



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

DELLIS ORTIZ GARCIA

PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA E SEU EFEITO
SOBRE A ESTRUTURA DO SOLO

CERRO LARGO

2021

DELLIS ORTIZ GARCIA

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA E SEU EFEITO
SOBRE A ESTRUTURA DO SOLO**

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

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2021

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Garcia, Dellis Ortiz Produção de biomassa de plantas de cobertura
e seu efeito sobre a estrutura do solo / Dellis Ortiz Garcia. --
2021.
44 f.:il.

Orientador: Prof^o Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal
da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,
RS, 2021.

1. Física do solo. 2. Plantas de cobertura. I.
Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

DELLIS ORTIZ GARCIA

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA E SEU EFEITO
SOBRE A ESTRUTURA DO SOLO**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 18/01/2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr.º Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador



Prof. Dr.º Daniel Joner Daroit
Avaliador



Me. Valéria Ortaça Portela – UFSM
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a estudar, correr atrás de meus sonhos e por sempre acreditarem no meu potencial, por compreenderem os momentos de ausência na família.

Ao meu orientador professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser, por todo o ensinamento e apoio durante os semestres em que fiz parte da equipe do laboratório, onde mesmo com pouco tempo em meio a seus afazeres, sempre se dedicou em auxiliar não só a mim, mas todos seus orientados.

Aos amigos que me ajudaram durante a execução do experimento e realização das análises em laboratório: Estéfani, Larissa, Bronildo, Bruna, Jorge, Ricardo, André, Gustavo, Jeferson, Cintia, Lidiana, Gilvani, Jean e aos funcionários do galpão de máquinas da universidade. O auxílio de cada um foi de extrema importância para o desenvolvimento das atividades à campo, em meio às restrições impostas na área experimental.

RESUMO

As plantas de cobertura desempenham papel fundamental no programa de rotação de culturas no sistema plantio direto. Para tanto, é fundamental o estudo dos seus efeitos na estrutura do solo. O presente trabalho buscou avaliar o efeito de cinco espécies de plantas de cobertura de primavera/verão, sobre a produção de massa seca das mesmas e da cultura da aveia em sucessão, na agregação do solo, na densidade, na porosidade e no acúmulo de nitrogênio. Os diferentes tratamentos foram as cinco espécies de plantas, sendo elas: feijão guandú, mucuna cinza, crotalária juncea, capim-sudão e milho. O experimento foi conduzido em quatro blocos ao acaso, onde após o cultivo das plantas de cobertura, utilizou-se em sucessão a cultura da aveia preta. No período de florescimento das plantas de cobertura coletou-se a parte aérea em uma área 1 m² para determinar a massa seca. As coletas de solo para avaliação da agregação (camadas 0-10 e 10-20 cm), densidade e porosidade (camadas 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm) foram realizadas no período de senescência da aveia preta. Houve interação significativa para a produção de massa seca entre as plantas de cobertura de verão, onde o milho se sobressaiu em relação às demais. Para as demais avaliações não houve interação significativa pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%.

Palavras-chave: Estrutura do solo. Plantas de cobertura. Sistema Plantio Direto.

ABSTRACT

Cover crops play a fundamental role in the crop rotation program in the no-tillage system. Therefore, it is essential to study its effects on the soil structure. The present work sought to evaluate the effect of five species of spring / summer cover plants, on their dry mass production and on the succession of oat culture, on soil aggregation, density, porosity and nitrogen accumulation. The different treatments were the five species of plants, namely: feijão guandú, mucuna cinza, crotalaria juncea, capim-sudão and milheto. The experiment was carried out in four randomized blocks, where after cultivation of cover crops, black oat culture was used in succession. The experiment was carried out in four randomized blocks, where after cultivation of cover crops, black oat culture was used in succession. During the flowering period of the cover plants, the aerial part was collected in an area of 1 m² to determine the dry mass. Soil collections to evaluate aggregation (layers 0-10 and 10-20 cm), density and porosity (layers 0-5, 5-10, 10-15 and 15-20 cm) were carried out during the senescence period of oats black. There was a significant interaction for the production of dry matter between the summer cover plants, where the millet stood out in relation to the others. For the other evaluations, there was no significant interaction by the Tukey test with a significance level of 5%.

Keywords: Soil Structure. Cover Plants. No-till System.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 Objetivo geral.....	4
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 ESTRUTURA DO SOLO	5
2.2 PLANTAS DE COBERTURA.....	7
2.3 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA PARA O SUL DO BRASIL	
9	
2.3.1 Leguminosas	10
2.3.1.1 Crotalária Juncea (<i>Crotalaria juncea</i> L.)	10
2.3.1.2 Mucuna Cinza (<i>Mucuna pruriens</i> L.).....	11
2.3.1.3 Feijão Guandú (<i>Cajanus cajan</i> L.)	12
2.3.2 Gramíneas	13
2.3.2.1 Milheto (<i>Pennisetum americanum</i>)	13
2.3.2.2 Capim-Sudão (<i>Sorghum sudanense</i>)	14
2.3.2.3 Aveia Preta (<i>Avena strigosa</i> S.).....	15
2.4 PLANTAS DE COBERTURA E CICLAGEM E RECICLAGEM DE NITROGÊNIO ...	16
2.5 EFEITOS DAS PLANTAS DE COBERTURA SOBRE O SOLO	17
2.5.1 Efeitos do sistema radicular na estrutura do solo	18
3 METODOLOGIA	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	23
4.2 ESTIMATIVA DE ACÚMULO DE NITROGÊNIO PELAS PLANTAS DE COBERTURA	24
4.3 DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA DA CULTURA DA AVEIA PRETA	25
4.4 ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO	27
4.5 DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO	28
5 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O sistema de manejo do solo para produção de grãos predominante no Brasil atualmente é o sistema de plantio direto (SPD), com 32 milhões de hectares no território nacional. No entanto, a maioria não possui o manejo correto do solo, visto que, desta totalidade apenas 10,7 milhões de hectares seguem as premissas básicas do sistema, deixando os outros 21,3 milhões de hectares geralmente com monocultivo de verão e pousio de inverno (DENARDIN, 2017).

Ainda de acordo com o autor, o não seguimento das recomendações para a execução do sistema implica em perdas de corretivos, nutrientes, defensivos e das próprias partículas de solo, através do escoamento superficial. Além disso, ocorre também o aumento da densidade do solo, resistência a penetração e compactação, fatores extremamente comuns nas lavouras do RS e do país.

O selamento superficial impede a infiltração e o subsuperficial o crescimento das raízes para buscar água em camadas mais profundas, de forma que curtos períodos sem chuva agravam o déficit hídrico. Para tanto, os problemas além da desinformação, é muitas vezes a falta de interesse, recursos e incentivo do Estado para que as recomendações sejam atendidas.

A cobertura ineficiente provoca o desequilíbrio na microbiota, facilitando a erosão hídrica, decréscimo de matéria orgânica, aumento de plantas daninhas e fonte de inóculo de doenças, fazendo-se necessário o maior uso de defensivos que pode resultar em resistência. Este fato faz com que o produtor dependa cada vez mais de insumos para produzir, encarecendo o custo de produção, e até mesmo fazendo com que o produtor rural abandone a atividade, pois o sistema conduzido erroneamente não se sustenta por muito tempo.

Sobre as recomendações do SPD, além de semeadura direto na palha, é necessária a rotação de culturas, que normalmente é inexistente, predominando a monocultura de soja-trigo-soja ou soja-pousio de inverno-soja. Tal situação é tida como ineficiente, pois não há quantidade de cobertura vegetal o suficiente para manter qualidade física, química e biológica no solo.

Durante a implantação do sistema no Brasil foram realizadas muitas pesquisas. Foi incluído, no ano 2000, o processo colher-semear, evitando deixar a área em pousio, revolvimento apenas na linha ou cova de semeadura ou plantio, diversificação de culturas, rotação ou consorciação, além da manutenção da cobertura morta, que deve atender de 8 a 12 toneladas/ha/ano, considerando que para regiões mais quentes, onde a decomposição é mais acelerada, os teores devem ser mais próximos de 12 toneladas (DENARDIN; FAGANELLO; LEMAINSKI, 2019).

Para atender a demanda de resíduos na lavoura, o produtor rural deve incluir as culturas para cobertura nas janelas de cultivo. No RS, é comum a colheita da soja ser realizada em fim de janeiro e em fevereiro, e a área permanecer em pousio até o mês de maio ou ainda junho, quando é feita a semeadura do trigo. Dentro desse período, há o crescimento de plantas espontâneas que muitas vezes não são controladas com um só produto, fazendo com que o produtor tenha que entrar na área mais vezes e realizando mais aplicações de herbicida.

Tendo em vista a importância das culturas de cobertura, se faz necessária a avaliação da estabilidade dos agregados, tendo este fator como um importante indicador da qualidade do solo (PORTUGAL *et al.*, 2010). Estes autores ainda tratam, do ponto de vista econômico e prático, que a importância da avaliação das alterações estruturais sirva para manter ou recuperar o potencial agrícola e produtivo da área. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura sobre a agregação do solo, partindo de um solo totalmente desestruturado, provindo de plantio convencional.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura de primavera/verão sobre a produtividade de massa secas da aveia preta além de seus efeitos na estrutura do solo.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a produção de matéria seca das espécies de plantas de cobertura de verão;
- b) Determinar alterações sobre a agregação de solo, densidade e porosidade pelas diferentes espécies de plantas de cobertura de verão;
- c) Avaliar a produtividade de matéria seca da cultura da aveia preta.
- d) Estimar a quantidade de nitrogênio acumulado pelas espécies.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESTRUTURA DO SOLO

A estrutura do solo é tida como resultante do arranjo da agregação das partículas primárias (areia, silte e argila) juntamente com compostos orgânicos e componentes minerais (matéria orgânica, sais e calcário). Os agregados, por sua vez, são unidades básicas de estrutura e construção de um solo, sendo um fator resultante da interação entre raízes e fragmentos de plantas e microrganismos, cátions polivalentes, minerais e matéria orgânica (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

O processo de formação dos agregados constitui-se em duas fases: a primeira refere-se à aproximação das partículas através de atração eletrostática, ação mecânica de hifas e raízes e pela variação do conteúdo de água no solo, através dos períodos de umedecimento e secagem (BOCHNER *et al.*, 2008). A segunda etapa refere-se à consolidação da união entre as partículas, obtida através da ação de agentes cimentantes, como exsudatos liberados por raízes e polímeros da matéria orgânica, que agem em função da fração mineral do solo, através dos cátions polivalentes (CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSHI, 1998).

Os agregados são constituídos por unidades estruturais conhecidas como macro e microagregados (CAPECHE, 2008). A estrutura dos microagregados é assegurada pela produção de polissacarídeos provindos do metabolismo microbiano, além da degradação de outros materiais presentes, como raízes e seus exsudatos, resíduos vegetais e animais, dentre outros (GARCIA; ROSOLEM, 2010). Os mesmos autores também afirmam que a estrutura dos macroagregados se dá principalmente por hifas de fungos e matéria orgânica, sendo esta última com pequeno grau de decomposição.

O agrupamento destes agregados em forma estrutural definida permite a classificação da estrutura de um solo quanto à forma, tamanho e grau de desenvolvimento. A forma pode ser definida como resultado da força de coesão de partículas minerais e orgânicas, além da ação física e química promovida por macrorganismos (animais e vegetais) e microrganismos (CAPECHE, 2008).

Quanto à estrutura, podem ser classificadas como laminar, prismática, blocos e granular. A estrutura laminar corresponde ao arranjo em que a dimensão horizontal é sempre maior que a vertical, sua frequência é maior em horizontes superficiais, porém podem aparecer em

profundidades. Sua ocorrência pode se relacionar com processos pedogenéticos ou por compactação do solo quando este é mal manejado (CAPECHE, 2008).

A estrutura prismática possui dimensão vertical maior que a horizontal. Ainda pode ser classificada como prismática (como o próprio nome já diz) quando a extremidade superior é plana, ou como colunar, quando a extremidade superior é arredondada. Normalmente são encontradas em horizontes subsuperficiais, quando estes possuem alta atividade de argila e processos de umedecimento e secagem durante períodos do ano (CAPECHE, 2008).

Quanto à estrutura em blocos, esta possui as três dimensões com tamanhos parecidos e pode ser subdividida em angular e subangular. A estrutura angular possui faces com ângulos bem vivos e definidos, já a estrutura subangular possui ângulos menos definidos e mais arredondados. A ocorrência destes é mais comum em horizontes subsuperficiais (CAPECHE 2008).

E por fim, ainda de acordo com o mesmo autor, a estrutura granular que possui as três dimensões parecidas e superfície arredondada. É mais comum ser encontrada em horizontes superficiais, onde forma grumos, sendo relacionada com a atividade microbiológica e presença de matéria orgânica. Quando ocorre em horizonte B, geralmente está relacionada com a presença de óxidos de ferro e alumínio.

A estrutura de solo como um todo, não é um fator direto do crescimento de plantas e tampouco indicativo direto de qualidade ambiental. Porém, indiretamente possui relação com todos os fatores que atuam sobre eles. A mesma afeta a penetração de raízes, retenção e suprimento de água, aeração, disponibilidade de nutrientes e atividade da microbiota (REINERT; REICHERT, 2006).

Conhecer o comportamento físico de um solo é imprescindível, pois assim se pode adotar um sistema de manejo específico para cada área, realizando orientações de irrigação, drenagem, preparo e tipo de cultura a ser empregado (REINERT; REICHERT, 2006). As práticas adotadas podem ser determinantes para a modificação da estrutura. Para Salton *et al.* (2012), a gradagem promove um aumento na porosidade, porém a longo prazo dá origem a zonas compactadas.

Os autores afirmam que, em cultivo convencional, a estrutura se mantém homogênea na camada revolvida, mas com a adoção do Sistema Plantio Direto há aumento na variabilidade espacial da estrutura do solo. Normalmente os atributos físicos avaliados são macro e microporosidade e densidade global com coleta de amostras indeformadas. No entanto, em solos com grande variabilidade, como os de SPD, o número de amostras aumenta e dificulta a

coleta. Nesses casos sugere-se que sejam coletados monólitos de solo para avaliação do “grau de agregação do solo” e “estabilidade de agregados” (SALTON *et al.*, 2012).

A estabilidade de agregados é tida como um indicador dos processos que envolvem a degradação do solo, pois influencia na aeração, penetração de raízes, infiltração e retenção de água no perfil, erosão e selamento superficial. A avaliação deste parâmetro consiste em comparar as forças que ligam as partículas em relação à magnitude das forças desagregantes aplicadas na avaliação (SÁ *et al.*, 2000).

Quanto às práticas de manejo, estas possuem forte influência sobre a agregação de um solo, no que diz respeito ao modo de preparo, histórico de uso e materiais orgânicos adicionados à área, em um período longo de tempo. As mudanças ocorridas em períodos curtos (meses) podem sofrer instabilidades (CAMPOS *et al.*, 1999).

A adição de plantas para incremento de material orgânico em solos fisicamente degradados promove o aumento na variedade de sistemas radiculares e aéreos, juntamente com composições diferentes. De maneira geral, as plantas contribuem com a agregação através principalmente de suas raízes que se ramificam pelo solo, e ao serem pressionadas predispõe a formação dos agregados. Também estão aliadas à remoção de umidade, liberando exsudatos que alimentam os microrganismos da rizosfera e que de certa forma são agentes da agregação (WOHLENBERG *et al.*, 2004).

Plantas de cobertura agregadoras e com sistema radicular mais agressivo melhoram a estrutura do solo e minimizam os efeitos negativos da degradação, desde que adaptadas ao sistema de cultivo e clima da região (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009). A escolha das espécies ainda deve estar relacionada com seu potencial de uso, já que muitas podem ser utilizadas em sistemas de integração lavoura-pecuária.

Ao passo que uma área passa a ser cultivada, suas características naturais são modificadas, onde os agregados maiores passam a ficar menores, o que diminui a macroporosidade e aumenta a microporosidade, que ocasiona também no aumento da densidade do solo. Sendo assim, sistemas sem revolvimento e com adição de resíduos podem amenizar a queda da qualidade da estrutura, bem como recuperar as áreas que já se encontram degradadas (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990).

2.2 PLANTAS DE COBERTURA

Após o sistema convencional cair em desuso em grandes culturas como soja, trigo e milho, fez-se necessária a adoção de novas técnicas no manejo das lavouras, e uma delas trata da rotação de culturas dentro da área cultivada. Para tanto, é necessária a utilização de espécies além da cultura principal da propriedade. Com isso devem ser usadas espécies adaptadas ao clima da região, características de solo, infraestrutura para a produção e as exigências de mercado, se for o caso (FIDELIS *et al.*, 2003).

Atualmente o uso correto de plantas de cobertura em um sistema de rotação de culturas dentro do SPD é restrito a poucas áreas no país. Normalmente os produtores rurais dão atenção apenas para o cultivo da soja, sendo comumente a cultura principal dentro da propriedade rural, negligenciando o uso de plantas de cobertura e realizando apenas uma sucessão de duas espécies por ano, ou ainda monocultura com pousio de inverno.

A rotação/diversificação/consorciação de culturas depende da presença de plantas de cobertura. Estas proporcionam o aumento de resíduos vegetais na superfície, com ação direta na dissipação da água da chuva, selamento superficial, e menor desagregação de partículas, que ocasiona a resistência à erosão hídrica, promovendo assim, o aumento da absorção de água da chuva (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010). Os autores ainda afirmam que o preparo conservacionista, utilizando cobertura com as plantas ou seus resíduos, determina maior conteúdo de água no solo devido à maior retenção e menor evaporação.

O uso de plantas de cobertura serve como solução para que produtores rurais não deixem suas áreas em pousio, tanto entre soja-trigo quanto no inverno todo até que semeie milho ou soja novamente. É principalmente nessa época em que o maior volume de chuva, aliado à cobertura ineficiente e presença de plantas daninhas, resultam na perda de fertilizantes e corretivos. Desse modo, leguminosas e gramíneas de cobertura desempenham papel fundamental na ciclagem e reciclagem de nutrientes, aproveitando-os para a cultura subsequente (DA ROS, 1993).

A eficiência do uso das plantas está diretamente relacionada com a qualidade e quantidade da palhada residual que permanece na área, fator que implica na permanência, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes (FAVARATO *et al.*, 2015).

As leguminosas possuem grande importância no equilíbrio da relação C/N do solo, e assim no fornecimento rápido de N e de outros nutrientes, além disso podem estar relacionadas com a maior estabilidade de agregados, devido a maior massa de hifas de fungo nas raízes, quando comparadas às gramíneas (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009).

Por sua vez, as gramíneas possuem relação C/N mais alta, o que diminui a velocidade de decomposição e ocorre liberação lenta dos nutrientes. Mas ainda são importantes aliadas na

alta produção de palha, e a permanência destas como cobertura. Com essas características, as gramíneas também promovem melhoria da estrutura do solo, devido ao conteúdo da massa vegetal possuir mais lignina que promove a produção de outros ácidos, tornando o solo mais resistente à compactação (PRIMAVESI, 1982).

A importância no uso de plantas de cobertura se estende para outro fator comum presente nas áreas de cultivo: a supressão de plantas daninhas. Nesse caso, há uma competição interespecífica por recursos limitados no meio, tais como água, luz, espaço e nutrientes (VARGAS; ROMAN, 2008), sendo que a perda de produtividade da cultura é maior quando há semelhança morfofisiológica com as invasoras presentes (LAMEGO *et al.*, 2004).

Os resíduos de palha deixados por essas plantas impedem a emergência das plantas daninhas, através do sombreamento e da consequente redução da amplitude térmica no solo. Essa redução da viabilidade das sementes também pode estar envolvida com o ataque de organismos que causam danos ao banco de sementes, e ainda, pela produção de aleloquímicos pelas plantas de cobertura ainda vivas, ou pela decomposição de seus resíduos (LAMEGO *et al.*, 2015). Os autores ainda afirmam que em áreas cuja cobertura superficial é ineficiente, espécies como *Raphanus* spp. e *Conyza bonariensis* se estabelecem com muita facilidade e podem trazer grandes prejuízos aos produtores, além de resistência a mecanismos de ação de herbicidas.

2.3 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA PARA O SUL DO BRASIL

A região sul do Brasil se destaca pelas temperaturas amenas e chuva regular durante o período de outono/inverno. Com isso as plantas de cobertura de inverno são mais aceitas para produção de palhada do que as de verão. Cerca de 43% das áreas cultivam aveia-preta, semeada no outono e que permanece na área até a primavera, geralmente (ZIECH *et al.*, 2015). O autor ainda afirma que este fato é importante para a produção de palha nas áreas; porém usar a mesma cultura, ou outra cultura de mesma família todos os anos, compromete a mineralização de nutrientes.

Nos últimos anos, os produtores passaram a adotar outras espécies de outras famílias, tais como ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). No entanto, usar essas mesmas culturas todo outono/inverno também pode ser um problema. Em algumas situações, como no caso do nabo, pode ser observada a resistência aos herbicidas.

No período de verão, basicamente se cultiva soja, e milho em menor quantidade, gramíneas forrageiras são cultivadas em menor escala, e normalmente em propriedades com criação de bovinos. Se faz necessária a adoção de plantas de cobertura no período de verão, em rotação com milho ou a soja, isto requer um planejamento da propriedade por parte do produtor. A não aceitação se deve ao fato de que a maioria dos produtores almejam retorno (principalmente financeiro) rápido, e desconsideram a melhoria da qualidade química, física e biológica do solo a longo prazo, que com certeza induziria a economia de insumos para a produção.

2.3.1 Leguminosas

As antigas civilizações já faziam uso de adubação verde com leguminosas, buscando a melhoria da qualidade do solo e com conseqüente aumento da produtividade da cultura sucessora (FLORENTÍN *et al.*, 2010). Atualmente, o uso efetivo de plantas para adubação verde é restrito a poucas áreas do país, sendo que praticamente toda a necessidade por nutrientes é suprida com adubação química.

O conceito de adubação verde refere-se ao uso de plantas com a finalidade de melhorias química, física e biológica no solo, com incorporação de plantas ao solo com uma elevada produção de biomassa. Nessa perspectiva, as leguminosas são normalmente as mais utilizadas não só pela fixação de N, mas também porque possuem quantidades significativas de fósforo, potássio e cálcio provindos da reciclagem no sistema solo-planta (FARIA, 2004).

2.3.1.1 Crotalária Juncea (*Crotalaria juncea* L.)

Trata-se de uma planta arbustiva (Figura 1), com centro de origem localizado na Índia e muito bem adaptada a regiões tropicais e subtropicais. No Brasil foi introduzida no século XX, objetivando-se o uso como planta fixadora simbiótica de nitrogênio e recuperadora de solo (CIESLIK, 2014). Possui crescimento inicial rápido e atinge um porte entre 2 e 3 metros. É uma boa opção para a supressão das plantas daninhas, pois é bastante competitiva e possui efeito alelopático (QUEIROZ *et al.*, 2010).

A recomendação técnica é uma semeadura com espaçamento de 50 cm nas entrelinhas, sendo necessário em torno de 25 kg de sementes ha⁻¹. A produção de massa seca varia em torno

de 6 a 8 ton ha⁻¹, e a fixação de N varia entre 180 a 300 kg ha⁻¹. É uma espécie adaptada aos diversos tipos de solo e com baixa qualidade nutricional (FORMENTINI, 2008).

Figura 1 – Plantas de crotalária juncea.



Fonte: Sementes Caiçara, 2020.

2.3.1.2 Mucuna Cinza (*Mucuna pruriens* L.)

Trata-se de uma espécie originária do continente asiático (Figura 2), com hábito trepador de crescimento indeterminado e altura em torno de 60 cm. Caracteriza-se como uma planta rústica, adaptada a solos com baixa qualidade nutricional e deficiência hídrica (OKITO *et al.*, 2004). Com ciclo que varia entre 115 a 120 dias e por seu hábito agressivo, não é uma planta ideal para consórcios, mas sim para rotação, já que se enrola em qualquer suporte próximo. Porém essa característica faz com que seja bastante eficiente na supressão de plantas daninhas (FARIA, 2004).

A fixação biológica de nitrogênio nesta espécie gira em torno de 145 kg ha⁻¹. De rápida decomposição e liberação deste nutriente, cerca de 50% do N já está liberado aos 24 dias da incorporação de resíduos, para a primavera de Viçosa – MG (RIBAS *et al.*, 2010; BUENO *et al.*, 2007). Ainda de acordo com Bueno *et al.* (2007) produção de matéria seca é de 8,1 ton ha⁻¹, em média.

Figura 2 – Plantas de mucuna cinza.



Fonte: Sementes Caiçara, 2020.

2.3.1.3 Feijão Guandú (*Cajanus cajan* L.)

Esta espécie caracteriza-se como arbustiva, semi-perene e que pode atingir até três metros de altura com crescimento ereto (Figura 3). É tolerante à escassez de água devido ao sistema radicular profundo, fazendo com que seu cultivo seja vantajoso em regiões com chuvas irregulares ou escassas durante o ano (RAMOS, 1994).

Ainda de acordo com o autor, o guandú prefere solos bem drenados e profundos, porém com fertilidade média a alta e não ácidos. A semeadura para produção de feno deve ser mais densa, pois assim as plantas se tornam menos fibrosas e com mais rendimento. É recomendável espaçamento de 1 m entre linhas e 8 a 10 sementes por metro linear.

A produção média de massa seca para esta cultura é de 9 ton ha⁻¹ (RAYOL; RAYOL, 2011; SUZUKI; ALVES, 2006), sendo que a produção é variável conforme o clima da região onde se encontra. É comum que plantas em regiões com temperaturas amenas produzam uma quantidade menor de massa seca (CALEGARI *et al.*, 1992). Junto a isso, a fixação biológica de nitrogênio é em média de 210 kg ha⁻¹ (DE MELLO, 2020).

Figura 3 – Plantas de feijão guandú.



Fonte: Galpão Centro-Oeste, 2020.

2.3.2 Gramíneas

As gramíneas são importantes aliadas em programas de rotação de cultura, pastejo e quando se objetiva aumentar o conteúdo de palha no solo com uma decomposição mais lenta. Para o Sul do Brasil, o uso destas plantas se dá principalmente no período de inverno, especialmente trigo, aveia e azevém; no período de verão as propriedades geralmente preferem as culturas de maior interesse econômico, como a soja e o milho. Em menor quantidade são cultivadas outras espécies de gramíneas para pastejo, em propriedades que trabalham com bovinos.

As espécies de gramíneas têm forte influência na estruturação do solo, aporte e conservação de matéria orgânica, através da alta produção de raízes (CUNHA *et al.*, 2010). Pelo sistema radicular fasciculado e a alta produção de matéria seca, ajudam a combater a erosão hídrica, infestação por plantas daninhas e contribuem de forma significativa na agregação de solos desestruturados.

2.3.2.1 Milheto (*Pennisetum americanum*)

É uma espécie forrageira de clima tropical, com semeadura que pode ser realizada em final de outubro no RS (Figura 4). Adaptada a solos arenosos e resistente à seca, ainda assim produz um elevado volume de palha. A produção de matéria seca é bastante variável em função da adubação, região e variedade, mas analisando os dados de Salton e Kichel (1997) e Benedeti (1999), foi possível obter uma produção média de 17 t ha⁻¹.

Seu cultivo é uma boa opção para pastejo, pois trata-se de uma cultura com 24% de proteína bruta, e até 78% de digestibilidade. Quando a finalidade for a produção de grãos, esta cultura pode substituir até 70% da quantidade de grãos de milho ou de sorgo na formulação de rações sem perder a qualidade nutritiva, além de poder servir somente para produção de palha no SPD (FARIA JÚNIOR, 2007).

A recomendação para semeadura é que se utilize de 12 a 15 kg ha⁻¹ de sementes. A cultura se desenvolve bem tanto em semeadura na linha ou a lanço, com profundidade de não mais que 2 cm. Se a finalidade for pastejo, a recomendação ainda indica que possa ser iniciado quando a cultura tiver com aproximadamente 40 cm de altura, e que se retirem os animais quando a mesma se encontrar com 10 cm (EMBRAPA, 2020).

Figura 4 – Plantas de milheto.



Fonte: Embrapa Trigo, 2020.

2.3.2.2 Capim-Sudão (*Sorghum sudanense*)

Trata-se de uma espécie rústica de verão (Figura 5), sendo mais tolerante à seca do que a solos úmidos. Possui uma elevada capacidade de rebrote e é uma ótima opção para pastejo rotativo. No RS, pode ser implantada a partir de setembro, e sua produção se estende até que comece a ocorrer as primeiras geadas e as temperaturas amenas do outono seguinte (EMBRAPA, 2020).

Ainda de acordo com o autor, a recomendação de semeadura é de 25 kg ha⁻¹, preferencialmente em linha, com espaçamento de 17 a 45 cm nas entrelinhas, sendo que os espaçamentos menores promovem maior produção por parte da cultura.

Figura 5 – Plantas de capim-sudão.



Fonte: Programa Estadual de Conservação do Solo e da Água, 2020.

2.3.2.3 Aveia Preta (*Avena strigosa* S.)

É uma espécie de clima temperado, bastante usada na alimentação animal sob forma de pasto, e em menor escala sob a forma de feno (Figura 6). É bastante exigente no consumo de água, porém o excesso de umidade facilita o crescimento de fungos patogênicos, que atacam folhas, colmos e sementes, sendo que quando a finalidade for produção de sementes podem ficar escurecidas pelo ataque dos patógenos, perdendo valor comercial (PRIMAVESI; RODRIGUES; GODOY, 2000).

Apesar de ser uma espécie de clima temperado, Primavesi, Rodrigues e Godoy (2000) ainda afirmam que é possível cultivá-la em regiões tropicais e subtropicais, atentando-se à disponibilidade de água e em solos profundos drenados e com pH entre 5,5 a 6,0. Quando a produção se objetiva à grãos, o recomendado é 70 kg ha⁻¹ em linha, porém quando a finalidade é pastejo essa quantidade aumenta, podendo atingir até 100 kg ha⁻¹ se for a lanço e com sementes salvas pelo produtor.

O rendimento de massa seca varia bastante conforme a adubação, cultivar e época de corte. Neste sentido, Demétrio, Costa e Oliveira (2012) em uma avaliação com cinco cultivares da espécie em fase de florescimento encontraram uma produção média de 10,5 t ha⁻¹.

Figura 6 – Plantas de aveia preta.



Fonte: Embrapa Trigo, 2020.

2.4 PLANTAS DE COBERTURA E CICLAGEM E RECICLAGEM DE NITROGÊNIO

Na escolha das espécies que irão compor a cobertura da área, além da adaptação ao clima da região e produção de matéria seca, outros parâmetros devem ser levados em consideração, tais como taxa de decomposição, relação C/N, ciclagem/reciclagem de nutrientes e melhoria das qualidades físicas do solo.

Para manejos conservacionistas em climas tropicais e subtropicais, é recomendada a adição de grandes quantidades de restos culturais, para compensar a rápida decomposição e manter o solo coberto por mais tempo e incrementá-lo com o aumento de matéria orgânica (DERPSH *et al.*, 2010).

Por meio do sistema radicular, as plantas extraem das camadas mais profundas do solo os nutrientes que possivelmente seriam perdidos, fator conhecido como reciclagem. Após o manejo da fitomassa e a velocidade de decomposição, os nutrientes retidos nos resíduos são liberados para a cultura subsequente, lenta e gradualmente ou de forma rápida e intensa (CRUSCIOL *et al.*, 2008).

A disponibilidade de nutrientes é dada pela velocidade de decomposição. Quando é rápida, a liberação também é rápida, e o tempo de proteção do solo com a cobertura é menor. No entanto, quando o teor de lignina e relação C/N forem altos, a velocidade de decomposição e disponibilidade de nutrientes é lenta. Através desses fatores é feita a diferenciação entre espécies leguminosas (rápida decomposição e liberação) e gramíneas (lenta decomposição e liberação) (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006).

A decomposição destes resíduos é realizada basicamente por microrganismos heterotróficos, que utilizam dos nutrientes presentes para produção de energia e crescimento. No entanto, a atuação desses organismos depende de fatores abióticos como umidade, temperatura, clima, teor de lignina e polifenóis e ainda, concentração de carbono e nitrogênio que irá determinar a mineralização ou imobilização de N pela biomassa microbiana (ACOSTA *et al.*, 2014).

Para Santos (2007) a relação C/N diz respeito a um importante indicador da decomposição e fornece informação sobre o estado de humificação. É comum os materiais orgânicos presentes no ambiente apresentarem maior quantidade de carbono em relação à quantidade de nitrogênio; isto implica na competição dos microrganismos do solo pelos nutrientes presentes no material.

De acordo com os mesmos autores, tal equilíbrio foi comprovado, concluindo que em consórcios de aveia preta e ervilhaca comum, a gramínea foi favorecida com nitrogênio fixado na leguminosa, através da atividade radicular e também das folhas mortas que iam decompondo-se. Com isso é possível observar os benefícios não só para a cultura sucessora, mas também durante o ciclo das plantas em consórcio.

As principais vantagens observadas em sistemas consorciados em comparação ao cultivo solteiro são: maior acúmulo de matéria seca e reciclagem de nutrientes; relação C/N intermediária quando há gramínea e leguminosa; sistemas radiculares distintos proporcionam melhor aproveitamento de água e nutrientes; a gramínea estimula a fixação de N atmosférico na leguminosa, devido ao seu alto consumo (GIACOMINI *et al.*, 2003).

No entanto, mesmo em cultivos solteiros, uma sucessão/rotação de culturas bem planejada e aplicada promove efeitos benéficos ao solo, tais como alto teor de resíduos sobre a superfície, levando à alta atividade microbológica em processos de decomposição, aumento de substâncias húmicas e melhoria na estrutura física, através dos resíduos das raízes abaixo da superfície. Para isso, é importante que se conheça as taxas de fixação de nitrogênio, produção de massa fresca e época de semeadura das culturas, para que se possa fazer um planejamento dentro da propriedade.

2.5 EFEITOS DAS PLANTAS DE COBERTURA SOBRE O SOLO

A diversificação de espécies promove mudanças e aumento na atividade microbológica. O resultado dos processos microbianos é a transformação do material orgânico em diversos

estágios de decomposição e compostos humificados. A matéria orgânica do solo (MOS) possui características resultantes dos processos atribuídos ao uso do solo, em que foram ou estão sendo submetidos (BENITES *et al.*, 2010). Apesar de pequenas frações do solo serem constituídas pela MOS, trata-se de um importante atributo dos processos químicos, físicos e biológicos.

Os autores ainda afirmam que a caracterização das substâncias húmicas possui potencial para se avaliar as alterações na qualidade do solo. Estas alterações ocorrem através de processos naturais estáveis diante da variação a curto prazo em comparação a outros indicadores biológicos, mas que também são refletidas às atividades antrópicas (BENITES *et al.*, 2010).

Para Garay e Kindel (2001) solos com características tropicais e subtropicais dependem da qualidade e grande quantidade de estoques orgânicos para manter sua fertilidade, e o conhecimento acerca de componentes orgânicos e propriedades edáficas carregam informações relevantes para o manejo futuro dos sistemas de cultivo.

Avaliando sistemas de culturas quanto à estabilidade de agregados, Paladini e Mielniczuk (1991) afirmam que as gramíneas e leguminosas de ciclo anual, em comparação com espécies perenes, possuem menor eficiência na agregação do solo, pelo fato de que possuem menor tempo para atuarem devido ao ciclo curto e também pela menor produção de resíduos.

Porém, mesmo assim são indispensáveis para a melhoria da estrutura do solo, como Nuernberg, Stammel e Cabeda (1986) concluíram que a estabilidade de agregados foi incrementada por sucessões de milho + feijão miúdo/aveia + ervilhaca/milho/aveia + trevo vermelho e também pela sucessão de milho/tremoço branco/milho/aveia + trevo branco + pensacola, sendo que estas aumentam os agregados de maior diâmetro em relação aos menores.

Em um estudo realizado por Campos *et al.* (1995), no sistema plantio direto a sucessão aveia-soja obteve maior influência na agregação, enquanto que para o sistema convencional foi o consórcio ervilhaca/aveia em sucessão com soja. Os autores afirmam que isso é promovido pelo sistema radicular da aveia, e no caso do sistema convencional o solo carece de maior diversificação de plantas para a alimentar a atividade biológica.

2.5.1 Efeitos do sistema radicular na estrutura do solo

O efeito das plantas de cobertura, no geral, já é conhecido. Por exemplo, evitam a erosão, aumentam a cobertura, promovem a reciclagem de nutrientes, diminuem as perdas de água pela

evaporação, reduzem a amplitude térmica, diminuem a incidência de plantas daninhas e aumentam os teores de carbono e, conseqüentemente, de MOS.

No entanto, elas têm outro papel fundamental um pouco menos explorado, que se refere ao sistema radicular e seus efeitos na estrutura do solo. Uma boa estrutura é a que permite o crescimento de raízes no perfil, absorção de água, dentre outros fatores, mas é válido lembrar que as características naturais de cada tipo de solo também são importantes e devem ser levadas em consideração para a escolha do manejo.

Há grande preocupação quanto ao impedimento do crescimento das raízes em solos compactados (ALVARENGA *et al.*, 1996). Avaliando os tributos físicos do solo e o crescimento de raízes de solo em um Latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo, Maria, Castro e Dias (1999) concluíram que os tratamentos através da análise de densidade e resistência do solo e densidade de raízes afetaram significativamente o sistema radicular das plantas.

Medeiros, Soares e Guimarães (2005) afirmam que o alongamento radicular só é possível quando a resistência à penetração do solo for menor do que a pressão de crescimento das raízes. O alongamento também é favorecido quando há maior quantidade de macroporos, ou seja, em solos com estrutura física satisfatória, ou ainda em áreas com alto teor de umidade.

De fato, o sistema radicular influencia na compactação do solo, e as plantas devem possuir raízes agressivas aliadas à alta produção de massa verde. A recuperação e manutenção das características físicas do solo depende do aporte contínuo de compostos orgânicos e atividade biológica (CUBILLA *et al.*, 2002).

Para a avaliação da qualidade do solo e manutenção do sistema de cultivo, a distribuição do sistema radicular deve ser levada em consideração, pois em alguns casos o crescimento de raízes obtém resultados satisfatórios mesmo em solos com maior grau de compactação, considerando áreas com fendas ou de menor densidade nos períodos de maior umidade. Além disso, as partes não impedidas de crescer podem compensar as partes compactadas (ARGENTON *et al.*, 2005).

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo. O clima da região é classificado como Cfa (subtropical sem estação seca definida), de acordo com a classificação de Köppen (1931). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, com composição granulométrica na área de 95 g kg⁻¹ para areia, 325 g kg⁻¹ para silte e 581 g kg⁻¹ de argila (MALLMANN, 2014).

A implantação foi em delineamento em blocos ao acaso, quatro repetições e cinco tratamentos com diferentes espécies de plantas de cobertura de primavera/verão, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos utilizados foram: feijão guandú (*Cajanus cajan* L.) – T1; crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) – T2; mucuna cinza (*Mucuna pruriens* L.) – T3; capim sudão (*Sorghum sudanense*) – T4 e milho (*Pennisetum americanum*) – T5, distribuídas em parcelas de 4x2, com espaçamento de 1m entre parcelas e blocos, como no croqui do quadro 1.

Quadro 1 - Croqui do experimento.

Parcela	Bloco			
	4	3	2	1
5	crotalária	guandú	mucuna	milheto
4	c. sudão	milheto	crotalária	c. sudão
3	mucuna	crotalária	c. sudão	mucuna
2	guandú	mucuna	guandú	crotalária
1	milheto	c. sudão	milheto	guandú

Fonte: Autora, 2021.

A cronologia das atividades realizadas está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Cronologia das atividades realizadas.

Atividade	Data
Semeadura	21 e 22/01/2019
Coleta PA	17/05/2019
Semeadura aveia	28/06/2019
Coleta PA aveia	26/09/2019
Coleta (agregação)	4 a 6/11/2019
Coleta (dens. poros.)	10 a 12/12/2019

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

O milho foi implantado cerca de 15 dias antes que as demais, com semeadura mecanizada. As demais espécies tiveram semeadura manual em linhas, com espaçamento entre linhas de 15 cm e entre plantas de 10 cm. As parcelas que não receberam o milho como tratamento foram capinadas e seus resíduos vegetais rastelados e retirados, deixando o solo completamente descoberto.

Quando as plantas atingiram a máxima massa verde, na fase de florescimento, foi realizada a coleta para determinação de matéria seca. As coletas ocorreram conforme as condições de tempo permitiram, sendo cortadas e secas bloco por bloco na área de 1 m². Foi utilizada uma foice para o corte, sacos de pano para armazenamento e levadas à estufa de ar forçado a 55 °C até que atingiram massa constante, com monitoramento e pesagem diária.

Após concluídas as secagens, as plantas de cobertura de primavera/verão foram cortadas, e seus resíduos deixados em sua respectiva parcela, para então ser feita uma semeadura de aveia preta (*Avena strigosa* S.) à lanço em todo o experimento. O cálculo da quantidade de sementes foi baseado em 80 kg ha⁻¹ na linha de semeadura, porém como foi à lanço, adicionou-se o dobro da recomendação, totalizando 160 kg ha⁻¹.

A coleta da parte aérea da aveia preta foi realizada quando as plantas se encontrarem em florescimento pleno, com o uso de um quadrado de 0,25 m² e então levadas a estufa de ar forçado, com secagem em temperatura de 55 °C, permanecendo na mesma até que atingissem peso constante para a determinação do teor de matéria seca.

Quanto à determinação da quantidade de N acumulado pelas espécies, os cálculos foram realizados através de um valor médio de concentração do nutriente em massa seca de plantas, presente nos trabalhos de trabalhos de Assis *et al.* (2013); Pereira *et al.* (2017); Perin *et al.* (2004) e Ribas *et al.* (2010).

As coletas para determinação da estabilidade de agregados ocorreram nos dias 4, 5 e 6 de novembro de 2019, onde a cultura da aveia preta encontrava-se seca e o solo úmido. Para a coleta foi utilizado uma pá de corte. Com uma régua, foi medida a altura de 0-10 cm e separada da porção de 0-20 cm. Assim, foram amostradas todas as parcelas do experimento e levadas para o laboratório. As amostras foram depositadas em pratos plásticos.

Essas amostras tiveram seus agregados maiores separados dos menores com as mãos, nos planos naturais de fraqueza. A determinação da estabilidade de agregados e os cálculos de Diâmetro Médio Ponderado (DMG) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) foram realizados através do Método Via Úmida Padrão, de Kemper e Chepil (1965).

As coletas para determinação dos valores de densidade e porosidade ocorreram nos dias 10, 11 e 12 de dezembro de 2019 com solo úmido. As profundidades amostradas foram de 0-5,

5-10, 10-15 e 15-20 cm, utilizando anéis metálicos, espátula e marreta. Após coletada a amostra, cada anel foi depositado em um pote plástico, identificado e armazenado em laboratório para a futura aplicação da metodologia.

A determinação dos valores de densidade e porosidade foram determinados através do Método do Cilindro Volumétrico, descrito por Viana *et al.* (2017) no Manual de Métodos de Análises do Solo da Embrapa.

A análise estatística das avaliações para massa seca das plantas, agregação, densidade e porosidade foram realizadas através do software Sisvar, sendo utilizado o Teste de Tukey com nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA

A produção de massa seca das plantas de cobertura de verão diferiram significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$), como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - ANOVA para massa seca das plantas de cobertura.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	4	543,3019	135,8255	8,462	0,0017
Bloco	3	56,9786	18,9929	1,183	0,3572
Erro	12	192,6102	16,0508		
Total corrigido	19	792,8906			
CV (%)	31,44				

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

As médias obtidas no experimento (Tabela 3) mostram que a espécie que mais produziu massa seca foi o milho, sendo que o guandú e o capim-sudão obtiveram resultados medianos, e crotalária juncea e mucuna cinza as menores médias de produção.

Tabela 3 - Médias de produção de massa seca.

Tratamento	Massa seca - toneladas ha ⁻¹
Milho	21,1 a*
Guandú	13,7 ab
Capim-sudão	13,3 ab
Crotalária juncea.	10,5 b
Mucuna cinza	5 b

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

O milho é uma cultura que se destaca em produção de massa seca, amplamente difundida no Cerrado brasileiro como planta de cobertura no sistema de plantio direto. Para a região Sul do Brasil, seu uso ainda é limitado ao pastejo pelo gado (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003). O mesmo autor ainda afirma que em solos de baixa fertilidade e com baixa

disponibilidade de água, o milho ainda é capaz de produzir cerca de 6,8 ton ha⁻¹ de massa seca, o que ainda é um valor bastante inferior ao obtido neste trabalho.

Quando em boas condições de umidade e adubação sua produção média pode ser mais alta, como analisando os trabalhos de Salton e Kichel (1997) e Benedeti (1999), onde houve uma produção média de 17 t ha⁻¹, porém este resultado ainda é inferior ao encontrado neste trabalho.

A alta produção é uma qualidade importante entre espécies conhecidas como C4 (gramíneas), pois há um melhor aproveitamento da energia luminosa disponível em relação as espécies C3 (leguminosas), com isso há maior produção tanto de massa verde quanto massa seca (TAIZ; ZEIGER, 2002).

Quanto a produção de massa seca pelas leguminosas é possível encontrar na literatura teores mais altos, como de 17 t ha⁻¹ para crotalária juncea e 8 ton ha⁻¹ para feijão guandú (DANTAS *et al.*, 2015) e ainda 8,1 ton ha⁻¹ para mucuna cinza (BUENO *et al.* 2007). Não foi avaliado o motivo pelo qual a mucuna cinza obteve uma média baixa nesse experimento, mas o resultado pode estar atribuído pelo fato da espécie ter tido dificuldades em seu estabelecimento, tal como a baixa taxa de emergência de plântulas, provavelmente atribuído à baixa qualidade das sementes.

Como a recomendação de incremento de massa seca em áreas de lavoura com SPD é de 8 a 12 ton ha⁻¹ ano⁻¹ (DENARDIN; FAGANELLO; LEMAINSKI, 2019), os resultados obtidos nesse experimento mostram que é possível obter tais quantidades mínimas, sendo necessário uma mudança urgente nas propriedades rurais, a fim do SPD ser valorizado e executado de maneira correta, levando em consideração não só os atributos químicos, mas também os atributos físicos e biológicos do solo.

4.2 ESTIMATIVA DE ACÚMULO DE NITROGÊNIO PELAS PLANTAS DE COBERTURA

Através dos cálculos de estimativa foi possível determinar a quantidade de nitrogênio acumulado pelas espécies, já que em nenhum tratamento foi utilizado adubação mineral. Os dados foram retirados dos trabalhos de Assis *et al.* (2013); Pereira *et al.* (2017); Perin *et al.* (2004) e Ribas *et al.* (2010). Os resultados estão detalhados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa do acúmulo de N na massa seca.

Espécie	N acumulado
	--kg ha ⁻¹ --
Milheto	506
Guandú	411
Capim-sudão	68
Crotalária juncea	378
Mucuna cinza	133

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A cultura do milheto se sobressaiu em relação às demais, isso se deve ao fato de ter sido a espécie com maior produção de massa seca (Tabela 3). Porém, isso não foi regra, visto que as espécies de leguminosas possuem certa vantagem. Mesmo produzindo quantidades menores de palha, acumulam altas quantidades de N devido à fixação biológica. Como exemplo disso, foi possível observar que a cultura do capim-sudão, que produziu maior quantidade de massa seca em relação à crotalária e mucuna, acumulou menos N que as leguminosas.

Existe uma diferença entre leguminosas e gramíneas quanto à mineralização do N. As leguminosas possuem relação C/N mais baixa, e então o N é disponibilizado mais rapidamente no solo. Ribas *et al.* (2010), avaliando mucuna cinza, observaram que 50% do nitrogênio acumulado já se encontrava disponível aos 28 dias após o corte, antes mesmo da palhada se decompor. Assim, é possível indicar que as leguminosas são uma ótima opção em consórcios com gramíneas, bem como implantar uma gramínea na mesma área antes que o nitrogênio seja lixiviado ou volatilizado.

As espécies de gramíneas demoram maior tempo para disponibilização dos nutrientes no solo, devido à relação C/N mais alta. No entanto, são eficientes em produção de biomassa, permanecendo na área por mais tempo em relação às leguminosas, tornando-se importantes para o cultivo em áreas de cobertura ineficiente e atuando na agregação do solo ao longo do tempo.

A relação C/N com valores em torno de 25 promove um equilíbrio na imobilização e mineralização de nitrogênio pelos microrganismos. Em relações superiores, a imobilização é mais alta que a mineralização. Essas características devem ser bem observadas por profissionais e produtores rurais, a fim de implantar consórcios de plantas com alta e baixa relação C/N, objetivando-se o equilíbrio (HEINRICHS *et al.*, 2001).

4.3 DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA DA CULTURA DA AVEIA PRETA

A cultura da aveia preta foi implantada nas parcelas como cultura sucessora de cada tratamento do experimento, as médias não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($p > 0,05$) como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Anova para produção de massa seca da aveia preta.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	4	19,3679	4,842	2,45	0,1031
Bloco	3	1,42166	0,4739	0,24	0,8671
Erro	12	23,7368	1,9781		
Total corrigido	19	44,5264			
CV (%)	26,52				

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Mesmo com os resultados não diferindo significativamente, foi possível observar, pelas médias de produção de matéria seca (Tabela 6), que as parcelas com mucuna cinza anteriormente resultaram em tendência de maior produção de massa seca de aveia preta.

Tabela 6 - Médias para produção de massa seca da cultura da aveia preta

Tratamento	Massa seca - toneladas/hectare
Mucuna cinza	6,5 a*
Guandú	5,6 a
Crotalária juncea	5,6 a
Milheto	5,2 a
Capim-sudão	3,5 a

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Para Seganfredo (1995), o uso de leguminosas de verão para suprimento de N pode ser mais eficiente do que a utilização de N mineral, além de ser uma opção para a diminuição dos custos na lavoura. No entanto, para esse processo ser eficiente, a leguminosa deve nodular intensa, contínua e eficientemente, para que haja fixação suficiente para sustentar as gramíneas.

O fato da mucuna cinza ter produzido o menor teor de massa seca, porém ter promovido a melhor produção da aveia preta mesmo com resultados estatisticamente não significativos, ainda mostra o potencial que as leguminosas têm para realizar adubação verde. De todas as leguminosas estudadas, a mucuna cinza possui o menor de fixação de N em relação às demais (DE MELLO, 2020; FORMENTINI, 2008). No entanto entre as espécies estudadas, é a cultura

que disponibiliza mais rapidamente o nutriente no solo, isso pode explicar o fato de mesmo com massa seca menor ainda promover a maior massa seca da cultura da aveia (RIBAS *et al.*, 2010; SALMI; SALMI; ABOUD, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2005).

Ao contrário do resultado obtido nesse experimento, Mariani *et al.* (2012) obtiveram resultados significativos no aumento de matéria seca da cultura da aveia e do trigo, em sucessão à leguminosas de verão no ano agrícola de 2009, porém utilizando integração com pecuária.

4.4 ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO

Foi realizada a avaliação da agregação do solo em duas camadas, com profundidade de 0-10 (Tabela 7) e 10-20 cm (Tabela 8), com determinação das porcentagens nas classes de agregados, diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP). Para todas as avaliações, não houve resultados significativos entre médias ($p > 0,05$).

Tabela 7 - Médias para classes, DMP e DMG na camada de 0-10 cm.

Plantas de cobertura	----- % -----					DMP	DMG (mm)
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5		
Guandu	38,2 a*	16,2 a	12,0 a	22,7 a	10,9 a	3,3 a	2,1 a
Mucuna	35,1 a	17,8 a	14,4 a	23,1 a	9,6 a	3,2 a	2,0 a
Crotalária	34,8 a	15,9 a	12,6 a	22,7 a	14,0 a	3,1 a	1,8 a
C. Sudão	48,4 a	17,1 a	9,1 a	15,9 a	9,4 a	3,9 a	2,4 a
Milheto	51,4 a	16,5 a	10,6 a	14,6 a	6,8 a	4,1 a	2,7 a

*Médias não seguidas por mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 8 - Médias para classes, DMP e DMG na camada de 10-20 cm.

Plantas de cobertura	----- % -----					DMP	DMG (mm)
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5		
Guandu	26,4 a*	16,9 a	16,4 a	30,8 a	9,5 a	2,7 a	1,6 a
Mucuna	16,8 a	16,1 a	19,2 a	36,9 a	11,0 a	2,1 a	1,2 a
Crotalária	25,8 a	16,1 a	17,3 a	29,9 a	10,9 a	2,6 a	1,5 a
C. Sudão	19,7 a	16,7 a	18,8 a	33,6 a	11,1 a	2,3 a	1,3 a
Milheto	30,0 a	17,7 a	17,6 a	25,5 a	9,3 a	2,9 a	1,4 a

*Médias não seguidas por mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Avaliando algumas espécies plantas de cobertura, Garcia e Rosolem (2010) afirmam que a análise de estabilidade de agregados teve resultados significativos nos 10 cm superficiais de solo a partir do terceiro ano. Os autores ainda afirmam que gramíneas interferiram positivamente no diâmetro médio ponderado, através de seu aumento, e a alteração do diâmetro médio geométrico maior foi observado na presença de consórcio de plantas.

Solos argilosos tendem a levar mais tempo para que modificações em sua estrutura sejam mensuráveis. Por isso, conduzir um experimento a longo prazo é essencial. No trabalho de Castro Filho, Muzilli e Podanoschi (1998), após 14 anos avaliando sucessões de culturas ao longo do tempo, foi possível aferir que o tratamento incluindo gramínea, por sua relação C/N alta, ocasionou maiores alterações na estabilidade de agregados.

Andrade, Stone e Silveira (2009), em cinco anos de estudo, comprovaram que as culturas de cobertura, em especial as gramíneas, aumentaram a estabilidade de agregados nas camadas superficiais do solo. Estes autores também afirmam que o plantio direto aumentou a densidade, macroporosidade e porosidade total do solo em relação à testemunha usada (mata nativa). Estes resultados denotam que ao se cultivar o solo, suas características são modificadas em relação à estrutura natural, e que para os efeitos não causarem prejuízo, deve-se trabalhar a área de forma que cause o menor impacto possível.

4.5 DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO

A avaliação para densidade, porosidade, macro e microporosidade foi realizada em quatro camadas de solo: 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm de profundidade. As médias (Tabela 9) não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 9 – Médias para densidade, porosidade total, macro e microporosidade do solo.

Camada (cm)	Guandú	Mucuna	Crotalária	Milheto	C. Sudão
Densidade (g/cm ³)					
0-5	1,21 a*	1,11 a	1,30 a	1,17 a	1,17 a
5-10	1,14 a	1,17 a	1,22 a	1,11 a	1,15 a
10-15	1,30 a	1,31 a	1,29 a	1,28 a	1,31 a
15-20	1,36 a	1,38 a	1,31 a	1,40 a	1,44 a
Porosidade Total (cm ³ / cm ³)					
0-5	0,56 a	0,60 a	0,53 a	0,58 a	0,58 a
5-10	0,60 a	0,59 a	0,57 a	0,61 a	0,59 a
10-15	0,54 a	0,54 a	0,55 a	0,55 a	0,54 a
15-20	0,52 a	0,51 a	0,54 a	0,51 a	0,49 a
Macroporosidade (cm ³ / cm ³)					
0-5	0,19 a	0,24 a	0,12 a	0,20 a	0,20 a
5-10	0,24 a	0,20 a	0,18 a	0,25 a	0,22 a
10-15	0,14 a	0,14 a	0,15 a	0,15 a	0,13 a
15-20	0,10 a	0,09 a	0,12 a	0,08 a	0,05 a
Microporosidade (cm ³ / cm ³)					
0-5	0,38 a	0,36 a	0,42 a	0,38 a	0,37 a
5-10	0,36 a	0,38 a	0,39 a	0,36 a	0,37 a
10-15	0,40 a	0,40 a	0,40 a	0,40 a	0,41 a
15-20	0,43 a	0,43 a	0,42 a	0,43 a	0,44 a

*Médias não seguidas por mesma letra nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A densidade ainda, varia de acordo com o tipo de preparo de solo empregado, conforme o observado por Stone e Silveira (2001), onde encontraram resultados de maior densidade e porosidade para o tipo de preparo em plantio direto, e menores diferenças entre sistema convencional. Isso sugere que no experimento, tendo o solo revolvido antes de sua implantação, não teve tempo suficiente à campo para modificar sua estrutura.

Para Reinert *et al.* (2008), em sistemas com rotação de culturas e uso de plantas de cobertura, é possível melhorar a qualidade química e física de um solo; porém os resultados são usualmente percebidos somente a longo prazo. Em um estudo realizado por Albuquerque *et al.* (1995) foi observada a redução da densidade em profundidade entre 0,01 e 0,86 m em um Latossolo Vermelho-Escuro, após sete anos de estudo em um sistema de rotação.

Quanto à porosidade total, esta também é dependente do tipo de preparo empregado, sendo maior em solo revolvido e menor em plantio direto consolidado, bem como a microporosidade é mais alta neste último tipo de preparo (TORMENA, 2002). Bertol *et al.*

(2004), avaliando diferentes preparos, sucessão e rotação de culturas, afirmaram que, em função de haver maior volume de microporos em sistema de semeadura direta, há um risco maior de perda de solo por erosão hídrica, principalmente quando o incremento de palha pela não utilização de plantas de cobertura for deficiente.

5 CONCLUSÕES

Foi possível observar resultado significativo na produção de massa seca das plantas de cobertura de verão, onde a cultura do milho obteve a maior média.

Em relação ao acúmulo de nitrogênio nas plantas de cobertura, o milho obteve maior resultado devido à alta produção de biomassa vegetal.

A produção de matéria seca da aveia preta em sucessão às plantas de cobertura de verão não obteve resultado significativo.

Não foi possível observar resultados significativos para as médias das classes de agregados do solo, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico.

Também não foi possível observar resultados significativos para densidade, porosidade total, macro e microporosidade do solo.

O experimento tinha por objetivo permanecer todo o semestre 1.2020 à campo com outras culturas em sucessão, com a possibilidade de ser conduzido por outros alunos ao longo dos anos. No entanto, em função da pandemia da Covid-19, o trabalho teve de ser alterado e reduzido.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, José Alan de Almeida *et al.* Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p.801-809, maio 2014.

ÁGUA, Programa Estadual de Conservação do Solo e da. **Produtor usa capim-sudão como cobertura de solo após colheita da soja**. 2018. Disponível em: <https://www.soloagua.rs.gov.br/produtor-usa-capim-sudao-como-cobertura-de-solo-apos-colheita-da-soja>. Acesso em: 22 jun. 2020.

ALVARENGA, Ramão Costa *et al.* Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. [S.l.], p. 319-326, 1996.

ANDRADE, Rui da S.; STONE, Luís F.; SILVEIRA, Pedro M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 411-418, ago. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662009000400007>.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 115-119, 1995.

ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de *et al.* Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 284-289, abr. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782005000200006>.

ARGENTON, Jeferson *et al.* Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 29, n. 3, p. 425-435, jun. 2005.

ASSIS, RL de *et al.* Produção de biomassa, acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura e efeito na produtividade do milho safrinha. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 1769-1775, 2013.

BENEDETTI, E. Uso do milheto como fonte alternativa de produção de leite a pasto. In: **Workshop Internacional Do Milheto**. Brasília: Jica-Embrapa, 1999. p. 105-108.

BENITES, Vinicius de Melo *et al.* Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de Mata Atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 34, n. 4, p. 685-690, ago. 2010.

BERTOL, I. *et al.* Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 155-163, fev. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832004000100015>.

BOCHNER, Júlia Kishida *et al.* Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Cerne**, Lavras, p. 46-53, mar. 2008.

BUENO, José Rafael *et al.* Caracterização química e produtividade de biomassa de quatro espécies de mucuna. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s.i.], v. 2, n. 2, p. 901-904, set. 2007.

CAIÇARA, Sementes. **Crotalária Juncea**. Disponível em: <https://sementescaicara.bbshop.com.br/crotalaria-juncea-72-vc>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CAIÇARA, Sementes. **Mucuna Cinza**. Disponível em: <https://sementescaicara.bbshop.com.br/mucuna-cinza>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CALEGARI, A. *et al.* Caracterização das principais espécies de adubo verde. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, p. 207-327, 1992.

CAMPOS, B. C. *et al.* Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 23, n. 2, p. 383-391, jun. 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06831999000200021>.

CAMPOS, BC de *et al.* Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 121-126, 1995.

CAPECHE, Claudio Lucas. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. 51. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2008. 6 p.

CARPENEDO, Valcir; MIELNICZUK, João. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.

CENTRO-OESTE, Galpão. **Guandu BRS Mandarin**: opção para pastagens degradadas. Disponível em: <https://galpaocentrooeste.com.br/blog/guandu-brs-mandarim-opcao-para-pastagens-degradadas/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CIESLIK, Laurês Francisco. **Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto 71 f**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, [s.l.], v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052008000200024>.

CUBILLA, Martín *et al.* Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **R. Plantio Direto**, v. 71, p. 29-32, 2002.

CUNHA, Fernando França da *et al.* Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 351-357, 29 abr. 2010. Universidade Estadual de Maringá.
<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i2.1020>.

DA ROS, C. O. **Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 85p. Tese de Mestrado.

DE MELLO, Francisco de AF. Fixação de nitrogênio por algumas leguminosas. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 53, n. 1-2, p. 59-63, 2020.

DEMÉTRIO, José Valdir; COSTA, Antonio Carlos Torres da; OLIVEIRA, Paulo Sérgio Rabello de. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 198-205, abr. 2012.

DENARDIN, José Eloir. **Sistema Plantio Direto**. [s.i]. Comitê Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, 2017.

DENARDIN, José Eloir; FAGANELLO, Antonio; LEMAINSKI, Jorge. Converter plantio direto em Sistema Plantio Direto-um modelo à sustentabilidade agrícola. In: **Embrapa Trigo- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo. Ata e Resumos... Passo Fundo: Projeto Passo Fundo, 2019. Solos e Nutrição Vegetal, p. 568-572., 2019.

DERPSH, Rolf *et al.* Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **Agriculture & Biology**. [S.I], p. 1-25. mar. 2010.

EMBRAPA. **Forrageiras**: espécies para a região Sul do Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/clima-temperado/forrageiras>. Acesso em: 22 jun. 2020.

EMBRAPA. **Milheto**. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/trigo/busca-de-imagens/-/midia/1601001/milheto>. Acesso em: 22 jun. 2020.

FARIA, Clementino Marcos Batista de. **Comportamento de Leguminosas Para Adubação Verde no Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa, 2004. 22 p.

FARIA JÚNIOR, Oscar Lopes de. **Produção de massa seca, composição bromatológica e fracionamento da proteína de duas cultivares de milho sob doses de nitrogênio em regime de cortes**. 2007. 50 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciência Animal, Produção Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

FAVARATO, Luiz Fernando *et al.* Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S.I], v. 5, n. 2, p.19-28, dez. 2015.

FERREIRA, Rogério Resende Martins; TAVARES FILHO, João; FERREIRA, Vinicius Martins. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Sistema de Información Científica Redalyc**: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, Londrina, v. 31, n. 4, p.913-932, 19 out. 2010. Trimestral.

FLORENTÍN, Miguel Angel et al. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. **Integrated Crop Management**, v. 12, 2010.

FORMENTINI, E. A. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. 1 eds. **Vitória, ES, Incaper, 27p**, 2008.

FIDELIS, Rodrigo Ribeiro *et al.* Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**. Uberlândia, p. 23-31. jan. 2003.

GARAY, I.; KINDEL, A. Diversidade funcional em fragmentos de Floresta Atlântica. Valor indicador das formas de húmus florestais. **Vozes, Petrópolis**. 430p, 2001.

GARCIA, Rodrigo Arroyo; ROSOLEM, Ciro Antonio. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p.1489-1498, dez. 2010.

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**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 325-334, abr. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832003000200012>.

HEINRICH, R. *et al.* Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação c/n da fitomassa e produtividade do milho em sucessão: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 25, n. 2, p. 331-340, jun. 2001.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S.. Size Distribution of Aggregates. **Agronomy Monographs**, [S.L.], p. 499-510, jan. 1965. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c39>.

KLIEMANN, Huberto José; BRAZ, Antonio Joaquim Pereira Braga; SILVEIRA, Pedro Marques da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.I.], v. 36, n. 1, p. 21-28, abr. 2006.

KÖPPEN, William. 1931. Climatologia. México, Fundo de Cultura Econômica.

LAMEGO, Fabiane Pinto *et al.* Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p.97-105, mar. 2015.

LAMEGO, Fabiane Pinto *et al.* Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja: II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.491-498, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582004000400002>.

MALLMANN, Micael S.. **Infiltração e armazenamento de água em sistemas de manejo de solo e influência sobre a cultura de milho em um latossolo argiloso**. 2014. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2014.

MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M.; DIAS, H. Souza. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 703-709, set. 1999.

MARIANI, Francieli *et al.* Trigo de duplo propósito e aveia preta após forrageiras perenes e culturas de verão em sistema de integração lavoura – pecuária. **Ciência Rural**, [s. l], v. 42, n. 10, p. 1752-1757, out. 2012.

MEDEIROS, Roberto Dantas de; SOARES, Antônio Alves; GUIMARÃES, Renato Mendes. Efeitos da compactação do solo e do manejo da água sobre os componentes de produção e a produtividade de grãos de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 29, n. 5, p. 960-967, out. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542005000500007>.

NUERNBERG, N. J.; STAMMEL, J. G.; CABEDA, M. S. V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica sul-rio-grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 185-190, 1986.

OLIVEIRA, Inocência Júnior de *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo do milho no Amazonas**. Manaus: Embrapa, 2018.

OKITO, Ambate *et al.* Nitrogen fixation by groundnut and velvet bean and residual benefit to a subsequent maize crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 39, n. 12, p. 1183-1190, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2004001200004>.

PALADINI, FL S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, p. 135-140, 1991.

PEREIRA, Alan P. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 799-807, dez. 2017. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal. <http://dx.doi.org/10.19084/rca17065>.

PEREIRA FILHO, Israel Alexandre *et al.* **Manejo da Cultura do Milheto**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. 17 p.

PERIN, Adriano *et al.* Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 35-40, jan. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2004000100005>.

PORTUGAL, Arley Figueiredo *et al.* Estabilidade de agregados em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p.545-533, jul. 2010.

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

PRIMAVESI, Ana Cândida; RODRIGUES, Armando de Andrade; GODOY, Rodolfo. **Recomendações técnicas para o cultivo de aveia**. São Carlos: Embrapa, 2000.

QUEIROZ, L.r. *et al.* Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 28, n. 2, p. 263-270, jun. 2010.

RAMOS, Gonçalo Moreira. **Recomendações práticas para o cultivo do guandú para produção de feno**. Teresina: Embrapa, 1994.

RAYOL, Breno Pinto; RAYOL, Fabrízia de Oliveira Alvino. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Santarém, v. 7, n. 11, p. 104-110, nov. 2011.

REINERT, Dalvan José *et al.* Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 1805-1816, out. 2008.

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

RIBAS, Rodolfo Gustavo Teixeira *et al.* Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 34, n. 4, p. 878-885, ago. 2010.

SÁ, Marcos Aurélio Carolino de *et al.* Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 9, p.1825-1834, set. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2000000900015>.

SALMI, Gustavo Porto; SALMI, Alexandre Porto; ABOUD, Antônio Carlos de Souza. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 41, n. 4, p. 673-678, abr. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2006000400019>.

SALTON, Júlio César *et al.* **Determinação da agregação do solo: Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados: Embrapa, 2012. 8 p.

SALTON, Júlio Cesar; KICHEL, Armino Neivo. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Embrapa Agropecuária Oeste-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 1997.

SANTOS, Everaldo dos. **Carbono, nitrogênio e relação c/n em gleissolo e cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da floresta ombrófila densa, antonina - pr**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SEGANFREDO, Milton Antonio. Leguminosas de verão: capacidade para fixação simbiótica de nitrogênio e potencial de utilização no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 481-487, 1995.

STONE, L. F.; SILVEIRA, PM da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

SUZUKI, Luis Eduardo Akiyoshi Sanches; ALVES, Marlene Cristina. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, [s.l.], v. 65, n. 1, p. 121-127, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. 3rd ed. Sunderland, MA **Sinauer Associates**, v. 690, 2002.

TORMENA, Cássio Antonio. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, Maringá, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

VARGAS, Leandro; ROMAN, E. S.. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 779 p.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p.213-223, fev. 2011.

VIANA, João Herbert Moreira *et al.* Densidade de Partículas. In: TEIXEIRA, Paulo César *et al.* **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 76.

WOHLENBERG, E. V. *et al.* Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.

ZIECH, Ana Regina Dahlem *et al.* Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 50, n. 5, p. 374-382, maio 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2015000500004>.