



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS DE CERRO LARGO

CURSO DE AGRONOMIA

FLAVIO DE LARA LEMES

**AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA
PECUÁRIA LEITEIRA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CERRO LARGO

2017

FLAVIO DE LARA LEMES

**AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA
PECUÁRIA LEITEIRA.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para a 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.

CERRO LARGO

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Lemes, Flavio de Lara
AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA
PECUÁRIA LEITEIRA/ Flavio de Lara Lemes. -- 2017.
35 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, 2017.

1. Estrutura do solo. 2. Escarificação. 3. Bovinos de
leite. 4. Milho e soja. I. Kaiser, Douglas Rodrigo,
orient. II. Vieira, Renan Costa Beber, co-orient. III.
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

FLAVIO DE LARA LEMES

AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA
PECUÁRIA LEITEIRA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* de Cerro Largo/RS

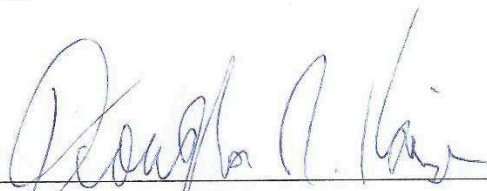
Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser.

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

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

01 / 12 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS



Eng. Ag. Ms. Micael Stolben Machado - UFSM

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por ter guiado meus passos, dando forças para concluir as minhas atividades.

Agradeço por todo apoio de minha família, principalmente meus pais Evaldi Fernandes Lemes e Marina Machado de Lara, e meus irmãos Roaldo, Marlise e Júnior que de alguma forma contribuiriam ao longo de toda minha caminhada até o presente momento.

Aos meus professores que se responsabilizaram por repassar os ensinamentos necessários para a graduação, mas em especial ao professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser por me indicar a proposta de pesquisa e auxiliar de várias formas na orientação para a execução das atividades durante o trabalho de conclusão do curso.

Da mesma forma agradeço ao meu co-orientador Dr. Renan Costa Beber Vieira por ter auxiliado na execução da pesquisa e aos ensinamentos repassados na graduação.

Agradeço a todos os colegas bolsistas e voluntários do laboratório de Pedologia e Física do solo, da UFFS Campus Cerro Largo – RS, que de alguma forma contribuíram na execução do trabalho.

Agradeço ao proprietário da terra Sr. Laurindo Morschbacher por disponibilizar a área para a implantação e condução do trabalho.

Também agradeço à minha namorada Carolina Nair Klein pela compreensão da minha ausência e por todo apoio e carinho recebido durante a graduação.

RESUMO

Em um sistema integrado de produção agropecuária a estrutura do solo, principalmente a agregação pode ser afetada pelo intenso pisoteio dos animais conciliado com altas taxas de lotação, grande porte dos bovinos leiteiros e condições inadequadas de umidade do solo para a realização pastejo. Como alternativa para amenizar esses impactos causados pelos animais e tráfego de máquinas agrícolas, utiliza-se a escarificação mecânica do solo com o intuito de reverter o processo de compactação. O objetivo do presente trabalho é avaliar a agregação do solo nas camadas 00-10 e 10-20 cm nas culturas da soja (*Glycine max*) e do milho (*Zea mays*) após dois anos de diferentes manejos de integração lavoura pecuária e a relação com a argila dispersa em água e grau de floculação. O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural no município de São Pedro do Butiá-RS, onde o experimento foi instalado no ano de 2015 com os tratamentos: Área sob plantio direto sem pastejo no inverno (T1), área sob plantio direto com pastejo no inverno (T2), e área sob escarificação e plantio direto após pastejo no inverno (T3). O delineamento experimental adotado é de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. A metodologia utilizada foi seguida de acordo com Método Padrão de via úmida de Kemper e Chepil (1965). O DMG e DMP não diferiram entre os tratamentos, e também não houve relação significativa com a argila dispersa em água e grau de floculação.

Palavras – Chave: Estrutura do solo, Escarificação, bovinos de leite, milho e soja.

ABSTRACT

In an integrated system of agricultural production, the soil structure, especially aggregation, can be affected by the intense trampling of animals reconciled with high stocking rates, large size of dairy cattle and inadequate soil moisture conditions for grazing. As an alternative to soften these impacts caused by the animals and traffic of agricultural machines, mechanical soil chiseling is used in order to reverse the compaction process. The objective of the present work is to evaluate the soil aggregation in the layers 00-10 and 10-20 cm in the soybean (*Glycine max*) and maize (*Zea mays*) crops after two years of different husbandry integration and the relation with the clay dispersed in water and flocculation degree. The experiment was carried out in a rural property in the municipality of São Pedro do Butiá-RS, where the experiment was installed in the year 2015 with the treatments: No-tillage area without grazing in the winter (T1), no-till area with grazing on the winter (T2), and area with mechanical soil chiseling and no-till after winter grazing (T3). The experimental design was a randomized block design with four replications. The results were submitted to analysis of variance and Tukey's test, at 5% probability. The methodology used was followed according to the Kemper and Chepil Standard (1965). DMG and DMP did not differ between treatments, nor was there any significant relationship with the clay dispersed in water and flocculation degree.

Keywords: Structure of the soil, Scarification of soil, dairy cattle, corn and soy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Coleta dos monólitos de solo.	16
Figura 2: Desagregação das amostras nos pontos de fraqueza.	17
Figura 3: Conjunto de peneiras com diâmetros 4,76; 2,00; 1,00 e 0,250 mm	18
Figura 4: Oscilador vertical tipo (Yooder).	19
Figura 5: Preparo de terra fina seca ao ar.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da análise química e física do solo no local do experimento.....	14
Tabela 2: Distribuição granulométrica do solo.....	15
Tabela 3: Diâmetro médio da classe de agregados	21
Tabela 4: Argila dispersa em água e grau de floculação.....	23
Tabela 5: Resultados dos diâmetros médios ponderado e geométrico na cultura do milho, sob a influência dos tratamentos pastejados, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo.	24
Tabela 6: Resultados dos diâmetros médios ponderado e geométrico na cultura da soja, sob a influência dos tratamentos pastejados, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo.	25
Tabela 7: Distribuição da porcentagem de agregados em diferentes classes (mm), sob influência dos tratamentos pastejado, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo, na cultura do milho nas camadas 00-10 e 10-20 cm.	25
Tabela 8: Distribuição da porcentagem de agregados em diferentes classes (mm), sob influência dos tratamentos pastejado, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo, na cultura da soja na camada 00-10 e 10-20 cm.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 ESTRUTURA DO SOLO	7
2.2 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	10
2.4 ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA	12
2.7 PLANTIO DIRETO	12
3. MATERIAIS E METODOS	14
3.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA	16
3.2 DETERMINAÇÃO DE ARGILA DISPERSA EM ÁGUA, GRAU DE FLOCULAÇÃO E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é um grande produtor de grãos, carne e leite, aderindo novas tecnologias e práticas para prosseguir a crescente produtividade, porém algumas delas quando não utilizadas de maneira adequada acabam causando problemas e impactos ambientais como a diminuição da qualidade física dos solos.

O sistema integrado de produção agropecuária é muito utilizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo responsável por boa parte da fonte de renda, principalmente de produtores familiares.

A maioria das propriedades leiteiras que encontramos em nossa região utilizam altas taxas de lotações de animais por área, com o objetivo de maximizar sua eficiência produtiva, porém acabam esquecendo de um dos fatores principais de produção, ou seja, a conservação da qualidade física do solo, a qual quando mal manejada, pode levar a compactação excessiva e diminuição da porosidade e da estabilidade dos agregados do solo, o que torna o solo mais suscetível a erosão e restringe a absorção de água e nutrientes pelas plantas, devido à restrição física imposta ao crescimento do sistema radicular das plantas.

O manejo de solo utilizado é um fator importante para determinar a qualidade do sistema e se o mesmo apresenta tendência de favorecer a estruturação de nossos solos (SALTON et al., 2008). Quando conduzido de forma inadequada, sistemas integrados com produção leiteira causam compactação excessiva do solo, sendo um dos principais problemas para o desenvolvimento das culturas, pelo fato de dificultar o estabelecimento das raízes ao longo do perfil do solo e conseqüentemente alterar suas características, e prejudicar, de modo significativo o rendimento da cultura.

Sabe-se que a matéria orgânica do solo (MOS) está diretamente relacionada sobre a agregação e estabilidade do solo, qual tem muita influência da fauna do solo e seus microrganismos, também da fração mineral do solo, das raízes e fatores ambientais (SALTON et al., 2008). O mesmo autor cita que as raízes têm uma participação muito importante na formação dos agregados no solo, principalmente raízes de gramíneas, fato relacionado a abrangência da rizosfera que elas atingem.

O objetivo da presente pesquisa é estudar o efeito de um sistema de integração lavoura-pecuária leiteira de dois anos sobre a agregação do solo sob diferentes condições de manejo. Como hipótese avaliar a eficiência da escarificação mecânica do solo em relação a agregação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTRUTURA DO SOLO

A estrutura do solo refere-se ao agrupamento e organização das partículas do solo em agregados e relaciona-se com a distribuição das partículas e agregados num volume de solo, também pode ser definida pelo arranjo de poros pequenos, médios e grandes, teoricamente não é um fator de crescimento das plantas ou indicativo direto da qualidade ambiental, mas está relacionada indiretamente com praticamente todos os fatores que agem sobre eles, como o suprimento de água, a aeração, a disponibilidade de nutrientes, a atividade microbiana e a penetração de raízes, dentre outros, são afetados pela estrutura dos solos (REINERT & REICHERT, 2006).

Os mesmos pesquisadores citados no parágrafo anterior afirmam que de acordo com a organização das partículas e do ambiente de formação podem formar-se os seguintes tipos de agregados: laminar – possuem formato laminar e são formados por influência do material de origem ou em horizontes muito compactados; prismática e colunar – os agregados formam-se em ambientes mal drenados e em horizontes subsuperficiais com pequena influência da matéria orgânica. Normalmente são agregados grandes e adensados. Quando o topo dos prismas são arredondados teremos a estrutura colunar; blocos angulares e subangulares – os agregados têm formato cubóide e formam-se em ambientes moderadamente a bem drenados nos subsolos.

A melhoria, ou manutenção das condições físicas dos solos, não é conseguida apenas por meio de práticas mecânicas de preparo do solo, mas porém, quando corretamente empregadas são importantes para propiciar condições adequadas ao estabelecimento das culturas (MACHADO et al., 2011). Uma dessas práticas é a escarificação, que tem por objetivos: reduzir a densidade do solo e a resistência à penetração de raízes; aumentar a permeabilidade; diminuir o escoamento superficial da água da chuva em áreas com declive, e o encharcamento em terrenos planos (DALLA ROSA, 1981).

Segundo Cooper (2009), o Sistema Plantio Direto beneficia vários atributos físicos, químicos e biológicos do solo, melhorando seu funcionamento e aumentando sua resistência aos processos erosivos. A macroporosidade e a agregação são

beneficiadas à medida que a matéria orgânica aumenta e minhocas e outros organismos se estabelecem.

Na aproximação entre as partículas agem os seguintes processos e fatores: floculação da argila e cátions trocáveis, desidratação do solo, secamento localizado e pressão causados pelas raízes e organismos como minhocas (coprólitos) e outros. Na estabilização dos agregados agem: quantidade e tipo de argila, forças eletrostáticas (Van der Waals), matéria orgânica (polissacarídeos, ac. húmicos), microrganismos pela ação mecânica (hifas de fungos) e produção de compostos orgânicos e vegetação pela ação mecânica das raízes e fonte de material orgânico na superfície (REINERT & REICHERT 2006).

Segundo Ingaramo (2003), para avaliação da qualidade do solo, algumas das principais propriedades e fatores físicos considerados adequados para descrevê-la são: porosidade, distribuição do tamanho de poros, densidade do solo, resistência mecânica, condutividade hidráulica, distribuição de tamanhos de partículas e profundidade em que as raízes crescem e a agregação.

Para a avaliação da qualidade física do solo são utilizados vários tipos de análises, e um dos métodos mais empregados é a determinação da agregação do solo. No entanto, muitas variações e diferenças metodológicas são encontradas nas publicações, o que em muitos casos dificulta comparações de resultados (SALTON et al., 2012).

Para a formação dos agregados do solo é importante utilizar espécies de plantas que possuem sistema radicular bem adensado, como por exemplo as gramíneas, segundo (CAMPOS et al., 1999) a estabilidade da estrutura do solo, medida pelo diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados mostrou-se superior no tratamento com a gramínea aveia preta, durante o ciclo vegetativo das plantas de cobertura de inverno, de maio a outubro/ 91, chegando a ter DMG de 0,64 mm maior que a média dos demais tratamentos no mês de agosto.

Culturas agregadoras e com sistema radicular mais agressivo podem minimizar os efeitos negativos da degradação dos solos por meio de melhorias na estrutura do solo. Porém ainda faltam informações sobre quais sistemas de culturas são mais apropriados para a agregação do solo (WOHLENBERG et al., 2004).

Como é uma característica comum de grande parte das gramíneas a exploração do perfil do solo, normalmente elas e outras 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).

Em pesquisa realizada sobre a influência da compactação do solo em superfície, sobre o desenvolvimento das plantas de cobertura ervilhaca, nabo forrageiro, aveia branca, tremoço branco e aveia preta, verificou-se que no geral a compactação superficial do solo prejudicou as espécies cultivadas, porém se destacaram o nabo forrageiro e a aveia preta para romper a camada compactada (MULLER, CECCON, ROSOLEM, 2001).

A aveia, que possui raízes densas e fasciculadas, melhora a agregação, e como consequência, a estrutura do solo, melhorando a sua porosidade e aeração, influenciando a dinâmica de água no solo (KLEIN, KLEIN, 2014). Para Silva & Mielniczuk (1997), as raízes, apesar de representarem uma pequena fração dos constituintes orgânicos do solo, exercem grande influência na formação e estabilidade dos agregados do solo, destacando-se assim a importância de culturas com sistema radicular bem desenvolvidos.

Os autores Derpsch et al (1985) avaliaram em nível de campo o efeito de diferentes plantas utilizadas como cobertura verde de inverno, em sistema plantio direto, na temperatura e umidade do solo e na produtividade de grãos de soja, milho e feijão. As plantas utilizadas como cobertura foram: tremoço branco, ervilhaca peluda, chícharo, centeio, aveia preta, trigo, nabo forrageiro, colza e girassol. Os maiores valores de umidade do solo foram constatados onde havia aveia preta, assim como menores valores de temperatura e maior rendimento de grãos de soja.

A agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocada por práticas de manejo de solo e culturas (CAMPOS et al., 1999). Para melhorar a eficiência da agregação deve-se levar em consideração um conjunto de fatores como a utilização de SPD aliado a práticas conservacionistas complementares de manejo do solo e da água, como utilização de plantas de cobertura rotacionando espécies com sistema radicular diferenciado e com alta capacidade de produzir palhada, e também a utilização de terraços, com o objetivo de proporcionar condições para que o solo possa reter mais água e acumular um volume significativo de material orgânico, refletindo em melhorias para a agregação do solo.

2.2 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

No Brasil, esses sistemas são mais conhecidos pela denominação de integração lavoura-pecuária (ILP), correspondendo a associações entre pecuária de corte ou leite e cultivos como soja, milho, arroz, eucalipto, algodão, dentre outros. São interações planejadas em diferentes escalas espaço temporais, abrangendo a exploração de cultivos agrícolas (grãos, floresta etc.) e produção animal (ruminantes e monogástricos) na mesma área, de forma concomitante ou sequencial, e mesmo entre áreas distintas (ANGHINONI et al., 2013).

O termo integração lavoura-pecuária pode ser definido como um sistema que integra as duas atividades com os objetivos de maximizar racionalmente o uso da terra, da infraestrutura e da mão-de-obra, diversificar e verticalizar a produção, minimizar custos; diluir os riscos e agregar valores aos produtos agropecuários, através dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona à outra (MELLO, 2003).

Segundo Bell & Moore (2012), os sistemas integrados constituem-se numa das mais importantes formas de uso da terra, atingindo 25 milhões de km² em todo o mundo. Nesse cenário de ressurgência, a novidade que a ciência brasileira apresenta ao mundo é o uso desse conceito de produção sob os pilares da agricultura conservacionista. Sistemas de cultivos podem se beneficiar quando em rotação com pastagem, melhorando a eficiência do investimento, pela intensificação do uso da terra, tornando o sistema produtivo mais estável (CARVALHO et al., 2011).

De acordo com Diekow & Bayer (2012), sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto têm resultado em aumento de estoques de C e N, quando comparados com áreas sem pastejo. Segundo Anghinoni et al (2013) o diferencial nessas áreas com animais é a circulação da forragem ingerida via esterco e urina, que servem de fonte de energia aos microrganismos do solo, aumentando a intensidade dos fluxos de matéria e energia.

O pisoteio dos animais, quando o sistema é mal manejado tem, de fato, potencial para causar compactação no solo (GREENWOOD & MCKENZIE, 2001). Essa compactação pode ser agravada quando o solo está com umidade acima do seu limite de friabilidade e quando do uso de taxas de lotação excessivas. O desafio reside em manejar máquinas e animais no sentido de que não se comprometa a produtividade e a sustentabilidade do sistema produtivo e do ambiente (ANGHINONI et al., 2013).

Segundo Lanzaova (2005), apesar de proporcionar uma oportunidade a mais de lucro na propriedade, diversificar a utilização do solo e contribuir para a exploração de áreas que não são cultivadas no inverno, uma boa parte dos agricultores, especialmente os oriundos de regiões tradicionalmente produtoras de grãos, ainda possuem receios quanto à entrada de bovinos em áreas de lavoura, devido ao potencial efeito significativo da compactação do solo causada pelo pisoteio, na produtividade de grãos das culturas de verão subsequentes.

Então deve-se realizar o manejo correto de altura de pastejo, e o ajuste da lotação de animais, pois a utilização de uma elevada lotação, em condições de alta umidade do solo e o pisoteio intenso durante o inverno, podem ocasionar a degradação da estrutura do solo reduzindo o potencial produtivo das pastagens e das culturas cultivadas na sequência.

O sistema de integração-lavoura pecuária é uma prática comum no sul do Brasil e viabilizou-se com o desenvolvimento e consolidação do sistema de plantio direto, o qual permitiu a exploração de novas áreas agrícolas (COSTA et al., 2004).

As grandes monoculturas e práticas culturais inadequadas têm causado perda de produtividade e degradação do solo e dos recursos naturais. Para minimizar esse quadro pode ser por meio de tecnologias, como o sistema de plantio direto (SPD), com preparo mínimo do solo e prática de rotação de culturas, e os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) (MORETI et al., 2007; MACEDO, 2009).

O plantio de cereais de inverno, principalmente o trigo (*Triticum aestivum*), tem cada vez mais perdido área para a produção de forrageiras utilizadas tanto como cobertura verde, pastejo direto, alimento in natura ou para a produção de fenos. Isso se deve a relativa instabilidade na comercialização do cereal, as adversidades climáticas cada vez mais severas, e principalmente devido ao alto custo de produção por hectare, (LANZANOVA 2005).

Na ILP em SPD, os benefícios adquiridos por este sistema, tais como a manutenção da estrutura do solo e o aumento dos teores de matéria orgânica, entre outros, são potencializados pela introdução de espécies forrageiras (LOSS et al., 2011). O desafio principal reside em avaliar se as alterações causadas por animais estão em um nível capaz de comprometer a produtividade e a sustentabilidade do sistema produtivo e do ambiente. (CONTE et al., 2011)

2.4 ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA

Segundo Camargo & Alleoni (2006), o problema da compactação vem aparecendo sistematicamente em extensas regiões do país, mostrando seus efeitos comprometedores à produtividade agrícola. Então a escarificação mecânica é utilizada para minimizar os efeitos prejudiciais que a compactação causa sobre as culturas cultivadas.

Também podem ser utilizadas espécies de plantas que possuem boa cobertura vegetal aérea, raízes agressivas e profundas, protegendo superficialmente o solo, e aumentando a continuidade de poros no solo, em função da decomposição das raízes (MULLER, CECCON, ROSOLEM, 2001).

Pressupõe-se que as áreas submetidas ao pisoteio animal apresentaram valores maiores de densidade e umidade e menores de porosidade total e macroporosidade do solo do que as sem pisoteio animal, condição que pode ser alterada por práticas de revolvimento desse, uma vez que plantas cultivadas em áreas com maior estado de compactação permanecem por períodos mais longos sob condições limitantes ao seu desenvolvimento, refletindo na produtividade.

Como solução temos a escarificação, essa prática aumenta a porosidade e reduz a densidade (REICHERT et al., 2009a). Ao mesmo tempo rompe as camadas compactadas. Em razão disso, a escarificação eleva a taxa de infiltração e capacidade de armazenamento de água (CAMARA & KLEIN, 2005). Reduz a resistência mecânica do solo à penetração e favorece o desenvolvimento das raízes (REICHERT et al., 2009a).

2.7 PLANTIO DIRETO

O preparo do solo é a operação mais importante do seu manejo, pois atua diretamente na estrutura do solo, afetando a sua densidade e porosidade, as quais tendem a diferenciar-se das condições naturais do solo, piorando com o passar do tempo, em manejos inadequados (ANJOS et al., 1994). Também é um grande responsável pela diminuição da perda de solo por erosão hídrica e eólica.

Em experimento de longa duração (21 anos), Costa et al. (2003) avaliaram os efeitos do sistema plantio direto e preparo convencional nas propriedades físicas de um Latossolo Bruno alumínico câmbico e no rendimento de grãos de soja e milho. A

adoção do sistema plantio direto proporcionou significativa melhoria nos atributos físicos, como a densidade, temperatura e diâmetro médio geométrico de agregados. O rendimento de grãos de soja (média de 18 safras) e de milho (4 safras) foram respectivamente 42 e 22 % superiores em plantio direto, em comparação ao preparo convencional, o que foi atribuído principalmente ao efeito benéfico do SPD na melhoria da qualidade física do solo.

Mas para que esses resultados possam continuar sendo positivos é fundamental salientar que deve-se realizar a rotação de culturas, de no mínimo 3 anos, sem que a mesma cultura seja estabelecida na mesma área. Isso facilitará o controle de plantas espontâneas e principalmente a quebra do ciclo de patógenos que alojам-se em restos culturais. A sucessão de cultivos distintos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas (CARVALHO et al., 2004).

Para que o plantio direto tenha sua sustentabilidade assegurada há a necessidade de se ter uma boa cobertura de solo durante o ano todo, um aporte contínuo e abundante de biomassa vegetal, utilizando-se um sistema de rotação com plantas capazes de melhorar o balanço de nitrogênio no solo através da fixação biológica e rotação de culturas, incluindo culturas produtoras de grãos e forragem, e o mínimo revolvimento de solo (ASSMANN & PIN, 2008).

3.MATERIAIS E METODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural no município de São Pedro do Butiá-RS, onde o experimento foi instalado no ano de 2015 com os seguintes tratamentos: Área sob plantio direto sem pastejo no inverno (T1), área sob plantio direto com pastejo no inverno (T2), e área sob cultivo mínimo com escarificação e pastejo no inverno (T3). O delineamento experimental adotado é de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas possuem 30 m de comprimento e 15 m de largura, totalizando 450 m². O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho pertencente à Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, (EMBRAPA, 2006).

A adubação foi realizada de acordo com a interpretação dos resultados da análise química do solo, não sendo possível realizar a correção do pH devido ao atraso do laboratório na entrega dos resultados. (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados da análise química e física do solo no local do experimento.

Prof. (cm)	pH água 1:1	Al %	Cacmol/dm ⁻³	Mg	Al	H+Al	CTC Ph7	V
0-10	5,0	3,9	6,5	2,9	0,4	10,9	20,8	47,7
10-20	5,7	0,0	7,4	2,9	0,0	3,9	14,5	73,2

Prof. (cm)	Argila %	M.O. %	Índice SMP	S	P Mehlichmg/dm ³	K	Cu	Zn	B
0-10	64	3,0	5,2	12,5	28,2	216	12,9	3,8	0,3
10-20	65	2,3	6,1	-	10	120	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o inverno, a área foi cultivada com aveia preta (*Avena strigosa*) para pastejo dos bovinos de leite, que entraram cada vez em que a pastagem atingia 30cm de altura, sendo pastejado um bloco por dia com a intenção de realizar na mesma condição de umidade do solo entre as parcelas. A escolha dessa forrageira foi em função de ser uma das mais utilizadas na região pelos agricultores, possuindo características como alto desempenho, adaptação, palatabilidade aos bovinos e grande produtividade de forragem, podendo atingir valores até 10t de massa seca, que pode ser utilizada tanto para pastejo como para planta de cobertura. Possui

sistema fasciculado de raízes contribuindo para melhorar a aeração e agregação do solo.

A alta taxa de lotação utilizada caracterizando a atividade leiteira foi de 5 (Ua) Unidades animais por bloco, sendo que cada Ua corresponde a 450kg e o número de pastejo variou de acordo com as condições meteorológicas, em torno de 3 a 5 vezes por ano. A entrada dos animais para pastejo ocorreu somente em condições de umidade do solo adequada, quando o mesmo encontrava-se friável. Após o último pastejo foi realizada a dessecação com herbicida para a implantação da cultura do milho (*Zea mays*) e da soja (*Glycine max*), que são as duas principais culturas de grãos implantadas na região, as quais a produção é destinada para exportação, fabricação de ração, obtenção de sementes, e outros produtos processados.

O tratamento com cultivo mínimo (T3), foi escarificado após o pastejo, antes da implantação da cultura do milho, com um escarificador de 7 hastes acoplado a um trator da marca New Holland, modelo TL 75 com 78 cv de potência, salientando que a operação foi realizada em condições de umidade do solo friável.

Após realizar todos procedimentos, os dados foram digitados em uma planilha da Microsoft Excel, aplicando as equações para definir os DMG, DMP e a distribuição dos agregados por classe. Os dados foram analisados em análise de regressão, e submetidos ao teste de Tukey com probabilidade de 5%.

Além de aspectos como manejo e clima, a agregação do solo também está associada à sua textura (Bronick & Lal, 2005). A distribuição granulométrica do solo foi realizada com o objetivo de caracterização textural da área, a qual podemos perceber na (Tabela 2) que possui solo muito argiloso com teor médio de argila de 61,18% na camada 0-20 cm. A quantidade de argila influencia diretamente na agregação do solo, sendo teores mais elevados tendem a proporcionar melhor agregação do solo.

Tabela 2: Distribuição granulométrica do solo.

Camada (cm)	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	-----%-----			
0-10	10,53	30,34	59,12	Argila
10-20	8,17	28,58	63,23	Muito argilosa

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA

A amostragem de solo foi realizada nas camadas de 00 – 10cm e 10 – 20cm, em condições de umidade do solo adequada. As amostras foram coletadas nas duas culturas após a colheita, um ponto por cada parcela, abrangendo a lateral da linha e entre linha. Para a coleta se abre uma trincheira (Figura 1) e com o auxílio de uma pá de corte retira-se monólitos de solo com dimensões de (10x10x10cm), e aloca-os em sacola plástica de 8kg, sempre com o máximo cuidado para manter a estrutura original do solo, principalmente no transporte, sem sobrepor as amostras.

Figura 1: Coleta dos monólitos de solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Posteriormente no laboratório de Pedologia e Física do Solo, da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo foi realizada os demais procedimentos para a separação dos agregados, trabalhando as amostras de forma manual, observando os pontos de fraqueza dos agregados (Kemper & Chepil ,1965).

No laboratório, desagrega-se as amostras com as mãos, nos pontos de fraqueza (Figura 2), tendo cuidado para evitar a compactação e deformação da amostra. As

amostras de solo devem passar o conjunto de peneiras de 9 mm e ficar retidas sob as peneiras de 4,76 mm. As amostras ficaram secando a sombra, e alocadas em potes plásticos.

Figura 2: Desagregação das amostras nos pontos de fraqueza.



Fonte: Elaborado pelo autor

Antes de agitar a amostra em água, pesa-se 3 subamostras de 25 g cada. Uma é transferida para a estufa a 105°C, para correção da umidade até atingir massa constante, e as outras 2 são utilizadas para agitação em água em aparelho de oscilação vertical do tipo (Yoder). O qual deve ser preparado ajustando o nível do aparelho para que a lâmina de água fique homogênea sobre a superfície. Após coloca-se os quatro conjuntos de peneiras pela seguinte ordem decrescente de tamanho: 4,76; 2,00; 1,00 e 0,250 mm (Figura 3). Também é importante salientar o cuidado para que não fique ar entre as peneiras, principalmente 1,00 e 0,250 mm, as quais ao entrarem em contato com a água devem estar em posição inclinada, e posteriormente embaixo d'água alocadas na posição normal.

Figura 3: Conjunto de peneiras com diâmetros 4,76; 2,00; 1,00 e 0,250 mm



Fonte: Elaborado pelo autor.

O próximo passo é acrescentar água no aparelho de agitação vertical, ajustar o nível da água até atingir aproximadamente 1 cm acima da base das peneiras de 4,76 mm quando o conjunto estiver em sua posição mais alta; e não submergir por completo as peneiras de 4,76 mm em sua posição mais baixa.

Ajusta-se o aparelho para a rotação de 30 rotações por minuto, distribuiu-se uniformemente a amostra sobre a peneira de 4,76 mm de um conjunto, evitando aglomeração dos agregados. Realiza-se o mesmo procedimento para os demais conjuntos de peneiras. Os agregados ficam submersos em água por 10 minutos em repouso para umedecimento (Figura 4). Após o tempo de repouso, o aparelho é ligado durante 10 minutos, oscilando verticalmente, distribuindo os agregados nas demais peneiras.

Figura 4: Oscilador vertical tipo (Yooder).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o término da oscilação, desligou-se o aparelho, retirou-se os conjuntos de peneiras da água e transferiu-se o material retido em cada peneira para latas de alumínio com auxílio de jatos de água. As latas são previamente pesadas e identificadas. Posteriormente, coloca-se as latas em estufa de circulação de ar a 105 °C por 48 horas. Após a secagem, o material retido em cada peneira é pesado. Em seguida, determina-se a quantidade de material inerte (cascalhos e areia) retida em cada peneira. Para isso, os agregados de cada lata foram transferidos para sua respectiva peneira utilizando jatos de água. Quando as amostras estavam em suas

respectivas peneiras, emerge-se a peneira em uma solução de hidróxido de sódio NaOH 1N. Mexe-se por aproximadamente 1 minuto o solo com um bastão de vidro até sobrar apenas areia e cascalho. Lavar com jatos de água, transferir o material inerte para lata de alumínio e secar em estufa a 105 °C até atingir massa constante. Pesar o material seco e descontar da massa de cada classe de agregados foi o próximo passo. Em seguida, calcula-se a percentagem de agregados por classe de tamanho, o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG), conforme fórmulas descritas abaixo.

a) Cálculo da umidade gravimétrica do solo (U_g)

$$U_g(\text{kg. kg}^{-1}) = \left(\frac{m_{SU} - m_{SS}}{m_{SS}} \right)$$

Onde:

- m_{SU} : massa do solo úmido (g)

- m_{SS} : massa do solo seco (g)

b) Massa seca inicial de agregados (T_{Agr})

$$T_{Agr} = \frac{\text{massaAmostra}}{(1 + U_g)}$$

c) Percentagem de agregados por intervalo de classe de tamanhos

$$\%AGR_i = \frac{(m_{Agri} - m_i)}{(T_{Agr} - m_iT)} * 100$$

d) Diâmetro Médio Ponderado (DMP):

$$DMP(\text{mm}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{Agri} - m_i}{T_{Agr} - m_iT} * c_i \right)$$

e) Diâmetro Médio Geométrico (DMG):

$$DMG(\text{mm}) = \text{EXP} \sum_{i=1}^n \left(\frac{(m_{Agri} - m_i) * \text{Ln. } c_i}{T_{Agr} - m_iT} \right)$$

Onde:

- m_{Agri} = massa de agregados em cada classe (g)

- mi = massa de material inerte em cada classe (g)
- TAggr = massa de agregados da amostra inicial (g)
- miT = massa de material inerte total (de todas as classes) (g)
- ci = diâmetro médio da classe de agregados (mm) (tabela 1)
- Ln = Logaritmo natural

Tabela 3: Diâmetro médio da classe de agregados

Classes	Limites da classe (mm)	Diâmetro médio da classe – ci (mm)
Classe 1	9,00 – 4,76	6,38
Classe 2	4,76 – 2,00	3,38
Classe 3	2,00 – 1,00	1,50
Classe 4	1,00 – 0,25	0,625
Classe 5	<0,25	0,125

Fonte: Adaptado de Métodos de análises físicas do solo - UDESC

3.2 DETERMINAÇÃO DE ARGILA DISPERSA EM ÁGUA, GRAU DE FLOCULAÇÃO E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise de determinados atributos, como a argila dispersa em água (ADA), que reflete diretamente o grau de floculação das Argilas (GFA) que influencia na agregação das partículas do solo, são importantes para os estudos de conservação dos solos (Santos et al., 2010).

Para ambas análises seguiu-se o padrão determinado conforme descrito por EMBRAPA (1997). Coletou-se amostras de solo nas camadas 00-10 e 10-20 cm com o auxílio de uma pá, e posteriormente foram levadas para o laboratório de Pedologia e Física do Solo, da UFFS campus Cerro Largo - RS, onde, primeiramente as amostras foram secas a sombra, moídas sobre um tapete de borracha (Figura 5), e peneiradas em peneira de 2mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA).

Figura 5: Preparo de terra fina seca ao ar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise granulométrica com dispersão total foi realizada com o objetivo de caracterização do solo da área experimental. O procedimento é semelhante ao utilizado para determinação da argila dispersa em água, diferindo apenas na utilização do dispersante químico e na quantificação de areia. Já o grau de floculação é determinado através de equação utilizando os resultados da argila dispersa em água, conforme as equações abaixo utilizando o método da pipeta (EMBRAPA, 2011).

Teor de argila dispersa em água = $(a + b) * 20$

Onde:

a = Leitura da amostra

b = Leitura da prova em branco

Grau de floculação = $100 (a - b) / a$

Onde:

a = Argila total

b = Argila dispersa em água

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Gasparetto et al. (2009), a degradação das propriedades físicas do solo em áreas de plantio direto, em geral, está associada ao excesso de tráfego de máquinas e ou pisoteio animal, que causam compactação, com redução da porosidade, aumento da densidade do solo e da resistência à penetração. No entanto, em algumas situações a degradação física pode ser acelerada por alterações nas propriedades químicas e biológicas do solo, que resultam em alterações na estabilidade da estrutura do solo.

Tendo em vista que a argila dispersa em água e o grau de flocculação influenciam na agregação do solo, podemos perceber na (Tabela 4) que o tratamento pastejado seguido de escarificação diminuiu a porcentagem de argila dispersa em água na camada de 0 – 10 cm, diferindo do tratamento somente pastejado, conseqüentemente a escarificação aumentou o grau de flocculação na mesma camada, também diferindo do pastejado. Nas demais profundidades não observou-se diferenças significativas para ambos os testes.

Tabela 4: Argila dispersa em água e grau de flocculação.

Tratamentos	Camada (cm)	Argila dispersa em água	Grau de flocculação
		-----%	-----
Pastejado	0-10	33,22 a	43,86 b
Sem pastejo		29,56ab	50,06ab
Pastejo + Esc		28,43 b	51,82 a
CV (%)		6,49	7,25
Pastejado	10-20	38,47 a	39,45 a
Sem pastejo		38,90 a	38,52 a
Pastejo + Esc		40,80 a	35,04 a
CV (%)		8,08	10,82

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

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Gasparetto et al. (2009) há uma tendência de que o uso com lavoura leve a uma maior dispersão da argila quando comparado com o solo usado com mata natural. O aumento na dispersão da argila está relacionado a mudanças no teor de matéria orgânica e na atividade do hidrogênio e alumínio trocáveis do solo.

O aumento do grau de flocculação na camada mais superficial juntamente com o maior volume de raízes pode proporcionar DMG maiores, porém não observou-se diferenças significativas em comparação entre os tratamentos.

Segundo Flores et al. (2008) a mobilização do solo, durante a operação agrícola, quebra os agregados e estimula a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos, processo que reduz a quantidade de substâncias agregantes e, assim, a estabilidade dos agregados. Porém esse resultado não foi observado na área escarificada avaliando o DMG e DMP que não diferiram dos tratamentos sem pastejo e somente pastejado, na cultura do milho conforme a (Tabela 5). Flores et al. (2008) concluíram que a estabilidade dos agregados tem relação direta com o teor de matéria orgânica até um patamar próximo de 25g kg^{-1} , a partir do qual o aumento da matéria orgânica não se traduz em aumento da estabilidade dos agregados.

Tabela 5: Resultados dos diâmetros médios ponderado e geométrico na cultura do milho, sob a influência dos tratamentos pastejados, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo.

Tratamentos	Profundidade (cm)	DMP		DMG
		-----mm-----		
Past.	0-10	3,48 ^{ns}		1,96 ^{ns}
	10-20	1,94		1,13
S. Past	0-10	3,14		1,62
	10-20	1,68		0,93
Past + Esc	0-10	3,20		1,63
	10-20	1,56		0,86
CV (%)	0-10	21,58		30,34
	10-20	20,41		22,13

^{ns} Não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

SALTON et al. (2008) concluíram em seu trabalho que sistemas de manejo do solo com pastagem permanente ou em rotação com lavoura em plantio direto favorecem a formação de agregados estáveis de maior tamanho, em relação a sistemas apenas com lavouras ou com lavouras em rotação com pastagens em ciclos maiores que três anos. Portanto esse pode ser um dos motivos de não ter apresentado diferença entre os tratamentos pastejados e sem pastejo, necessitando de um período maior que três anos para notar-se diferenças significativas. Os mesmos autores concluíram que a manutenção do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis (DMP), com valores semelhantes ou superiores aos verificados na condição de

vegetação natural, somente foi obtida com a rotação lavoura- pastagem em ciclos de dois anos ou com pastagem permanente.

Tabela 6: Resultados dos diâmetros médios ponderado e geométrico na cultura da soja, sob a influência dos tratamentos pastejados, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo.

Tratamentos	Profundidade (cm)	DMP		DMG
		-----mm-----		
Past.	0-10	3,33 ^{ns}		1,82 ^{ns}
	10-20	1,81		1,05
S. Past	0-10	2,79		1,51
	10-20	1,69		1,03
Past + Esc	0-10	2,50		1,21
	10-20	1,67		0,98
CV (%)	0-10	27,77		33,74
	10-20	17,31		19,30

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 7 observamos os resultados da distribuição da porcentagem de agregados em diferentes classes, na cultura do milho nas camadas 00-10 e 10-20cm, as quais não apresentaram diferença significativa. Em longo prazo, as gramíneas tendem a induzir a uma melhor estabilidade de agregados (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).

Tabela 7: Distribuição da porcentagem de agregados em diferentes classes (mm), sob influência dos tratamentos pastejado, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo, na cultura do milho nas camadas 00-10 e 10-20 cm.

Tratamentos	Profundidade (cm)	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
		9,0 – 4,76	4,76 – 2,0	2,0 – 1,0	1,0 – 0,25	<0,25
		-----%-----				
Past		41,95 A	14,51 A	11,66 A	19,37 A	12,51 A
S.Past	00-10	37,17 A	13,90 A	09,33 A	21,92 A	17,69 A
Past + Esc		38,67 A	13,08 A	08,99 A	21,86 A	17,40 A
CV (%)		30,62	13,13	29,33	32,13	26,15
Past		12,14 A	16,89 A	25,27 A	31,05 A	14,66 A
S.Past	10-20	09,75 A	13,67 A	22,43 A	37,70 A	16,46 A
Past + Esc		07,74 A	13,63 A	22,72 A	37,87 A	18,05 A
CV (%)		50,38	23,73	13,19	16,43	17,06

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

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na cultura da soja na camada 00-10 cm (Tabela 8) a escarificação aumentou a porcentagem de microagregados, os quais não diferiram entre os tratamentos sem pastejo e pastejado. As sequências de culturas com sucessão de gramíneas com leguminosas apresentaram maior agregação (WOHLENBERG, et al.2004).

Podemos observar diferença significativa na porcentagem de agregados na classe 3, na camada 10-20 cm, sendo o tratamento sem pastejo com a maior quantidade de agregados, diferindo apenas do pastejado. Esse resultado pode ter sido influenciado pela configuração de raízes, tendo em vista que as leguminosas possuem sistema radicular pivotante, alcançando maiores profundidades.

Tabela 8: Distribuição da porcentagem de agregados em diferentes classes (mm), sob influência dos tratamentos pastejado, pastejado seguido de escarificação e sem pastejo, na cultura da soja na camada 00-10 e 10-20 cm.

Tratamentos	Profundidade (cm)	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
		9,0 – 4,76	4,76 – 2,0	2,0 – 1,0	1,0 – 0,25	<0,25
		-----%-----				
Past		39,78 A	14,41 A	10,59 A	20,18 A	15,04 B
S.Past	00-10	30,32 A	13,49 A	13,78 A	27,87 A	14,54 B
Past + Esc		25,68 A	14,24 A	12,38 A	26,73 A	20,97 A
CV (%)		41,73	16,08	20,50	35,22	24,42
Past		09,25 A	18,94 A	24,33 B	31,63 A	15,85 A
S. Past	10-20	06,85 A	17,25 A	29,42 A	32,94 A	13,53 A
Past + Esc		08,01 A	15,17 A	27,14 AB	34,92 A	14,77 A
CV (%)		42,01	21,79	10,65	20,90	26,03

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

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.CONCLUSÕES

A escarificação reduziu a argila dispersa em água, conseqüentemente aumentou o grau de floculação na camada 0 – 10 cm, porém não influenciou significativamente no DMG e DMP dos agregados.

A distribuição da porcentagem de agregados em diferentes classes na cultura do milho não apresentou diferença significativa, sendo assim influenciado pelo sistema radicular fasciculado que auxilia na agregação do solo.

O DMG e DMP não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos tanto na cultura da soja como no milho, sendo este um resultando importante pois submete que após um período de dois anos sob diferentes manejos de integração lavoura pecuária leiteira, a estrutura do solo avaliada através da agregação conseguiu reconsolidar-se com o rearranjo das partículas, descartando assim a viabilidade de escarificação do solo.

6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luis Gustavo Akihiro Sanches; & SUZUKI, Luis Eduardo Akiyoshi Sanches. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.617-625, 2007.

ANGHINONI, Ibanor; CARVALHO, Paulo César Faccis; COSTA, Sergio Ely Valadão Gigante Andrade. **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro**. Tópicos em Ciência do Solo, V. 8, p. 325-380, 2013.

ANJOS, Jonas Ternes; et al. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.15 p.139-145, 1994

ASSMANN, Alceu Luiz; SOARES, André Brugnara; ASSMANN, Tangriani Simioni (Ed.). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: Instituto Agrônomo Do Paraná, 2008. 49 p

BASSO, Claudir José; REINERT, Dalvan José. **Varição 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, nº4, p. 567-571, 1998.

BELL, Lindsay W. & MOORE, Andrew D. **Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications**. Agric. Syst., 111:1-12, 2012.

BRONICK, C.J. & LAL, R. **Soil structure and management: A review**. Geoderma, v.124, p.3-22, 2005.

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** v. 29 p.789-796, 2005

CAMARGO, Otávio; Alleoni, Luís Reynaldo Ferracciú. **Conceitos Gerais de Compactação do solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>>. Acesso em: 24/04/2017

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

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R. & CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23 p.386391, 1999.

CARVALHO, Marco Antonio Camilo. et al. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.11411148, nov. 2004.

CARVALHO, Paulo César Facais et al. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 60p. (Boletim Técnico)

CONTE Osmar. et al: Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1301-1309, out. 2011

COOPER, Miguel. **O funcionamento do solo e a sua influência nas relações entre o solo e a vegetação nativa**. 2009. 103p. Tese (Livre-Docência no Departamento de Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COSTA, Falberni de Souza et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.527-535, 2003.

COSTA, Allan et al. Estabilidade dos agregados e carbono orgânico total do solo sob diferentes manejos na integração lavoura-pecuária. In: **REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**, 5., 2004. Florianópolis. Resumos Expandidos... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

DALLA ROSA, Amando. **Práticas mecânicas e culturas na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo - solo Santo Angelo (Latosso Roxo Distrófico)**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981. 136p. (Dissertação de Mestrado)

DERPSCH, Rolf et al. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 761-773. 1985.

DIEKOW, Jeferson & BAYER, Cimélio. **Role of organic matter dynamic in coupling C and N cycles regulating greenhouse gas emission from soils. A comparison between grassland and cropping systems**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROPLIVESTOCK SYSTEMS, Porto Alegre, 2012. Proceedings... Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

EMBRAPA. 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; **A importância da matéria orgânica nos solos tropicais**; EMBRAPA, 2014.

FLORES Carlos Alberto, et al.: **Recuperação da qualidade estrutural, pelo sistema plantio direto, de um Argissolo Vermelho**. Ciência Rural, Santa Maria; v. 38, n.8, p.2164-2172, nov. 2008

GASPARETTO, et al.: **Grau de floculação da argila de um latossolo vermelho utilizado com lavoura e mata nativa**. Synergismus scyentífica UTFPR, Pato Branco, v4 2009

GREENWOOD, K.L. & MCKENZIE, B.M. **Grazing effects on soil physical properties and consequences for pasture.** A review. Aust. J. Exp. Agric., n.41, p.1231-1250, 2001.

INGARAMO, Octavio Enrique. **Indicadores físicos de la degradación del suelo.** La Coruña, Universidade da Coruña, 2003. 298p. (Tese de Doutorado)

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. **Size distribution of aggregates.** In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D. & WHITE, J.L., eds. Methods of soil analysis. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, p.499-509, 1965.

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

LANZANOVA, Mastrângello Enívar. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária.** Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS, Brasil 2005

LOSS, Arcangelo et al. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae** v.1, p. 57-64, 2010

MACEDO, Manuel Cláudio Motta. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009

MACHADO, Luís Armando Zago; BALBINO, Luís Carlos. & CECCON, Gessi. **Integração lavoura-pecuária-floresta. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária.** 110.ed. Dourados, Embrapa. 2011, 48p.

MELLO, C.M.M. **Integração agricultura-pecuária em sistema plantio direto.** In: Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo, 29, 2003 Ribeirão Preto. Resumos expandidos. Viçosa; Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 2003.

MORETI, Dolorice et al. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.167-175, 2007.

MÜLLER Marcelo Marques Lopes et al. 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**, v.25 p.531-538, 2001

REICHERT, José Miguel; KAISER, Douglas Rodrigo; REINERT, Dalvan José. & RIQUELME, F.B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.310319, 2009a

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel.; VEIGA, Milton.; SUZUKI, Luís Eduardo Akiyoshi Sanches. **Qualidade física dos solos.** In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16, 2006. Aracaju, Resumos... Aracaju: SBCS, 2006

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p.

SALTON, Júlio Cesar. et al: Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.32 p.11-21, 2008.

SALTON, Júlio Cesar et al. **Determinação da agregação do solo - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 8p. (Comunicado Técnico, 184)

SANTOS, Leonardo Nazário Silva. et al. Avaliação de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v.26, p.940-947, 2010.

SILVA, Ivandro de França; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.313-319, 1997a.

SILVA, Irene Ferro. & MIELNICZUK João. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.22 p.311-317, 1998.

SOUZA, Zigomar Menezes. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos**. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2000. 127p. (Tese de Mestrado)

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%AAAnese%20e%20Classifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Solos/Textos/Apostila-_Genese_e_Classificacao_do_Solo_graduacao.pdf>. Acesso em: 25/04/2017

WOHLENBERG Emerson V. et al: Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.28 p.891-900, 2004.