Soil**, [S.l.] v.77 p.141-149, 1984.

WILDNER, Leandro do Prado; Adubação verde e rotação de culturas em sistemas de plantio direto: opções para regiões de clima sub-tropical. **10º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha “Integrando Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente”**. Uberaba, 2006.

WOHLENBERG, Emerson Varlei; Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [S.l.], v.28 p.891- 900, 2004.

ZONTA, João Henrique et al. **Práticas de conservação de Solo e da Água**. Circular Técnica 133. EMBRAPA, Campina Grande, 2012.