



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

CLECI LEOCÁDIA LEDUR

**USO DE PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO OUTONAL E SEU
EFEITO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO
E A PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

CERRO LARGO

2017

CLECI LEOCÁDIA LEDUR

**USO DE PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO OUTONAL
E SEU EFEITO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO
E A PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul como requisito para a obtenção de grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Ledur, Cleci Leocádia

USO DE PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO OUTONAL E SEU EFEITO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E A PRODUTIVIDADE DO TRIGO/ Cleci Leocádia Ledur. -- 2017. 53 f.:il.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Cerro Largo, RS, 2017.

1. Sistema Plantio Direto. 2. Rotação de culturas. 3. Plantas de cobertura de solo. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

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

CLECI LEOCÁDIA LEDUR

**USO DE PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO OUTONAL E SEU
EFEITO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO
E A PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

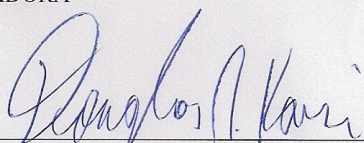
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do *Campus* de Cerro Largo/RS da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser.

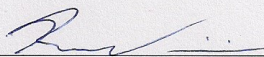
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

23/11/2017

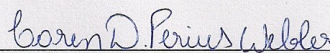
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS



Caren Daiana Perius Webler – Mestranda, UFFS.

Dedico este trabalho ao meu esposo, companheiro de todas as horas, que me incentivou e sempre apoiou minha necessidade de aprender. Ao professor Douglas que inspirou o trabalho em defesa de um manejo conservacionista do solo e aos colegas que ajudaram nos trabalhos.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades disponibilizadas e pela força para superar os obstáculos.

Aos meus pais, Antonio (in memorian) e Elly, pelos valores e ensinamentos passados como, a honestidade, verdade, justiça e o amor pela terra.

À minha família, meu esposo João Adeum Ledur e meus filhos Bruna e João Augusto, pelo apoio incondicional na etapa do estágio longe de casa. Pela paciência com as ausências e pelo cuidado com a casa e serviços que se acumulavam e também pelo auxílio nos trabalhos de implantação e coletas para o TCC.

À UFFS – Campus de Cerro Largo, pela formação acadêmica disponibilizada, aos professores que, com dedicação exercem seu papel de transmitir conhecimentos e de modo especial ao meu orientador, professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser por aceitar orientar minha pesquisa de TCC, pela paciência e pela ajuda nos trabalhos e avaliações que, com certeza, eu não conseguiria sozinha. Aos meus colegas de curso: Lucas Rauber, Anderson Stoelben Machado, Gabriel Adams, Cláudio Cagliari e Guilherme Araújo que auxiliaram nas coletas e avaliações do TCC, meus sinceros agradecimentos.

Aos amigos Clemice, Jonas, Kátia, Kennedy e Lisiane, pela ajuda nos trabalhos e dúvidas, pelo apoio nos momentos de desânimo e pela parceria e risadas nas horas mais leves. E às pessoas especiais que ajudaram nos momentos mais difíceis, meus amigos Cecília Bieger e Cláudio Cagliari. Graças a ajuda deles não desisti quando do acidente que limitou meu deslocamento para a faculdade.

"Visão sem ação não passa de um sonho. Ação sem visão é só passatempo. Visão com ação pode mudar o mundo." (Joel Baker)

RESUMO

Em solos tropicais é necessário a produção de 8 a 12 toneladas de massa seca para um manejo conservacionista do solo no intuito de manter a matéria orgânica do mesmo, o que a sucessão soja e trigo não produz. Ocorrem janelas de pousio entre as culturas de soja/trigo e soja/milho que poderiam ser aproveitadas. Nesse trabalho se buscou avaliar diferentes espécies de cobertura para o período outonal quanto ao seu potencial em recuperar atributos físicos do solo, produção de massa seca, e influenciar a produção da cultura sucessora em um Latossolo Vermelho. O experimento foi conduzido em área de lavoura sob plantio direto no município de Cerro Largo, RS, onde foram implantadas as espécies de cobertura feijão de porco, crotalárias juncea e spectabilis, mucuna, nabo, guandu, milheto e pousio em quatro repetições. Foram avaliados os parâmetros: estabilidade de agregados nas camadas 0 – 0,10 m; densidade, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e grau de compactação nas camadas de 0,00–0,10 m; 0,10 – 0,20 m; 0,20 – 0,30 m, nas linhas das culturas; massa seca e relação C/N das espécies de cobertura; MS, produção de grãos e peso hectolitro do trigo com (80 kg ha⁻¹) e sem N em cobertura em sucessão aos tratamentos das plantas de cobertura. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias ao teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Na produção de MS, o milheto teve a maior produção e a mucuna a menor. Nos parâmetros físicos não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados. Na produção de massa seca do trigo nas parcelas com Nitrogênio em cobertura, o guandu, a mucuna, a crotalária spectabilis influenciaram no incremento da mesma e nas parcelas sem Nitrogênio em cobertura, a mucuna foi o melhor tratamento. A produtividade de grãos de trigo no tratamento com N foi menor na parcela com o pousio e maior no guandu, porém sem diferir da mucuna, feijão de porco, crotalária spectabilis e nabo. Nas parcelas sem N, o milheto e o pousio influenciaram na menor produção de grãos diferindo das demais. O PH do trigo foi diretamente influenciado pela aplicação de N no florescimento pois os tratamentos sem aplicação obtiveram peso inferior aos outros.

Palavras-chave: Manejo conservacionista. Sistema plantio direto. Recuperação do solo. Massa seca.

ABSTRACT

In tropical soils it is necessary to produce 8 to 12 tons of dry mass for a conservationist management of the soil in order to maintain the organic matter of the same, what the succession soybean and wheat does not produce. Fallow windows occur between soya / wheat and soy / corn crops that could be harnessed. This study sought to evaluate different cover species for the autumnal period in terms of their potential to recover physical soil attributes, dry mass production, and to influence the production of the successor crop in a Oxisol. The experiment was conducted in crop under no-tillage area in the city of Cerro Largo, RS, Brazil, where the species of cover were implanted: *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Mucuna nivea*, *Cajanus cajan*, *Pennisetum glaucum*, *Raphanus sativus*, and fallow in four replications. The following parameters were evaluated: stability of aggregates in the 0 – 0,10 m layers; density, macroporosity, microporosity, total porosity and degree of compaction in the 0,00- 0,10 m layers; 0,10-0,20 m; 0,20 – 0,30 m, in the crop lines; dry mass and C/N ratio of cover species; dry matter, grain yield and hectoliter weight of wheat with (80 kg ha⁻¹) and without N in cover in succession to treatments of cover plants. The results were submitted to the Scott-Knott test at 5% probability of error. In the production of Dry Matter, *Pennisetum glaucum* had the highest production and *Mucuna nivea* had the lowest. In the physical parameters there was no statistical difference between the analyzed treatments. In the production of wheat dry matter in the Nitrogen covered plots, *Cajanus cajan*, *Mucuna nivea*, *Crotalaria spectabilis* influenced in the increase of the same and in plots without Nitrogen in cover, *Mucuna nivea* was the best treatment. The grain yield of wheat in Nitrogen treatment was lower in the fallow and larger in the *Cajanus cajan*, but without differing from *Mucuna nivea*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria spectabilis* and *Raphanus sativus*. In the Nitrogen-free plots, *Pennisetum glaucum* and fallow influenced the lower grain production differing from the others. The PH of the wheat was directly influenced by the application of N at flowering, since the treatments without application obtained lower weight than the others

Keywords: Conservation management. No-tillage system. Soil recovery. Dry mass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Imagem aérea do experimento com as plantas de cobertura implantadas	25
Figura 2- Plantas de cobertura: Feijão de porco (A), crotalaria juncea (B), crotalaria spectabilis (C) e mucuna cinza (D) uma semana antes da dessecação.....	26
Figura 3- Plantas de cobertura: Nabo (E), milho (F), guandu (G) e pousio (H) uma semana antes da dessecação.....	27
Figura 4- Preparo das amostras indeformadas de solo em laboratório para análise de densidade, porosidade total, micro e macro, com limpeza das amostras (A), submetidas a mesa de tensão (B), pesagem (C) e após secagem em estufa (D).....	29
Figura 5- Análise da estabilidade e tamanho dos agregados. Separação dos agregados no ponto de ruptura (A), secagem (B) e submetidos ao oscilador vertical (C).....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades físicas na camada de 0,00 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto.	34
Tabela 2- Propriedades físicas na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto	34
Tabela 3- Propriedades físicas na camada de 0,20 a 0,30 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto	35
Tabela 4- Diâmetro Médio Ponderado e Diâmetro Médio Geométrico.....	36
Tabela 5- Porcentagem dos agregados por classes na camada de 0,00 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto.	37
Tabela 6- Massa seca, carbono e nitrogênio das plantas de cobertura.....	39
Tabela 7- Massa seca da parte aérea do trigo	40
Tabela 8- Produtividade do trigo	41
Tabela 9- Peso hectolitro (PH) do trigo	42
Tabela 10- Produção de massa seca nos dois cultivos (Plantas de cobertura e trigo).	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	O SOLO.....	14
2.1.1	Degradação química	14
2.1.2	Degradação biológica.....	14
2.1.3	Degradação física	15
2.1.4	Indicadores de qualidade física do solo	15
2.1.4.1	Densidade	15
2.1.4.2	Porosidade	16
2.1.4.3	Estabilidade dos agregados	16
2.2	SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	17
2.2.1	Plantas de cobertura de solo	19
2.3	TRIGO	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	PARÂMETROS FÍSICOS	33
4.2	MASSA SECA, CARBONO E NITROGÊNIO DAS PLANTAS DE COBERTURA	38
4.3	MASSA SECA, PRODUTIVIDADE E PH DO TRIGO.....	39
4.4	PRODUÇÃO DE MASSA SECA NO PERÍODO	42
5	CONCLUSÕES.....	44
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXO I.....	51

1 INTRODUÇÃO

O solo como um sistema complexo, tem sido estudado e interpretado de maneira diferente à medida que os estudos à cerca do mesmo evoluem. Vieira (1988, pg. 8) o classifica como “(...) a superfície inconsolidada que recobre as rochas e que mantém a vida animal e vegetal da Terra, constituído de camadas que diferem pela natureza física, química, mineralógica e biológica (...)”. Em sua gênese, o solo é o resultado da ação conjunta de agentes intemperizantes sobre a rocha de origem durante milhões de anos (VIEIRA, 1988).

Sendo o solo de vital importância para a manutenção da vida na Terra, sua conservação se tornou preocupação dos estudiosos da área e esforços para incorporar técnicas de manejo conservacionistas ao manejo agrícola foram empreendidos na busca de soluções para a crescente degradação das áreas agrícolas. Nesse somar de forças surgiu o Sistema Plantio Direto (SPD), fartamente defendido e difundido no Rio Grande do Sul (RS) a partir de 1993 através do Projeto METAS “Viabilização e difusão do Sistema Plantio Direto no Rio Grande do Sul” (DENARDIM, 1998) que pode ser definido como o sistema de produção que tem por fundamentos básicos de manejo do solo o não-revolvimento do solo (apenas a mobilização na linha de semeadura); a manutenção de cobertura morta (palha) sobre o solo; a rotação de culturas (PECHE, 2005); e o uso de práticas conservacionistas complementares como o cultivo em nível, cobertura vegetal e uso de terraços, o que torna o SPD “(...) um mecanismo de transformação, de reorganização e de sustentação do sistema de produção agropecuária.” (DENARDIN, 1998, pg.12).

Segundo Peche Filho (2005), o manejo de cobertura do solo é o principal fator do sucesso do SPD, mantendo o solo agrícola protegido do impacto da chuva evitando a erosão, o selamento e a formação de crostas superficiais que dificultam a infiltração e diminuindo o escoamento de água na superfície. Essa cobertura é obtida fazendo rotação de culturas de espécies diferentes, com sistema radicular diverso e seus resíduos devem ser manejados e deixados na superfície para lenta degradação. A manutenção da palhada também contribui para uma menor incidência de plantas daninhas, particularmente as fotoblásticas positivas.

O uso de plantas com sistema radicular abundante e profundo e alta produção de massa seca auxilia na redução da compactação promovida pelo tráfego de máquinas em condições de maior umidade do solo. Isso se justifica pelo fato de que as raízes das plantas podem formar canais (poros) contínuos pelos quais as raízes das culturas em sucessão podem crescer, melhorando a absorção de água e nutrientes em camadas subsuperficiais. (MORAES et al.,

2016). Tem-se conhecimento que o uso dessas plantas traz grandes benefícios para o sistema, contribuindo para a sustentabilidade do mesmo. É uma prática que resulta numa melhor conservação do solo, reduzindo a erosão, propiciando efeitos positivos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de uma economia nos fertilizantes nitrogenados (FORNASIERI,2008) no caso das leguminosas. Tomando como exemplo o trigo que é uma cultura altamente exigente em Nitrogênio (N), o mesmo se torna beneficiário da fixação biológica de N da cultura antecessora, no caso de plantas da família *Fabaceae*, ou pode ser prejudicado com a imobilização do N pelas bactérias decompositoras no caso de a cultura antecessora ter sido uma gramínea.

O uso das plantas de cobertura é muito reduzido na região das Missões, restringindo-se ao intervalo entre a colheita da soja (*Glycine max*) em meados de abril e a semeadura do milho (*Zea mays*) na segunda quinzena de julho. Os intervalos entre soja/trigo (*Triticum aestivum*) e milho safra/trigo não são aproveitados para a implantação dessas culturas deixando assim o solo descoberto e a mercê das plantas invasoras. Quanto as espécies cultivadas, usa-se basicamente o nabo (*Raphanus sativus*), a aveia (*Avena sativa*) ou a ervilhaca (*Vicia sativa*). Outras espécies não são usadas e também são difíceis de encontrar no comércio local.

O objetivo desse experimento foi o de avaliar a influência de diferentes espécies de plantas de cobertura nos atributos físicos do solo, na produtividade da cultura subsequente, na produção de biomassa assim como suas características de implantação através da avaliação da densidade, porosidade total e estabilidade dos agregados do solo; massa seca, carbono e nitrogênio orgânico das plantas de cobertura; produtividade, massa seca e peso hectolitro (PH) do trigo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O SOLO

O solo é um elemento fundamental à manutenção da biosfera terrestre apresentando propriedades químicas, físicas e biológicas que se interligam em uma relação estreita, sendo que haverá desequilíbrio no meio se houver qualquer alteração de uma das partes que afetará a outra (CERETTA; AITA, 2009). Ainda segundo os mesmos autores:

De acordo com dados do Banco Mundial, a degradação dos solos utilizados na agricultura ocorre a uma taxa de 0,1% ao ano. Dados fornecidos pela Food American Organization (FAO) indicam uma perda de cinco milhões de hectares de terras aráveis por ano, ocasionada pelo mau uso do solo pela agricultura, além das secas, da pressão populacional e de outras ações antrópicas de destruição dos recursos naturais (CERETTA; AITA, 2009, p. 5).

2.1.1 Degradação química

A degradação química ocorre quando mudanças nas propriedades químicas do solo levam à perda na sua capacidade produtiva. As formas de degradação química são a perda de nutrientes através da remoção pelas culturas, volatilização, imobilização, lixiviação, perda de matéria orgânica pela erosão e pelo fogo, desbalanço de nutrientes, salinização, acidificação e poluição do solo (CERETTA; AITA, 2009). A manutenção de cobertura vegetal na superfície do solo além de promover a ciclagem e reciclagem de nutrientes, provê um aporte substancial de matéria orgânica ao sistema, melhorando com isso as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

2.1.2 Degradação biológica

A degradação biológica é a primeira a ocorrer com o mau uso do solo e os atributos biológicos são os últimos a ser recuperados. Ocorre quando o solo não mantém um habitat de qualidade para promover a vida dos organismos benéficos do solo. A micro, meso e macro fauna, comunidade de invertebrados que vivem permanentemente no solo ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo (ASSAD, 1997), necessita de solos com teores elevados de matéria orgânica, como ocorre nos solos manejados sob plantio direto que favorecem todos os organismos, pelo maior aporte de carbono e nutrientes. O plantio convencional, pela intensa mecanização e alta perda de matéria orgânica, é nocivo à biota do solo. Solos com alto teor de

matéria orgânica apresentam alta atividade biológica com complexas redes tróficas o que contribui para boa fertilidade do sistema agrícola (CALEGARI, 2014).

2.1.3 Degradação física

Além da degradação química e biológica, o mau uso do solo provoca também a degradação física do mesmo ocasionando perda ou transformação de suas propriedades físicas que são de extrema importância no desenvolvimento das culturas. A degradação da estrutura faz com que o solo perca as condições ideais para o desenvolvimento vegetal e expõe a superfície a erosão (ALBUQUERQUE et al, 1995). As principais formas de degradação física do solo são o selamento superficial, compactação e adensamento, danos à estrutura, alterações na porosidade e permeabilidade, erosão, inundação e drenagem de áreas.

O selamento superficial ocorre com o impacto da água da chuva no solo descoberto promovendo a diminuição da rugosidade superficial e a formação de uma fina camada adensada na superfície que reduz a infiltração de água e com isso facilita o escoamento superficial e a erosão (KLEIN, 2012; CERETA; AITA, 2009). A compactação e o adensamento das camadas do solo causam alteração na porosidade total do mesmo diminuindo assim a infiltração de água, sua permeabilidade e conseqüentemente a capacidade de retenção em seu perfil (MORAES et al., 2016). Com a diminuição da infiltração, a água da chuva escoia sobre a superfície causando o principal fator de degradação, tanto química, como física e biológica do solo que é a erosão. Com esse escoamento de água ocorre o arrastamento do material orgânico da superfície levando consigo os nutrientes necessários às plantas e grande quantidade de solo causando danos à estrutura física do mesmo e ainda contaminando recursos hídricos e assoreando rios e córregos (UFMS, 2009).

2.1.4 Indicadores de qualidade física do solo

2.1.4.1 Densidade

A densidade do solo é uma das propriedades físicas do solo mais afetadas pelo manejo que altera a estrutura, o arranjo e o volume dos poros. A alteração da densidade pode ter causas naturais como a eluviação de argilas ou causadas pelo intenso tráfego de máquinas ou animais sobre o solo. Essa compactação diminui o espaço dos poros aproximando as partículas sólidas e assim, conseqüentemente aumenta sua densidade (KLEIN, 2012).

2.1.4.2 Porosidade

A porosidade de um solo se constitui dos espaços não ocupados pela parte sólida do mesmo e sim por ar e água. Sua importância consiste no fato de através dos poros ocorrer a transferência de líquidos, gases, nutrientes e toda a atividade biológica. Além disso, ela é responsável pela capacidade de retenção de água de um solo, dependendo do diâmetro dos seus poros e da comunicação entre eles. Um solo com sistema de poros eficiente, permite infiltração a grandes profundidades fornecendo reserva de água para nascentes e plantações (SILVA, 2012; KLEIN, 2012). A porosidade é afetada diretamente pela compactação promovida pelo intenso tráfego de máquinas e animais em condições de alta umidade (KLEIN, 2012).

2.1.4.3 Estabilidade dos agregados

Agregados compõem a estrutura do solo e são de vital importância na porosidade, aeração e na infiltração de água, agindo no crescimento das plantas e no aumento da população microbiana (BASTOS et al., 2005). Vários são os fatores que agem sobre a estabilidade dos agregados do solo como o teor de MO, estrutura, textura, densidade, porosidade, efeito das raízes das plantas pela liberação de exsudatos no solo, ação dos organismos do solo pela formação de hifas, e também características do relevo. Porém com a diminuição do teor de matéria orgânica ocorre o aumento da instabilidade dos agregados (GUERRA, 2012). Se a estabilidade dos agregados for baixa, eles se rompem com facilidade aumentando a erodibilidade do solo (SILVA, 2012). Guerra (2012) defende que a ruptura dos agregados é o primeiro fator a desencadear o processo erosivo desestabilizando os demais fatores estruturais do solo.

A estabilidade estrutural mede de resistência dos agregados, em face da ação da água (SILVA, 2012). Essa resistência é maior em solos ricos em MO, cátions bi e trivalentes e hidróxidos na composição o que aumenta a estabilidade dos mesmos pelo efeito cimentante das substâncias produzidas.

Diante disso, Denardin et al., (2011) afirmam que a estrutura e a fertilidade de um solo são dependentes da atividade biológica e da quantidade, qualidade e frequência do material orgânico aportado ao solo pelo modelo de produção.

Um sistema agrícola estável necessita que se mantenham as condições físicas do solo, se adicionem os nutrientes que a cultura necessite e que se controle a erosão de forma efetiva.

A manutenção de cobertura com resíduos de culturas além de prevenir a erosão, mantém o conteúdo de MO permitindo a sustentabilidade das culturas (ALBUQUERQUE et al, 1995)

2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O uso de plantio sem preparo de solo teve seu início com a agricultura e foi praticado até a invenção do arado, sendo o plantio das sementes realizado em covas abertas com varas de madeira (DENARDIM et al., 2011). O plantio direto voltou a ser uma necessidade com a degradação física, química e biológica dos solos através da intensa mobilização do mesmo com o uso de maquinário e a sucessão soja e trigo devido à alta valorização da soja no mercado agrícola. Esse binômio de culturas produziu a euforia de ser um negócio muito rentável num primeiro momento, porém se tornou a principal causa de degradação dos solos do Rio Grande do Sul pela falta de técnicas de conservação eficientes onde, com frequência se fazia a queima da palhada do trigo para melhor implementação da cultura da soja, isso quando não se fazia o monocultivo de soja deixando o solo sob pousio durante o inverno. A partir da década de 1970, além da manutenção dos terraços como técnica conservacionista, incorporou-se a manutenção dos restos culturais na lavoura, o preparo reduzido, o cultivo mínimo e o fim do pousio de inverno como práticas de conservação do solo (DENARDIN, 1998; TIECHER; MINELLA, 2015). A necessidade de se aprofundar as técnicas de conservação do solo fez com que a técnica do plantio direto criada nos Estados Unidos fosse trazida para o Brasil. O trigo foi a espécie precursora a ser semeada com semeadora com mobilização apenas na linha de semeadura em Kentucky, EUA. As motivações para a implantação do Sistema Plantio Direto foram o controle da erosão (hídrica e eólica), maior aproveitamento da terra, redução de mão-de-obra, tempo, insumos e combustíveis, menor custo de manutenção de máquinas agrícolas, e menor impacto sobre o ambiente (DENARDIN et al., 2011).

O marco da introdução do Plantio Direto no Brasil foi em 1969 quando dois professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) semearam um hectare de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) sem preparo de solo com a palha da cultura anterior. Este sistema trazido dos Estados Unidos se mostrou insuficiente para um manejo conservacionista em solos tropicais e subtropicais, por isso aliou-se aos princípios iniciais, práticas conservacionistas complementares como a rotação e diversificação de culturas, semeadura em contorno ou faixas e manutenção permanente de cobertura vegetal iniciando-se assim o Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil.

Segundo Moraes et al, (2016):

“O uso do SPD, quando manejado seguindo os seus princípios básicos de mínimo revolvimento, manutenção do solo permanentemente coberto e rotação de culturas, constitui-se um complexo tecnológico capaz de garantir a conservação do solo e da água nos solos brasileiros (MORAES et al, 2016, p. 35).”

No início da década de noventa, a implantação do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas e a criação do Clube Amigos da Terra alavancou a difusão do Sistema Plantio Direto e a prática do uso de rotação de culturas para cobertura do solo principalmente no inverno em substituição ao pousio no Rio Grande do Sul. Na ocasião se preconizou também um trabalho de pesquisa para a resolução dos entraves que se fizeram notar para a implantação do SPD em sua totalidade: a indisponibilidade de semeadoras adequadas para o plantio direto; a falta de domínio técnico das empresas de assistência técnica e a necessidade de ajustes das tecnologias do processo através da criação do Projeto METAS “Viabilização e difusão do sistema plantio direto no Rio Grande do Sul que se desenvolveu em parceria entre em presas públicas e privadas que de forma generalizada implementaram ações de difusão ou divulgação do SPD (DENARDIN, 1998).

Segundo Tiecher e Minella (2015):

O SPD foi concebido, na sua essência, baseado em alguns princípios básicos como a redução ou eliminação do revolvimento do solo, a manutenção da cobertura do solo com resíduos de plantas ou plantas vivas para evitar o impacto das gotas de chuva, a diversificação de culturas em rotação, sucessão e/ou em consórcio para adição de matéria orgânica para o aumento da estabilidade de agregados e maximização da infiltração, e o uso de medidas mecânicas de controle de escoamento superficial mecânicas para conservação do solo (TIECHER; MINELLA, 2015, p. 127).

Esses princípios não estão sendo seguidos em sua íntegra, pois não se mantém a prática do colher/semear para manter a cobertura vegetal e em muitas propriedades as medidas mecânicas de controle do escoamento superficial já não fazem parte das práticas conservacionistas complementares. A única prática adotada é o não revolvimento do solo o que descaracteriza totalmente o SPD pois sem o “(...) sinergismo entre os elementos básicos do SPD, compromete-se a conservação do solo, diminuindo a sustentabilidade” (TIECHER; MINELLA, 2015, p. 128).

A mobilização do solo apenas na linha de semeadura contribuiu para a redução de custos na agricultura pela demanda por máquinas de menor potência, menor número de operações, menor consumo de combustíveis, diminuição de despesas de manutenção de máquinas, menor necessidade de mão de obra, além de contribuir para a redução de perdas de solo e nutrientes pela erosão.

Um dos princípios básicos do SPD é a prática da rotação de culturas que se traduz segundo Fornasieri (2008), em uma sequência ordenada de diferentes culturas no tempo e no espaço com o objetivo de fornecer matéria orgânica ao solo, proteger a superfície diminuindo as perdas por erosão, controlar plantas invasoras e quebrar o ciclo de pragas e doenças, melhorar o aproveitamento dos nutrientes através da ciclagem (FORNASIERI, 2008; MORAES et al., 2016). A rotação de culturas quando bem implementada, com elevada diversificação de espécies traz contribuições relevantes ao sistema como a diversificação de renda, melhoria na fertilidade do solo e solucionando alguns problemas com pragas, doenças ou no controle de plantas espontâneas pelo estabelecimento de maior variedade de organismos vivos e da competição entre os mesmos (DENARDIN, 1998).

Para planejar a sequência de uma rotação de culturas deve-se considerar o potencial de produtividade do sistema, o histórico da área em fertilidade, suscetibilidade a patógenos, pragas, doenças e plantas daninhas de ocorrência no sistema e equipamentos disponíveis para a implantação e o manejo das culturas (DENARDIN et al, 2011). Os mesmos autores recomendam que rotação deve incluir plantas de espécies e famílias diferentes, sistema radicular diverso, e diferenciado grau de suscetibilidade a pragas e doenças para assim ser possível quebrar o ciclo de patógenos contribuindo para a redução do uso de insumos e a sustentabilidade do sistema.

2.2.1 Plantas de cobertura de solo

O uso de plantas como adubo remonta a antiguidade quando as plantas eram usadas por diferentes civilizações para diversificação e como uma forma de melhorar o potencial produtivo e a fertilidade do solo (CALEGARI, 2014). No Brasil a adubação verde é utilizada há pelo menos cem anos. Em 1919 foi publicado o livro “Adubos verdes: sua produção e modo de emprego” de Gustavo Rodrigues Pereira D’Utra onde ele relata os benefícios dessa técnica agrícola milenar. Desse modo, vários autores contribuíram com a literatura nacional escrevendo sobre vários tipos de plantas de cobertura, suas aplicações e benefícios. Com a introdução da Revolução Verde no Brasil e o estímulo à adubação química, viu-se um desinteresse pela adubação verde nas décadas de 1960 e 1970, sendo a matéria orgânica considerada desnecessária ao sistema produtivo. Nas décadas de oitenta e noventa houve a retomada dos estudos sobre a adubação verde por institutos de pesquisa como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR); Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e a Coordenadoria de

Assistência Técnica Integral (CATI), com a publicação de boletins técnicos divulgando os resultados de pesquisas realizadas com diferentes espécies de plantas. Já a partir do século XXI, a adubação verde se torna ferramenta de sustentabilidade ao sistema de produção agrícola agindo como cobertura verde aliada ao sistema de plantio direto através de seu viés de prática conservacionista do solo (ROSSI; CARLOS, 2014).

Esta ligação direta das plantas de cobertura com o Sistema Plantio Direto se dá por seu papel na rotação de culturas, na produção de palhada e na manutenção de cobertura vegetal sobre a superfície. Seu uso pode ser tanto intercalado entre as culturas de interesse econômico como em consórcio com as culturas anuais ou perenes (SALOMÃO, 2012). Elas trazem inúmeros benefícios ao sistema de produção pois segundo Redin et al. (2016, p. 7) seus resíduos deixados sobre o solo “(...) promovem a recuperação, manutenção e/ou melhoria das propriedades químicas, físicas e principalmente biológicas do solo”. Os resíduos das plantas de cobertura de solo são as principais formas de entrada do carbono orgânico no solo, proporcionando nitrogênio através da fixação biológica de algumas espécies de Fabaceae o que pode incrementar a produção da cultura subsequente (REDIN et al., 2016; FORNASIERI, 2008; AMABILE; CARVALHO, 2014). Denardin (1998) diz que a presença dos resíduos culturais na superfície do solo reduz a evaporação da água e diminuem a temperatura do solo o que se mostra favorável ao desenvolvimento das plantas.

Segundo Calegari (2014), o uso de plantas melhoradoras do solo tem demonstrado grande potencial de proteção e recuperação da capacidade produtiva de diferentes solos agrícolas. Além de conservar e melhorar a fertilidade dos solos, algumas plantas podem ser usadas como alimento para os animais, produzir grãos de interesse econômico, e ainda contribuir para o aumento da biodiversidade de organismos antagônicos, inimigos naturais, diminuindo assim a pressão de pragas ou doenças (PRIMAVESI, 2002). Klein (2012) diz que é possível comprovar o efeito benéfico que a presença dos restos culturais na superfície do solo representa na redução das perdas de solo, e Denardin et al (2011, p. 204), afirma que “a cobertura do solo apresenta potencial para dissipar até 100% a energia erosiva das gotas da chuva(...)”.

As espécies de plantas escolhidas para a produção de palhada devem apresentar algumas características como: produzir grande volume de matéria seca, ser de fácil manejo, ter sistema radicular profundo e vigoroso e elevada taxa de crescimento, estar adaptada à região, não infestar a lavoura e apresentar resistência ao frio ou seca (FORNASIERI, 2008). As leguminosas são as mais divulgadas devido a simbiose com as bactérias fixadoras de nitrogênio que possibilita reduzir a adubação nitrogenada da cultura subsequente, porém espécies como as

gramíneas (poáceas) ou crucíferas também são utilizadas nessa prática trazendo benefícios ao sistema (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

A produção de matéria seca de uma planta é diretamente proporcional ao acúmulo de Carbono na parte aérea. A alta produção de matéria seca aliada a alta relação C/N concede às *Poaceae* uma vantagem em relação as leguminosas pois a lenta decomposição favorece a incorporação de Carbono ao solo. Já o acúmulo de Nitrogênio é dependente da espécie, sendo que as *Fabaceae* levam vantagem sobre as demais pelo acúmulo e ainda pela fixação de Nitrogênio. Além da parte aérea, o sistema radicular das plantas de cobertura também colabora com a incorporação de carbono ao solo sendo que, segundo Redin et al. (2016), as gramíneas produzem 1,6 vezes mais matéria seca de raízes que as espécies não *Poaceae* o que prova que, mesmo em menor quantidade que a parte aérea das plantas, as raízes tem importante papel na produção de MS, acúmulo de C e N e enorme “(...)potencial de ciclagem de nutrientes, e melhoria da qualidade física, química e principalmente biológica do solo” (REDIN et al, 2016, p. 17).

A dinâmica do fósforo no solo está altamente ligada a dinâmica da matéria orgânica. As plantas não comerciais têm diferentes habilidades em absorver formas de fósforo (P) não lábil do solo e favorecer a ciclagem do mesmo através da relação raiz/parte aérea ou a espécie pode interferir na população de organismos que solubilizam o P do solo, porém essa habilidade varia de acordo com a espécie vegetal e o ambiente na qual está inserida. Mesmo em solos pobres em P lábil algumas plantas têm capacidade de absorvê-lo e disponibilizá-lo em seus resíduos. Porém, o uso de plantas de cobertura não pode ser visto como uma alternativa ao uso de P por meio de fertilizantes comerciais, mas como técnica de reaproveitamento do P existente no solo (CASALI, 2016).

Primavesi (2002) recomenda a rotação de culturas e o uso de plantas de cobertura como prática apropriada para o manejo ecológico do solo pela melhoria na qualidade biológica do solo e também para o controle de pragas e doenças como é o caso dos nematoides fitopatogênicos com o cultivo da crotalaria como falso hospedeiro. A pesquisadora ainda chama a atenção para a melhoria da qualidade química do solo com a mobilização de nutrientes como o Nitrogênio por fixação simbiótica e massa verde rica em N; pelo fósforo mobilizado pelas raízes de leguminosas para formas de fácil absorção; pelo potássio mobilizado por capins de porte alto ou ainda o cálcio mobilizado por leguminosas como o tremoço, podendo dessa forma reduzir o uso de adubos comerciais.

A estrutura do solo também é beneficiada diretamente pelas raízes das plantas que por meio de suas excreções atuam na agregação das partículas de solo e em sua estabilidade. A raiz

também tem o poder de romper as camadas adensadas do solo e abrir caminhos para a infiltração de água e ar entre os agregados (PRIMAVESI, 2002).

O material orgânico disposto sobre o solo também inibe a germinação de plantas espontâneas devido a barreira física que se forma sendo que a consorciação de *Fabaceae* e *Poaceae* potencializa esse efeito supressor. Além desse impedimento químico ao crescimento de invasoras, algumas plantas têm efeito alelopático sobre algumas invasoras através dos componentes liberados na decomposição que podem causar alterações fisiológicas ou morfológicas na planta. Como exemplo temos os resíduos de nabo forrageiro que inibem o papuã (*Brachiaria plantaginea*) e controlam espécies do gênero *Bidens sp.* em lavouras de milho, a aveia preta que prejudica o papuã e o feijão de porco e mucuna que prejudicam o desenvolvimento da tiririca (*Cyperus rotundus*), (REDIN et al., 2016)

Entre as espécies que podem ser usadas no Rio Grande do Sul no período do verão/outono estão as leguminosas crotalárias juncea (*Crotalaria juncea*) e espectabilis (*Crotalaria spectabilis*), o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), a mucuna cinza (*Mucuna nivea*) e o guandú (*Cajanus cajan*); o milheto (*Pennisetum glaucum*) como gramínea e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) como crucífera.

A crotalária juncea é uma leguminosa de ciclo anual, de caule ereto, semilenhoso de crescimento determinado podendo chegar a 3 metros de altura. Crescimento inicial vigoroso, raiz pivotante, responde ao fotoperíodo podendo encurtar o ciclo com redução de biomassa se a semeadura for no final da época ideal (BURLE et al, 2006). Pode produzir de 4 a 15 toneladas ha^{-1} de massa seca (MS) e fixar de 150 a 450 kg de N ha^{-1} (REDIN et al, 2016; WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

A crotalária espectabilis é leguminosa anual de talo ereto, raiz pivotante, crescimento inicial lento, podendo chegar a 1,5 metro de altura (BURLE et al, 2006). Tem rendimento de fitomassa inferior as outras crotalárias pode produzir de 4 a 6 toneladas ha^{-1} de MS e fixar de 60 a 150 kg de N ha^{-1} (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014). As duas crotalárias são utilizadas como planta armadilha para nematoides fitopatogênicos (REDIN et al, 2016).

A mucuna cinza é uma *Fabaceae* indicada para recuperar solos degradados. Pode fixar até 250 kg ha^{-1} de N e produzir até 8 ton. de MS ha^{-1} WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014; REDIN et al, 2016).

O feijão de porco é uma *Fabaceae* de folhas grandes e crescimento rápido, de baixo porte, com grande potencial de fixação de N podendo chegar a 250 kg ha^{-1} (REDIN et al, 2016) e produzir até 8 toneladas de MS ha^{-1} (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014; REDIN et al, 2016).

O guandú é uma Fabaceae de porte baixo, entre 1 e 1,2 metros, bom desenvolvimento de raiz pivotante, fixa até 200 kg ha⁻¹ de N e produz até 10 ton. ha⁻¹ de massa seca (MS) (REDIN et al, 2016; WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

O milheto é uma Poaceae utilizada para adubação verde, cobertura morta e pastejo de animais, podendo reduzir nematoides. Tem elevada tolerância à seca, de rápido crescimento, alta capacidade de extração e reciclagem de nutrientes e a boa produção de MS até 15 ton. ha⁻¹ (REDIN et al, 2016; WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

O nabo forrageiro é uma Brassicaceae, conhecida pela capacidade em descompactar o solo através de suas raízes vigorosas. O nabo produz na parte aérea de 3.500 kg ha⁻¹ a 8.000 kg ha⁻¹ de massa seca (REDIN et al, 2016).

A produtividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola estão relacionadas com a quantidade e a qualidade de resíduos culturais produzidos na rotação, sucessão ou consórcio de diferentes espécies.

Denardin (1998) assegura que a manutenção dos resíduos culturais sobre o solo, associada à mobilização apenas na linha de semeadura e a rotação de culturas facilita o manejo das plantas daninhas e é o fator responsável pela recuperação e manutenção das propriedades físicas do solo.

O conjunto de tecnologias do SPD implementadas em sua totalidade só traz ganhos ao produtor e ao sistema agrícola pois necessita de menor infraestrutura de máquinas, equipamentos, força de trabalho e combustíveis; aumenta a atividade biológica do solo, minimiza a erosão, favorece a estrutura do solo e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, otimiza o uso de fertilizantes, reduz a taxa de mineralização da MO e estabelece um sincronismo das formas de vida presentes no sistema (DENARDIN et al, 2011).

Em síntese, o plantio direto implantado nessas bases é um sistema de produção que além da máxima rentabilidade, busca a sustentabilidade do sistema agrícola através da “(...)maximização dos fatores do ambiente e solo, sem, contudo, degradar os recursos naturais” (DENARDIN, 1998).

2.3 TRIGO

O trigo (*Triticum sp.*) é uma planta anual, gramínea da família *Poaceae* e está presente há cerca de 10 mil anos na história da humanidade. Quando o homem começou a criar animais e a plantar, o trigo estava entre os cereais cultivados. Seu cultivo começou na Mesopotâmia, na região do Crescente Fértil, área que hoje vai do Egito ao Iraque (ABITRIGO; FORNASIERI,

2008). De lá ele se espalhou pelo mundo sendo conhecido pelos chineses a mais de 2000 anos antes de Cristo. Segundo a história, Marco Polo levou o macarrão da China para a Itália no século XIII. Em 1534 chegou ao Brasil trazido por Martim Afonso de Souza (ABITRIGO). O *Triticum aestivum*, do qual deriva o pão que alimenta grande parte da humanidade é de maior distribuição geográfica no mundo (FORNASIERI, 2008). Atualmente o trigo é o segundo cereal mais consumido no mundo (FORNASIERI, 2008; MORI; IGNACZAK, 2011) com expectativa de produzir 729,22 milhões de toneladas durante a safra 2016/17 segundo relatório da USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) divulgado em 12/07/2016 (USDA... 2016).

Para que o trigo desenvolva seu potencial produtivo é necessário um fornecimento adequado de Nitrogênio (N), (FONTOURA et al, 2015), pois um suprimento inadequado de N constitui-se de fator limitante do rendimento devido ao nitrogênio desempenhar importante papel nos processos bioquímicos da planta (FORNASIERI, 2008). As fontes de Nitrogênio para o trigo são a Matéria Orgânica (MO), os resíduos da cultura antecessora e o N mineral. Fontoura et al (2015) defendem que a MO é a principal fonte de N para as culturas e o seu teor no solo serve de referência na indicação da dosagem mineral utilizada. A cultura que antecede o trigo também influencia sua disponibilidade devido ao tipo de palhada produzida, que pode indicar a imobilização ou a mineralização de Nitrogênio no processo de decomposição da planta dependendo de sua relação C/N (FORNASIERI, 2008; PIRES et al., 2011). Como cultura antecessora ao trigo recomenda-se uma leguminosa pela sua capacidade de fixação de N do ar por simbiose acarretando assim uma diminuição da adubação nitrogenada (FORNASIERI, 2008).

Para a obtenção de um alto rendimento na cultura do trigo, a aplicação de N na dose e momento adequados são fundamentais. A produção é dependente de três componentes de rendimento que são influenciados pelo nitrogênio. O número de espigas por hectare, número de grãos por espiga e peso do grão. O número de espigas por hectare depende da densidade de semeadura e do perfilhamento, sendo o mesmo influenciado por fatores ambientais e pela síntese de citoquininas que é estimulada pelo nitrogênio. O número de grãos por espiga é definido pela disponibilidade de potássio e nitrogênio e pela giberelina e o peso de grãos depende da assimilação de fotossintatos pelas folhas em planta bem suprida por N (FORNASIERI, 2008, p. 239). Doses elevadas de N em cobertura devem ser fracionadas em duas aplicações em momentos críticos para a cultura, ou seja: no início da emissão de perfilhos e no alongamento até a emissão da folha bandeira quando a taxa de absorção é maior (WIETHÖLTER, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em área de lavoura conduzida sob plantio direto, localizada na Linha São João, zona rural do município de Cerro Largo/RS (Figura 1), com as seguintes coordenadas geográficas: latitude $28^{\circ} 05'32.13''S$, longitude $54^{\circ} 45'39.42''O$ e altitude de aproximadamente 247 metros em relação ao nível do mar (GOOGLE, 2016). O clima da região é classificado como cfa, ou seja, clima subtropical úmido com verão quente, segundo classificação de KÖPPEN (KUNINCHTNER; BURIOL, 2001). O experimento com as plantas de cobertura foi implantado no intervalo entre o milho safrá, colhido no final de janeiro/2016, e a semeadura do trigo realizada na segunda quinzena de maio/2016.

Figura 1- Imagem aérea do experimento com as plantas de cobertura implantadas



Fonte: Google Earth

O solo da área pertence à unidade de mapeamento de Santo Ângelo/RS e é classificado como Latossolo Vermelho, apresentando alto teor de argila (EMBRAPA, 2013). O local apresenta precipitação média anual de aproximadamente 1800 mm e temperatura média anual entre 15 e $18^{\circ} C$ (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

Foi utilizado para a pesquisa o delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com oito tratamentos e quatro blocos. Os tratamentos utilizados foram: T1-Feijão de porco, T2-

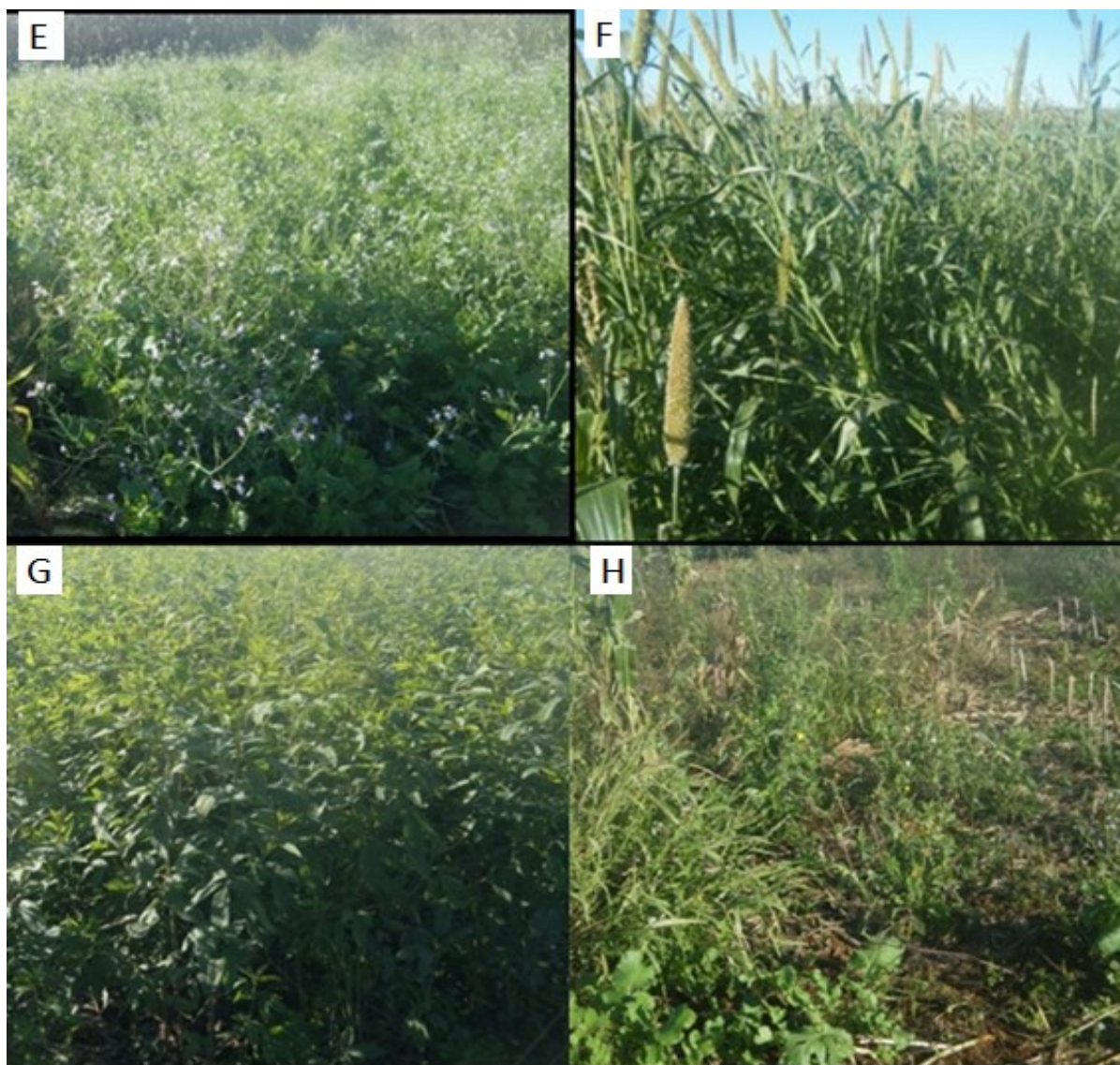
Crotalária Juncea, T3-Crotalária Spectabilis, T4-Mucuna Cinza (Figura 2), T5-Nabo, T6-Milheto, T7-Feijão Guandu e T8-pousio (Figura 3), sorteados sobre as parcelas de cada bloco. Cada parcela consiste em sete metros de largura por dez metros de comprimento perfazendo uma área de 70 m² por parcela. A área entre os blocos foi de três metros no sentido leste/oeste e de sete metros no sentido norte/sul somando uma área total do experimento em 3.105m². Para a semeadura do trigo, cada parcela foi subdividida e foram aplicados os tratamentos com e sem nitrogênio na cobertura.

Figura 2- Plantas de cobertura: Feijão de porco (A), crotalária juncea (B), crotalária spectabilis (C) e mucuna cinza (D) uma semana antes da dessecação.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 3- Plantas de cobertura: Nabo (E), milho (F), guandu (G) e pousio (H) uma semana antes da dessecação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Para controle das plantas daninhas, antes da semeadura a área do experimento foi dessecada com herbicida composto de glifosato formulação WG na dosagem de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$. A semeadura foi realizada com trator Case Farmal 80, semeadora de precisão e de fluxo contínuo para as sementes menores na densidade recomendada e através de semeadora manual também conhecida como pica-pau ou matraca para as sementes grandes, no caso, o feijão de porco e a mucuna cinza. A dessecação da área pré-semeadura do trigo foi feita com os herbicidas Ally e Select nas doses recomendadas pelo fabricante. A semeadura do trigo BRS Marcante se realizou em 02/06//2016 utilizando a doses de fertilizante recomendada de acordo com a análise química do solo (Anexo 1), e a adubação nitrogenada nas subparcelas com N se deu em três doses, na

base, no perfilhamento (26/07) e no alongamento da cultura (27/08), na dose de 80 Kg ha⁻¹, sendo 20 Kg ha⁻¹ na base e 60 Kg em cobertura dividido nas duas épocas.

As avaliações de densidade aparente do solo, microporosidade, umidade gravimétrica e volumétrica foram determinadas pelo método do anel volumétrico descrito por LUCIANO, ALBUQUERQUE e PÉRTILE em **Métodos de análises físicas da UDESC** (2010) e pelo **Manual de métodos de análise de solos**, (EMBRAPA, 2011), onde o solo foi coletado com estrutura preservada através de anéis metálicos com volume aproximado de 100,00 cm³ e, após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório de solos da UFFS, onde foram saturadas e na sequência submetidas a tensão de 0,006 MPa na mesa de tensão por 48 horas (Figura 4). A seguir as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar forçado na temperatura de 105°C por 48 horas e após resfriadas, pesadas e os valores usados para os cálculos conforme segue:

- a) **Densidade (g. cm⁻³)** = (Massa solo seco / volume do anel);
- b) **Porosidade total (m³.m⁻³)** = 1 - (Densidade do solo/densidade de partícula);
- c) **Microporosidade (m³.m⁻³)** = (Massa solo 6 kpa – massa solo seco) /volume anel;
- d) **Macroporosidade (m³.m⁻³)** = Porosidade total – microporosidade.

As amostras foram coletadas antes da implantação das plantas de cobertura, 28/01/2016, em quatro pontos por bloco, dois na linha e dois entre as linhas do milho, nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, e 0,20-0,30 m, totalizando 48 amostras iniciais. Após o manejo das plantas de cobertura através de dessecação, 28/05/2016, foi feita nova coleta de solo em um ponto por bloco na linha da cultura também nas três profundidades mencionadas acima totalizando 96 amostras.

Figura 4- Preparo das amostras indeformadas de solo em laboratório para análise de densidade, porosidade total, micro e macro, com limpeza das amostras (A), submetidas a mesa de tensão (B), pesagem (C) e após secagem em estufa (D).



Fonte: Arquivo pessoal

Para determinar a densidade de partículas foi utilizado o método do balão volumétrico descrito no Manual de métodos de análise de solos, (EMBRAPA, 2011), sendo analisado o solo em três profundidades: 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, e 0,20-0,30 m e os valores utilizados para o cálculo de porosidade total do solo. O grau de compactação (GC %) do solo foi determinado a partir da densidade máxima que o solo pode atingir ou densidade de referência, obtida através do teor de argila do solo conforme análise de solo (ANEXO 1), através das fórmulas a seguir:

$$Ds_{ref} = (-0,00033 * \text{argila}) + 1,91655$$

$$GC (\%) = (\text{Densidade aparente do solo} / \text{Densidade de referência}) * 100.$$

A determinação da distribuição do tamanho e estabilidade de agregados foi feita usando o Método por Via Úmida Padrão (Kemper, W. D. & Chepil, W. S., 1965) descrito por LUCIANO, ALBUQUERQUE e PÉRTILE em **Métodos de análises físicas da UDESC** (2010) e adaptado para as condições do laboratório da UFFS- Cerro Largo onde foi substituída a peneira de 8mm por uma de 9mm em razão da universidade não dispor desse tamanho de peneira (Figura 5). Após a separação dos agregados, submissão ao oscilador vertical, secagem em estufa e separação do material inerte foram feitos os cálculos para determinar a distribuição do tamanho dos agregados, o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG). As coletas foram realizadas no mesmo dia da coleta das amostras indeformadas na profundidade de 0,00-0,10 m.

d) Diâmetro Médio Ponderado (DMP):

$$DMP(mm) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{mAgr_i - mi}{TAgr - miT} * ci \right)$$

e) Diâmetro Médio Geométrico (DMG):

$$DMG(mm) = EXP \sum_{i=1}^n \left[\frac{(mAgr_i - mi) * Ln.ci}{TAgr - miT} \right]$$

Onde:

- $mAgr_i$ = massa de agregados em cada classe (g);

- mi = massa de material inerte em cada classe (g);

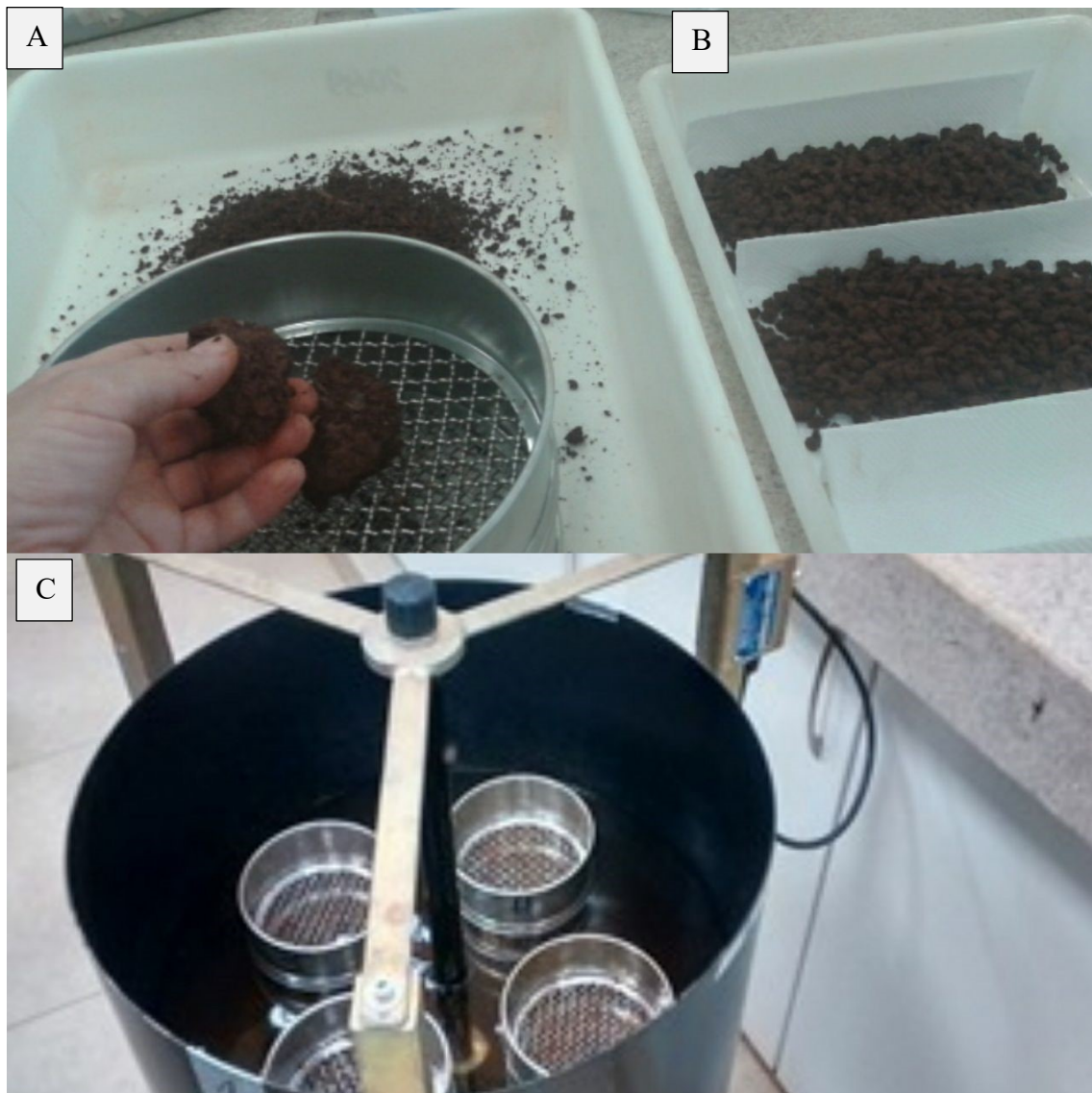
- $TAgr$ = massa de agregados da amostra inicial (g);

- miT = massa de material inerte total (de todas as classes) (g);

- ci = diâmetro médio da classe de agregados (mm);

- Ln = logaritmo natural.

Figura 5- Análise da estabilidade e tamanho dos agregados. Separação dos agregados no ponto de ruptura (A), secagem (B) e submetidos ao oscilador vertical (C).



Fonte: Arquivo pessoal e Anderson Luis Stolben Machado

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada cortando as plantas rente ao solo, numa área de 0,9m de largura por 2 m de comprimento dentro da área útil de cada parcela das plantas de cobertura, 18/05/16, e de 0,38m de largura por 2 m de comprimento dentro da área útil de cada subparcela do trigo, 28/08/16. Elas foram secas em estufa a 65°C, com circulação de ar forçado até atingirem peso constante, para posterior pesagem e conversão para massa seca da parte aérea por hectare. A determinação de Nitrogênio orgânico foi feita no laboratório de solo da Embrapa Trigo de Passo Fundo.

A avaliação de rendimento do trigo foi determinada a partir da colheita de 0,56 m por 1 m de comprimento dentro da área útil da subparcela. A colheita foi realizada no ponto de

colheita, 30/10/16, e realizada a debulha manual de cada subparcela e, na sequência, a pesagem dos grãos colhidos e transformado para kg ha^{-1} . Posteriormente, efetuada a correção do teor de umidade dos grãos para 13%. A determinação do PH do trigo se deu através do uso de balança hectolitro do laboratório de sementes da universidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS FÍSICOS

Na análise dos parâmetros físicos, observou-se que densidade, porosidade total, macro e microporosidade e grau de compactação não diferiram estatisticamente em todos os tratamentos nas três camadas analisadas (Tabelas 1, 2 e 3) evidenciando que os tratamentos pouco influenciaram nesses atributos do solo. Cubilla et al (2002) também não encontraram diferença estatística para densidade entre os tratamentos avaliados, crotalária juncea, guandu, feijão de porco, mucuna e pousio no final de três anos de sucessão/rotação de culturas. Os autores ainda ressaltaram que não foi indicado claramente o potencial de romper camadas e reduzir compactação, porém as plantas beneficiam o solo com a criação de bioporos que podem representar 3% do volume do solo, o que pode não ser detectado pelas metodologias convencionais.

Observou-se também que a densidade do solo nas camadas 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m oferece certo impedimento ao crescimento radicular. A densidade crítica de referência, que impede o crescimento das raízes, com base no teor de argila das camadas é de 1,71 Mg m³ na camada de 0,00-0,10 m e de 1,68 Mg m³; porém Argenton et al (2005) constataram que em densidade superior a 1,30 Mg m³ ocorre deficiência na aeração em Latossolo Vermelho argiloso e Reichert et al (2003) propuseram como densidade crítica para solos argilosos a densidade entre 1,30 a 1,40 Mg m³, sendo que se observa densidade abaixo de 1,40 Mg m³ apenas na camada de 0,00-0,10 m e nos tratamentos com o Guandu de 0,10-0,20 m e Crotalária Spectabilis de 0,20-0,30 m.

A porosidade do solo considerada como ideal por Lima et al (2007) deve apresentar com 0,500 m³ m⁻³ do seu volume total em poros, sendo a microporosidade, responsável pelo armazenamento de água, entre 0,250 e 0,330 m³ m⁻³, e a macroporosidade, volume de poros responsáveis pela aeração das raízes, entre 0,170 e 0,250 m³ m⁻³. Observa-se que a porosidade total em todas as camadas está entre 0,49m³ m⁻³ nas camadas subsuperficiais e 0,59 m³ m⁻³ na camada superficial, estando dentro da faixa ideal de porosidade total. Porém a macroporosidade responsável pela aeração está muito baixa, apenas na camada superficial pode ser considerada boa, entre 0,09 e 0,19 m³ m⁻³. Essa diminuição dos poros de aeração se deve ao adensamento e/ou compactação causada pela deposição de corretivos e fertilizantes na superfície, que promove a dispersão da argila e posterior eluviação no perfil (SPERA et al, 2008), e pelo tráfego de máquinas em condições de umidade e não revolvimento do solo respectivamente.

Tabela 1- Propriedades físicas na camada de 0,00 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto.

Tratamento	Densidade	Porosidade total	Micro porosidade	Macro porosidade	Grau de compactação
	--Mg m ³ --	-----m ³ m ⁻³ -----			---%---
Guandu	1,19 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,19 ^{ns}	69,76 ^{ns}
Crotalaria Spectabilis	1,19	0,59	0,43	0,16	69,79
Feijão de porco	1,28	0,56	0,43	0,13	74,89
Mucuna	1,34	0,54	0,45	0,10	78,17
Nabo	1,30	0,56	0,44	0,12	75,78
Crotalaria Juncea	1,32	0,55	0,43	0,12	77,48
Milheto	1,38	0,53	0,45	0,09	80,58
Pousio	1,35	0,54	0,45	0,09	79,29
CV (%)	9,75	7,52	11,95	71,47	9,74

Fonte: Elaborada pelo autor

*^{ns} na coluna, tratamentos não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 2- Propriedades físicas na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto

Tratamento	Densidade	Porosidade total	Micro porosidade	Macro porosidade	Grau de compactação
	--Mg m ³ --	-----m ³ m ⁻³ -----			---%---
Guandu	1,39 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,12 ^{ns}	82,38 ^{ns}
Crotalaria Spectabilis	1,50	0,50	0,45	0,04	88,68
Feijão de porco	1,53	0,49	0,45	0,04	90,46
Mucuna	1,52	0,49	0,46	0,04	90,27
Nabo	1,48	0,50	0,45	0,06	87,87
Crotalaria Juncea	1,48	0,50	0,46	0,05	87,56
Milheto	1,52	0,49	0,44	0,05	90,32
Pousio	1,46	0,51	0,45	0,06	86,54
CV (%)	5,60	5,75	6,84	78,99	5,60

Fonte: Elaborada pelo autor

*^{ns} na coluna, tratamentos não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 3- Propriedades físicas na camada de 0,20 a 0,30 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto

Tratamento	Densidade	Porosidade total	Micro porosidade	Macro porosidade	Grau de compactação
	--Mg m ³ --	-----m ³ m ⁻³ -----			---%---
Guandu	1,45 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,04 ^{ns}	86,23 ^{ns}
Crotalária Spectabilis	1,39	0,52	0,47	0,06	82,38
Feijão de porco	1,40	0,52	0,47	0,05	83,04
Mucuna	1,42	0,51	0,47	0,04	84,20
Nabo	1,42	0,51	0,47	0,04	84,39
Crotalária Juncea	1,44	0,50	0,48	0,03	85,46
Milheto	1,43	0,51	0,49	0,02	84,65
Pousio	1,44	0,51	0,48	0,03	85,32
CV (%)	3,80	3,94	3,49	74,71	3,88

Fonte: Elaborada pelo autor

*^{ns} na coluna, tratamentos não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O grau de compactação observado é alto na camada de 10-20 cm, o que, segundo Gubiani et al (2004) pode afetar a produtividade da soja, pois o grau de compactação considerado pelos autores como de máxima produtividade do cereal é de 82%. A camada superficial não apresenta compactação assim como a camada de 20-30 cm que não chega a ser preocupante, porém a camada de 10-20 cm deve ser monitorada e adotadas práticas de maior aporte de plantas com sistema radicular agressivo.

A rotação de culturas contribui com a diminuição da densidade do solo e aumenta a porosidade total se comparada com a sucessão soja/trigo, sendo altamente benéfica para a estrutura do solo, porém, para isso, são necessários vários ciclos de rotação de culturas para se notar diferenças nos parâmetros físicos de um Latossolo com camadas compactadas e/ou adensadas (ALBUQUERQUE et al, 1995).

Na distribuição do tamanho dos agregados (Tabela 5), no Diâmetro Médio Ponderado (DMP), e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) (Tabela 4), não houve diferença significativa entre os tratamentos o que pode ser devido ao tempo muito curto de avaliação. Amadori et al (2013) também constataram que a espécie das plantas não interferiu no DMP de um Latossolo vermelho aluminoférrico nas camadas avaliadas, independente do manejo adotado, porém no Plantio direto, o pousio apresentou DMG menor. Em contraponto, WOHLBERG et al (2004) observaram uma ação direta das culturas na formação e estabilização dos agregados em

Argissolo, com estabilidade maior em sistemas de cultivo que aportavam material orgânico e cobertura do solo durante o ano todo, tendo a sucessão de gramíneas com leguminosas apresentado maior agregação. Reinert (1993) encontrou grande variação temporal na agregação trabalhando com gramíneas e leguminosas como recuperadoras de agregação, e concluiu que experimentos com poucas avaliações podem levar a erros de interpretação, pois considerando o curto espaço de tempo de implantação das espécies e a densidade desse solo, infere-se que seja necessário implementar uma rotação de longa duração para obter resultados mais consistentes. A ação direta das culturas na formação e estabilização dos agregados, faz com que a estabilidade e a distribuição do tamanho de agregados sejam maiores em sistemas de cultivo que aportam material orgânico e cobrem o solo durante todo o ano. As sequências de culturas, a época do ano e tempo de estabelecimento das culturas influem diferenciadamente na agregação do solo (WOHLENBERG et al, 2004), acrescentemos a isso também um aporte de raízes com sistema de distribuição diverso entre gramíneas, leguminosas e outras espécies. Observa-se que o DMP e o DMG (Tab. 4) são altos em todos os tratamentos, o que indica um solo bem estruturado que pode ser devido a inclusão da cultura do milho no sistema a cada três anos em safra e safrinha o que traz alto aporte de fitomassa de parte aérea e de raiz.

Tabela 4- Diâmetro Médio Ponderado e Diâmetro Médio Geométrico

Plantas de cobertura	DMP	DMG
	-----mm-----	
Guandu	4,87 ^{ns}	3,89 ^{ns}
Crotalária Spectabilis	5,07	4,16
Feijão de porco	4,95	4,00
Mucuna	5,14	4,28
Nabo	5,45	4,64
Crotalária Juncea	4,87	3,82
Milheto	4,99	3,91
Pousio	5,05	4,10
CV (%)	8,29	14,41

Fonte: Elaborada pelo autor

*^{ns} na coluna, tratamentos não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A influência do milho se observa também no alto percentual de agregados na Classe 1 (Tabela 5), pois o milho por ser uma gramínea, tem como aliado o sistema radicular fasciculado que cria um ambiente benéfico à agregação, com grande densidade de raízes e alto aporte de material orgânico. Essa capacidade de recuperar a estrutura do solo, melhorando a formação e estabilidade dos agregados, através da utilização de gramíneas, foi relatada por Silva e Mielniczuk

(1997), que atribuem a melhoria na estrutura ao fato de as gramíneas apresentarem maior volume de raízes e raízes melhor distribuídas, com o favorecimento da ligação entre partículas de solo. Cunha, Mendes e Giondo (2015) afirmam que a matéria orgânica de raízes e hifas é a principal responsável pela estabilização de macroagregados, que é a fração mais alterada pelo manejo e principal responsável pela alteração do conteúdo de Carbono total do solo. Já BORGES, REINERT, FILHO (1996), encontraram maiores valores de DMG no primeiro ano em cultivos com leguminosas quando comparado às gramíneas, apresentando assim, maior agregação do solo, enquanto que no segundo ano de cultivo os valores de agregação tanto para gramíneas como para leguminosas foram similares, o que ressalta a importância de maior variabilidade de sistemas radiculares e de fitomassa para a construção de um solo bem estruturado visando um manejo conservacionista.

Tabela 5- Porcentagem dos agregados por classes na camada de 0,00 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura em Plantio Direto.

Plantas de cobertura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
	(4,76 mm)	(2,00 mm)	(1,00 mm)	(0,250mm)	(<0,250mm)
	-----%-----				
Guandu	64,84 ^{ns}	16,76 ^{ns}	7,87 ^{ns}	7,47 ^{ns}	3,06 ^{ns}
Crotalária Spectabilis	69,36	14,75	7,08	6,66	2,15
Feijão de porco	65,84	17,32	7,86	6,72	2,25
Mucuna	70,76	14,27	6,68	6,00	2,29
Nabo	77,23	12,88	3,88	3,35	2,66
Crotalária Juncea	64,66	17,01	7,80	6,63	3,90
Milheto	68,48	13,95	6,38	7,68	3,50
Pousio	68,51	16,14	6,42	5,69	3,23
CV (%)	13,18	24,22	42,42	40,36	55,57

Fonte: Elaborada pelo autor

*^{ns} na coluna, tratamentos não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Campos et al (1995) ressaltam a importância do plantio direto na estabilidade dos agregados em Latossolo, pelo incremento de carbono orgânico e a atividade microbiana em comparação com o plantio convencional, pois encontraram maior DMG e maior porcentagem de agregados nas classes de maior diâmetro. Os mesmos autores relatam o efeito benéfico da rotação de culturas na agregação se comparada à sucessão soja/trigo. Cunha et al (2007) corroboram com a opinião dos autores acima quanto aos benefícios da matéria orgânica na estabilidade e DMP dos agregados.

Albuquerque et al (2005) em seu estudo concluem que as plantas de cobertura de verão aumentam o teor de CO, mas não modificam a estabilidade dos agregados, porém, em períodos mais longos, as plantas de cobertura, associadas aos preparos conservacionistas, podem melhorar as características físicas do solo pelo aumento do CO.

4.2 MASSA SECA, CARBONO E NITROGÊNIO DAS PLANTAS DE COBERTURA

Na produção de massa seca das plantas de cobertura, observou-se maior produção de massa seca pelo milheto, seguido pela crotalária juncea e o nabo que ultrapassaram 4 Mg ha⁻¹ de massa seca (Tabela 6). Essa produção se deve ao fato dessas três espécies se encontrar em plena floração no momento da coleta. Esse resultado confirma Almeida et al (2008), que também obteve maior produção de massa seca no milheto e ressalta que o mesmo proporciona uma cobertura mais prolongada devido à alta relação C/N. Giacomini et al (2004) obtiveram produção maior que 5 Mg ha⁻¹ no nabo após soja e apenas 3,58 Mg ha⁻¹ quando cultivado após o milho, o que evidencia que a produção de massa seca do nabo é influenciada pela cultura anterior. A mucuna produziu menos MS e seu desempenho inferior ao pousio se deve a ocorrência de geada fraca que afetou o desenvolvimento da mesma. O objetivo do experimento não foi o de avaliar a máxima produção de MS, e sim, a massa seca produzida no intervalo entre a colheita do milho e semeadura do trigo.

Com relação ao acúmulo de N, o maior percentual se observou no feijão de porco, porém com a baixa produção de MS, o acumulado foi de apenas 65,5 kg ha⁻¹. O maior acúmulo de N por hectare se deu com a crotalária juncea, que forneceu 111,1 kg ha⁻¹, isso devido à alta produção de MS. De um modo geral, as leguminosas apresentaram percentual de N superior ao nabo, ao pousio e ao milheto. Como não foi possível determinar o carbono das plantas em tempo hábil, usou-se as médias de relação C/N encontradas na literatura, (AITA & GIACOMINI, 2006; AMADO et al, 2014; GIACOMINI et al, 2003; GIACOMINI et al, 2004), para fazer os cálculos do carbono orgânico das plantas a partir do teor de nitrogênio das mesmas. A partir disso se observa que o milheto e a C. juncea foram os tratamentos que mais contribuíram para o acúmulo de carbono no solo em virtude da alta produção de MS e também pela alta relação C/N em sua composição. São plantas que contribuem para o aumento do estoque de carbono no solo e são de decomposição mais lenta protegendo o solo por mais tempo, porém, essa lenta decomposição faz com que os nutrientes presentes na palhada sejam liberados em maior quantidade de forma gradativa. No caso de plantas que necessitam de N no início do seu ciclo,

como o trigo, o tipo de planta que a antecede pode definir se o N presente na palhada será mineralizado ou imobilizado pelos organismos decompositores.

Tabela 6- Massa seca, carbono e nitrogênio das plantas de cobertura

Tratamento	Massa seca	Nitrogênio*	C/N**	Carbono***	Nitrogênio
	--kg ha ⁻¹ --	--%--		-----kg ha ⁻¹ -----	
Milheto	4.980	1,40	47,3	3.294	69,7
Crotalaria Juncea	4.360	2,55	26,5	2.942	111
Nabo	4.050	1,75	17,7	1.252	70,9
Crotalaria Spectabilis	3.370	2,66	15,9	1.425	89,6
Guandu	2.710	2,75	19,1	1.421	74,5
Feijão de porco	2.010	3,26	13,4	880	65,5
Pousio	1.930	1,49	10,7	307	28,8
Mucuna cinza	1.780	2,61	15,4	716	46,5

Fonte: Elaborada pelo autor

* Determinado em laboratório

** Relação C/N média conforme literatura: (AITA & GIACOMINI, 2006; AMADO et al, 2014; GIACOMINI et al, 2003; GIACOMINI et al, 2004)

*** Calculado de acordo com a média da C/N da literatura

Aita & Giacomini (2003) concluíram que a liberação N das leguminosas é mais acentuada nas primeiras semanas, até 46% do total adicionado, o que pode fazer com que grande parte desse N não seja aproveitado, pois a maioria das plantas tem seu maior requerimento deste elemento entre 29 a 82 dias do seu ciclo, porém no trigo, essa rápida liberação pode beneficiar a fase de perfilhamento, que é uma fase muito exigente em disponibilidade de N.

Observa-se também que a mucuna que produziu o menor volume de MS teve acúmulo de N e C muito superior ao pousio e semelhante ao feijão de porco, evidenciando a característica de fixação de N pelas leguminosas, que, mesmo com baixo aporte de MS se mostrou como opção melhor para o solo que o pousio.

A adição de maior volume de MS e carbono no sistema se torna necessário para o equilíbrio entre as entradas e saídas de nutrientes, sendo que neste solo com MO em nível médio é necessário adicionar de 10 a 12 toneladas de MS ao ano (DENARDIN; FAGANELLO; SANTI, 2008), para aumentar de forma gradual o estoque de carbono no solo.

4.3 MASSA SECA, PRODUTIVIDADE E PH DO TRIGO

Na produção de massa seca com N em cobertura, os tratamentos que influenciaram positivamente foram o guandu com o maior volume produzido, a crotalaria spectabilis, o feijão

de porco e a mucuna, que não diferiram estatisticamente entre si; e o menor volume produzido foi na sequência da cultura do milho que não diferiu estatisticamente do nabo, da crotalária juncea, e do pousio (Tabela 7).

Tabela 7- Massa seca da parte aérea do trigo

Plantas de cobertura	Massa seca do trigo		
	Com N em cobertura	Sem N em cobertura	Média
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
Guandu	6,20 a	5,27 b	5,74 a
Crotalária Spectabilis	6,07 a	5,17 b	5,62 a
Feijão de porco	6,05 a	4,82 c	5,43 b
Mucuna	6,12 a	5,70 a	5,91 a
Nabo	5,70 b	5,12 b	5,41 b
Crotalária Juncea	5,75 b	4,82 c	5,28 b
Milheto	5,55 b	4,42 c	4,98 b
Pousio	5,77 b	4,52 c	5,15 b
CV (%)	4,94	9,17	11,65

Fonte: Elaborada pelo autor

* Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de significância.

Já na produção de massa seca sem N em cobertura, a melhor resposta foi a mucuna que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, e o menor valor obtido foi com o milho que não diferiu do pousio, da crotalária juncea e do feijão de porco. Infere-se com isso que a maioria das leguminosas beneficiou a cultura do trigo com a fixação de nitrogênio e com a liberação de nutrientes devido a sua baixa relação C/N que propiciou uma rápida decomposição da palhada (AITA, GIACOMINI; 2003). Já o milho e a C. juncea, devido à alta relação C/N, interferiram negativamente na produção de MS do trigo pela menor taxa de decomposição da palhada que deve ter influenciado na imobilização de N pelos organismos decompositores. A mucuna, apesar de sua baixa produção de massa seca, se mostrou mais eficiente que as outras plantas por beneficiar o trigo também na falta do N em cobertura quando sua produção de MS foi igual à do nabo, semelhante à da crotalária juncea e do pousio e maior que a do milho, todos com adição de 80 Kg de N. Nas médias de produção de MS observa-se que a mucuna foi o melhor tratamento, não diferindo do guandu e da crotalária spectabilis.

Na produtividade de grãos do trigo (Tabela 8), observamos que após o guandu foi que houve maior produção com N e sem N em cobertura, porém não diferindo da crotalária spectabilis, feijão de porco, mucuna, nabo e crotalária juncea. Dessa forma se faz uma correlação entre a produção de massa seca do trigo com sua produção de grãos, pois os

tratamentos que beneficiaram o trigo quanto a produção de massa seca, também colaboraram no incremento de grãos, ressaltando a importância do N na formação dos perfilhos desse cereal e na produção de grãos, e a importância da rotação de culturas para o incremento de MO em quantidade e qualidade no solo. A alta relação C/N do milho torna necessário a imobilização do N mineral pelos organismos do solo, influenciando assim na produção de MS e grãos sem N em cobertura inferior ao pousio, onde se observou grande variedade de plantas espontâneas. A menor produção de trigo em sucessão ao milho se explica pelo teor médio de MO no solo e, portanto, menor disponibilidade de N. Como se sucederam dois cultivos com alta relação C/N, milho/milho, a disponibilidade de N mineral no solo estava muito baixa pois havia a necessidade da imobilização do nutriente para fazer a decomposição do material orgânico aportado ao solo (AITA & GIACOMINI,2006).

Tabela 8- Produtividade do trigo

Plantas de cobertura	Produtividade de grãos de trigo		
	Com N em cobertura	Sem N em cobertura	Média
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
Guandu	5,10 a	3,66 a	4,23 a
Crotalaria			
Spectabilis	4,75 a	3,59 a	4,14 a
Feijão de porco	4,68 a	3,49 a	4,12 a
Mucuna	4,61 a	3,41 a	4,00 a
Nabo	4,32 a	3,54 a	3,93 a
Crotalaria Juncea	4,27 a	3,26 a	3,67 b
Milho	4,07 b	2,85 b	3,56 b
Pousio	3,43 c	2,86 b	3,15 b
CV (%)	12,52	15,93	20,93

Fonte: Elaborada pelo autor

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em 5% de significância.

Em relação ao PH do trigo com N em cobertura (Tabela 9), o milho proporcionou o menor peso de grão, porém não houve diferença estatística entre os tratamentos. Nas parcelas sem N em cobertura, o melhor resultado se obteve na parcela onde havia o feijão de porco, porém não diferindo das parcelas da mucuna, crotalaria spectabilis guandu, pousio e nabo. O milho novamente se destacou como o pior tratamento não diferindo da crotalaria juncea. Esse resultado da parcela com a crotalaria juncea pode ser explicado pelo estágio fenológico da mesma quando da dessecação pré-semeadura do trigo, pois ela estava em plena floração com o caule já lignificado o que concede uma relação C/N um pouco mais alta em relação às outras leguminosas o que pode causar lenta liberação de N no solo. A alta relação C/N do milho pode ter causado a imobilização de N mineral pelos organismos decompositores. Nas médias

dos tratamentos com e sem N em cobertura, a parcela com o milho foi o que mais influenciou negativamente no PH. Aita et al (2001) encontraram menor produtividade do milho pós aveia preta e afirmam que, para utilizar o carbono da palha de gramíneas na biossíntese e como fonte de energia, os microrganismos imobilizam N mineral do solo, diminuindo a sua disponibilidade para a cultura sucessora. A baixa qualidade e peso de grãos de trigo nas parcelas sem N em cobertura, reforça as conclusões de Almeida et al (2011), de que as aplicações de N no florescimento apresentam resultados superiores de PH em relação aos tratamentos sem aplicação de N. Observa-se com isso que a cultura antecessora tem papel importante no rendimento de sua sucessora, principalmente no que tange a liberação dos nutrientes acumulados.

Tabela 9- Peso hectolitro (PH) do trigo

Plantas de cobertura	PH dos grãos de trigo		Média
	Com N em cobertura	Sem N em cobertura	
Guandu	78,87 ^{ns}	75,85 a	77,36 a
Crotalária	79,40	76,35 a	77,88 a
Spectabilis	79,55	76,95 a	78,25 a
Feijão de porco	79,20	76,57 a	77,89 a
Mucuna	78,27	74,95 a	76,41 b
Nabo	78,55	74,55 b	76,75 b
Crotalária Juncea	76,95	73,85 b	75,40 c
Milheto	78,72	75,85 a	77,28 a
Pousio	1,41	1,56	2,60
CV (%)			

Fonte: Elaborada pelo autor.

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em 5% de significância.

4.4 PRODUÇÃO DE MASSA SECA NO PERÍODO

Tendo como objetivo um sistema de produção equilibrado onde se necessita produzir de 10 a 12 Mg ha⁻¹ de MS, e na expectativa de produzir de 2,5 a 3 Mg ha⁻¹ de MS na soja (HERZOG; LEVIEN; TREIN, 2004), percebe-se pela Tabela 10, que para chegar a esse resultado não se recomenda o uso do pousio, da mucuna e do feijão de porco, pois as somas desses cultivos com o trigo e mais a previsão de MS da soja não alcança os patamares de produção de MS recomendado no Sistema Plantio Direto.

Tabela 10- Produção de massa seca nos dois cultivos (Plantas de cobertura e trigo).

	Produção de Massa Seca Mg ha ⁻¹			
	MS Cobertura	MS Trigo (média)	Soma MS	Acréscimo até meta de 10 a 12 Mg ha ⁻¹
Guandu	2,71	5,74	8,45	1,55 – 3,55
Crotalária Spectabilis	3,37	5,62	8,99	1,01 – 3,01
Feijão de porco	2,01	5,43	7,44	2,56 – 4,56
Mucuna	1,78	5,91	7,69	2,31 – 4,31
Nabo	4,05	5,41	9,46	0,54 – 2,54
Crotalária Juncea	4,36	5,28	9,64	0,36 – 2,36
Milheto	4,98	4,98	9,96	0,04 – 2,04
Pousio	1,93	5,15	7,08	2,92 – 4,92

Fonte: Elaborada pelo autor

Recomenda-se ainda o uso do milho no sistema de rotação de culturas, ou ainda o uso de gramíneas de verão, cujo sistema radicular fasciculado e agressivo, com raízes de calibre maior que as gramíneas de inverno, auxiliam na descompactação e agregação do solo em camadas mais profundas, porém, devido à alta relação C/N dessas espécies, o plantio consorciado com uma leguminosa ou brassica é mais indicado e deve-se ter um cuidado especial com o manejo do N mineral.

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos não tiveram influência nos parâmetros físicos densidade, porosidade total, micro e macroporosidade, estabilidade dos agregados e grau de compactação do solo o que se atribui a pequena variação temporal do experimento.

O milho foi a planta de cobertura que teve o maior aporte de massa seca no sistema, porém em quantidades semelhantes à crotalaria juncea e ao nabo estando as três em plena floração. A mucuna produziu a menor quantidade de massa seca devido à ocorrência de geada fraca que prejudicou seu desenvolvimento e atrasou seu ciclo.

As plantas de cobertura tiveram influência na cultura sucessora nos tratamentos com e sem N em cobertura, tanto na produção de massa seca e grãos como no PH do trigo, onde as leguminosas com baixa relação C/N se destacaram. Com os dados de carbono em mãos, será possível realizar um estudo comparativo entre a relação C/N observada no experimento e a relação C/N encontrada na literatura. O PH do trigo foi diretamente influenciado pela aplicação de N no florescimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das espécies usadas no experimento, as crotalárias *juncea* e *spectabilis*, o guandu, o milho e o nabo são facilmente semeados com semeadoras de precisão ou de fluxo contínuo; porém o feijão de porco e a mucuna só podem ser implantadas manualmente devido ao grande tamanho de suas sementes. A disponibilidade de sementes é um entrave para o produtor do município, sendo facilmente adquiridas no comércio local apenas o nabo e o milho.

Na decisão final do produtor deve ser levado em consideração a soma da MS aportada ao sistema por todas as culturas durante o ano para conseguir acumular de 10 a 12 Mg ha⁻¹ de massa seca e assim aumentar o estoque de carbono no solo. O acúmulo de N por hectare pode ser manejado com a adição do N mineral no caso das gramíneas que acumulam alta produção de MS de raiz e parte aérea, porém tem pouco acúmulo de N.

REFERÊNCIAS

ABEAS. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto**. Tutor: John N.

Landers. Brasília, DF: ABEAS; Brasília, DF: Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2005. 113p. il. (ABEAS. Curso Plantio Direto. Módulo 1).

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria de Trigo. **O trigo na história**. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/trigo.php>>. Acesso em 03/04/2017

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Depto de Solos/UFSM, 1997. p.76-111

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27 n.4 Viçosa jul./ago. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000400004&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 20/10/2017.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: **Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. / Bruno J.R. Alves et al (Eds) – Porto Alegre: Genesis,2006.

AITA et al. **Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho**. R. Bras. Ci. Solo, 25:157-165, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/17.pdf>. Acesso em 21/10/2017.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. **Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos**. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 19: 115-119, 1995. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/287495278>. Acesso em 29/04/2017.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. **Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.29 no.3 Viçosa May/June 2005.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 399p: il. color. cap. 1, p.23-37.

AMADO, T. J. C. et al. Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In: **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. Fundamentos e prática**. Oscar Fontão de Lima Filho, et al, editores técnicos. – Brasília, DF. : Embrapa, 2014. v.2 (478 p.) : il. color

AMADORI, C. et al. **Estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho sob diferentes plantas de coberturas de inverno e sistemas de preparo de solo**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, julho/agosto de 2013, Florianópolis, SC. Disponível em:

<http://orgprints.org/29907/1/Estabilidade%20de%20agregados%20de%20um%20Latossolo%20Vermelho%20sob%20diferentes%20plantas%20de%20coberturas%20de%20inverno%20e%20sistemas%20de%20preparo%20do%20solo..pdf>. Acesso em: 10/11/2017.

ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C. & WILDNER, L.P. **Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura**. R. Bras. Ci. Solo, 29:425-435, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25743.pdf>. Acesso em: 16/10/2017.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., (Eds) **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC ,1997. p.363-443.

BASTOS R.S.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**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid= < >. Acesso em: 24/04/2017.

BORGES, D. F.; REINERT, D. J.; FILHO, A. C. 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.

BURLE M.L. et al. Caracterização das espécies de adubo verde. In: **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CAMPOS, B.C. et al. **Estabilidade estrutural de um Latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo**. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 19: 121-126, 1995.

CASALI, C. A. et al. Benefícios do uso de plantas de cobertura de solo na ciclagem de fósforo. In: **Manejo e conservação de solo e água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. (recurso eletrônico)/ Org. Tales Tiecher. - Porto Alegre: UFRGS, 2016.

CERETTA, C. A.; AITA, C.. **Manejo e Conservação do Solo**. 2009? Apostila.

CUBILLA M. M. A. et al. **Plantas de cobertura do solo em sistema plantio direto – uma alternativa para a avaliar a compactação**. (2002?). Disponível em: http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/50.pdf. Acesso em: 25/10/2017.

CUNHA, E. **Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto**. Eng. Agric. v. 27 n. 3 Jaboticabal set./dez. 2007.

CUNHA, T. J.; MENDES, A. M. S.; GIONDO, V. Matéria Orgânica do Solo. In: **Recurso solo : propriedades e usos / Ramom Rachide Nunes e Maria Olímpia Oliveira Rezende** (organizadores). – 1. ed. . – São Carlos: Editora Cubo, 2015. E-BOOK EPUB ISBN 978-85-60064-65-6.

DENARDIN, J. E.. Enfoque sistêmico em sistema plantio direto – fundamentos e implicações do plantio direto nos sistemas de produção agropecuária. In: **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Nuernberg, Névio João. Lages, SC: sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998. 160 p.

DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; SANTI, A. **Falhas na implementação do sistema plantio direto levam à degradação do solo**. Boletim informativo Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/v.+34_000g9h1zwy02wx5ok00taf50auyora6.pdf. Acesso em: 23/11/2017.

DENARDIN J. E. et al. Sistema plantio direto: evolução e implementação. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Cap. 7 / editores técnicos, João Leonardo Fernandes Pires, Leandro Vargas, Gilberto Rocca da Cunha. – Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

FONTOURA, S. M. V. et al. **Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto no Centro-sul do Paraná**. 1. Ed. – Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2015. 146 p.: il.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2008. 338 p.; il..

GIACOMINI, S. J. et al. **Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2003, 27 (Abril-Sin mes). Disponível em: [:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218485012>](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218485012) ISSN 0100-0683

GIACOMINI, S. J. et al. **ConSORCIAÇÃO de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 751-762, 2004.

GUBIANI, P. I. et al. Processos e propriedades físico-hídricas do solo no crescimento e na produtividade dos cultivos. In: **Agricultura conservacionista no Brasil**/ Luiz Fernando Carvalho Leite, Giovana Alcântara Maciel, Ademir Sérgio Ferreira de Araújo, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2014. 598 p. : il. color.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. /Antonio José Teixeira Guerra, Antonio Soares da Silva, Rosângela Garrido Machado Botelho (organizadores). -8ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 340 p.

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R. **Produtividade de soja em semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduo em sistema irrigado e não irrigado**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.3, p.771-780, set./dez. 2004.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. – 2ª ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2002. 240 p. il.

LIMA, C. G. R. 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.

MIELNICZUK, J. **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.

MORAES M. T. et al. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: **Manejo e conservação de solo e água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. (recurso eletrônico)/ Org. Tales Tiecher. - Porto Alegre: UFRGS, 2016.

MORI, C.; IGNACZAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Cap. 3 / editores técnicos, João Leonardo Fernandes Pires, Leandro Vargas, Gilberto Rocca da Cunha. – Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

PECHE FILHO, A. Mecanização do Sistema Plantio Direto. **O Agrônomo**, Campinas, 57(1), 2005. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v57-1_MecanizacaoSistemaPlantioDireto.pdf. Acesso em: 30/03/2017.

PIRES J. L. F. et al. Integração de práticas de manejo no sistema de produção de trigo. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Cap. 4 / editores técnicos, João Leonardo Fernandes Pires, Leandro Vargas, Gilberto Rocca da Cunha. – Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

REDIN, M. et al. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: **Manejo e conservação de solo e água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. [recurso eletrônico]/ Org. Tales Tiecher. - Porto Alegre: UFRGS, 2016.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ci. Amb., 27:29-48, 2003. Disponível em: http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/5.pdf. Acesso em: 16/10/2017.

REINERT, D.J. **Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramíneas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 62p. (Tese de concurso a Professor Titular)

ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: EMBRAPA 2014.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** /Antonio José Teixeira Guerra, Antonio Soares da Silva, Rosângela Garrido Machado Botelho (organizadores). -8ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 340 p.

SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** /Antonio José Teixeira Guerra, Antonio Soares da Silva, Rosângela Garrido Machado Botelho (organizadores). -8ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 340 p.

SPERA S. T. et al. **Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário.** R. Bras. Ci. Solo, 32:2613-2620, 2008, Número Especial.

TEDESCO M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.**/ Marino José Tedesco... [et al.] – 2. ed rev. e ampl. – Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 174p. il. (Boletim Técnico [de Solos] / UFRGS. Departamento de Solos; n. 5).

TIECHER, T.; MINELLA, J. P. G. Erosão do solo: um problema mundial agravando-se num contexto de “agricultura conservacionista” no sul do Brasil. In: **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil:** [recurso eletrônico] **contextualizando as atividades agropecuárias e os problemas erosivos.** / Organizador Tales Tiecher - Frederico Westphalen, 2015. 152 p.

USDA. **USDA: Produção global de grãos pode voltar a crescer durante a safra 2016/17.** Disponível em: <http://parallaxis.com.br/usda-producao-global-de-graos-pode-voltar-a-crescer-durante-a-safra-201617/>. Acesso em: 03/04/2017.


VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais.** São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1988. 464 p. ilust. 2ª edição.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável.** Cap. 6 / editores técnicos, João Leonardo Fernandes Pires, Leandro Vargas, Gilberto Rocca da Cunha. – Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

WOHLENBERG E. V. et al. **Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão.** R. Bras. Ci. Solo, 28:891-900, 2004.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. v 1 (507 p.) il.

ANEXO I



CCGL TEC
TECNOLOGIA

Cooperativa Central Gaúcha Ltda.
Laboratório de análises de solos, adubos, corretivos e tecido vegetal
VINCULADO A REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RS E SC

Nome: JOÃO ADEUM LEDUR/ SILVIA LÚCIA LEDUR/ INÊS LEDUR/ PERENICE LEDUR MATOS
Município: Cerro Largo
Estado: Rio Grande do Sul
Localidade: SEDE
CPF/CNPJ:

Remetente: COOPEROQUE
Data de recebimento: 04/07/2016
Data de expedição: 26/07/2016
Registro: 32425 a 32426 Completa

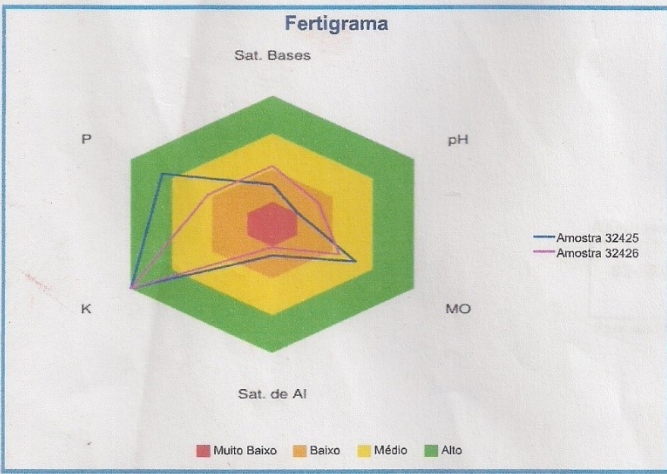
Amostra Nº	Área ha	Matrícula da Área	Prof.	Gleba	Argila %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	M.O. %	Alroc. cmol _c dm ⁻³
1	8	4163	0-10 cm	-	63	5,0	5,6	7,4	250	3,9	0,3
2	8	4163	10-20 cm	-	70	5,3	6,0	4,2	149	2,9	0,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P, K, Zn e Cu determinados pelo método Mehlich - I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraídos com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.

Amostra Nº	Catroc. cmol _c dm ⁻³	Mgroc. cmol _c dm ⁻³	H + Al cmol _c dm ⁻³	CTC cmol _c dm ⁻³	% SAT da CTC		S mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³	B mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Fe g dm ⁻³
					BASES	Al						
1	5,9	2,0	6,9	15,4	55,4	3,4	8,8	9,2	22,0	0,3	366	nd
2	6,3	2,0	4,4	13,1	66,3	1,1	19,0	8,2	25,2	0,5	193	nd
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CTC a pH 7,0. UNIDADES: % = massa/volume; mg dm⁻³ = ppm (peso/volume); cmol_cdm⁻³ = meq 100⁻¹ml

Consulte um Engenheiro Agrônomo para obter as Recomendações de Adubação e Calagem.
CCGL Tec - Tecnologia com Rentabilidade



Fertigrama

Sat. Bases

pH

MO

Sat. de Al

K

P

— Amostra 32425
— Amostra 32426

■ Muito Baixo ■ Baixo ■ Médio ■ Alto

SELO DE QUALIDADE

ANÁLISE BÁSICA + MICRONUTRIENTES


ROLAS

2016

Assinatura digital

F0-06-E2-14-1F-9F-61-4B-39-43-BF-B0-E3-33-98-CE

Para autenticar, acesse www.ccgl.com.br/tec/solos, em "Autenticar" informe a sequência acima.



Aline Pegoraro da Rosa
Química Responsável
CRQ 05101733
CFQ 118.134
Responsável pelo Laboratório de Análises

CCGL TECNOLOGIA - Fundacep - RS 342 - Km 149 - Caixa Postal 10 - Cruz Alta - RS - CEP 98005-970
Fone/Fax: (55) 3321-9449 - E-mail: labsolos.tec@ccgl.com.br

Análise Física (Granulométrica) do Solo

1. Dados de Identificação

Nome do Produtor	CPF/CNPJ	Município	Solicitante	Recebimento	Expedição
JOÃO ADEUM LEDUR/ SILVIA LÚCIA LEDUR/ INÊS LEDUR/ PERENICE LEDUR MATOS		Cerro Largo - RS	COOPEROQUE	04/07/2016	26/07/2016

2. Resultados de Análise

Registro	Amostra	Localidade	Área ha	Matrícula da Área	Argila %	Silte %	Areia Total %	Tipo de Solo
32424	1	SEDE	8	4163	69	21	10	Tipo 3

- Os resultados de argila, silte e areia total referem-se somente a amostra recebida.
- Os critérios e os procedimentos de amostragem são de inteira responsabilidade do solicitante.
- O enquadramento nos diferentes tipos de solos previstos no zoneamento de risco climático leva em consideração os resultados dos teores de argila, silte e areia total determinados na amostra recebida.

Assinatura digital

82-1A-A6-90-F4-89-9C-F1-04-81-02-E6-D5-8C-85-
11

Para autenticar, acesse www.ccgl.com.br/tec/solos, em "Autenticar"
informe a sequência acima.



Aline Pegoraro da Rosa
 Química Responsável
 CRQ 05101733
 CFQ 118.134
 Responsável pelo Laboratório de Análises
 Protocolo: 32424