

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

**JÚLIA FOLLMANN DE LIMA**

**SISTEMA PLANTIO DIRETO DO REPOLHO SOB DIFERENTES PLANTAS DE  
COBERTURA**

**CERRO LARGO**

**2023**

**JÚLIA FOLLMANN DE LIMA**

**SISTEMA PLANTIO DIRETO DO REPOLHO SOB DIFERENTES PLANTAS DE  
COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

**CERRO LARGO**

**2023**

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Lima, Júlia Follmann de  
SISTEMA PLANTIO DIRETO DO REPOLHO SOB DIFERENTES PLANTAS DE  
COBERTURA / Júlia Follmann de Lima. -- 2023.  
53 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em  
Agronomia, Cerro Largo,RS, 2023.

1. Adubação verde. 2. Manejo conservacionista. 3. Ciclagem de  
nutrientes. 4. Cobertura vegetal. 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).

**JÚLIA FOLLMANN DE LIMA**

**SISTEMA PLANTIO DIRETO DO REPOLHO SOB DIFERENTES PLANTAS DE  
COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 25/01/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



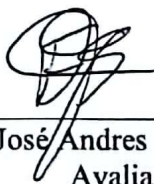
---

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS  
Orientador



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiane Chassot – UFFS  
Avaliadora



---

Dr. Fabio José Andres Schneider – UFSM  
Avaliador

## AGRADECIMENTOS

*À Deus pela vida.*

*À Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, pela oportunidade de cursar a graduação na minha cidade natal, também, pelo desenvolvimento da ciência e tecnologia nessa região.*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser, pela orientação na condução desse trabalho. Obrigada por esclarecer minhas dúvidas, pela atenção e paciência. Agradeço todos os conselhos, levarei comigo sempre.*

*À professora, Dr<sup>a</sup> Tatiane Chassot, pela orientação nos projetos de ensino que me proporcionaram experiências de suma importância acadêmica, profissional e pessoal.*

*À banca examinadora pelas contribuições que edificaram esse trabalho.*

*A todos os professores que fizeram parte da minha jornada acadêmica pelos ensinamentos durante a graduação.*

*Aos terceirizados pela contribuição na condução do experimento na área experimental.*

*À minha família, mãe Cleci Teresinha Follmann de Lima, pai José Ireno Flores de Lima, mana Djéssica Follmann de Lima, pelo amor, carinho e presença durante toda a minha jornada acadêmica. Vocês são os meus pilares, amo vocês.*

*Ao meu companheiro, Jandrei Faccio, pelo incentivo e suporte.*

*Aos meus amigos pela ajuda no experimento e momentos de descontração.*

*Aos meus colegas pelo auxílio nos momentos de dificuldade.*

*Aos colegas de laboratório de Física do Solo.*

**Muito obrigada!**

## RESUMO

O sistema de preparo convencional (SPC) do solo na produção de hortaliças consiste no revolvimento de camadas superficiais para a formação de canteiros. O sistema plantio direto de hortaliças (SPDH) é uma alternativa para um manejo mais sustentável na produção de hortaliças, tendo em vista uma condução mais conservacionista do solo e da água. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura de verão na ciclagem de nutrientes, nos atributos físicos do solo e na produtividade do repolho em sistema plantio direto. O estudo foi desenvolvido no município de Cerro Largo, RS, no período de um ano. Com delineamento experimental de blocos ao acaso, utilizaram-se as coberturas: capim-sudão, milho, feijão-de-porco, crotalária-juncea e pousio. Foram avaliadas a produção de massa seca (MS) das plantas de cobertura, concentração de nutrientes da parte aérea das espécies, densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, umidade volumétrica, temperatura do solo e produtividade do repolho. Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em que as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Nas condições edafoclimáticas onde o experimento foi realizado, conclui-se que nos parâmetros de densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo avaliados nas camadas 0-10 a 10-20 cm não tiveram valores diferenciados significativamente. O parâmetro temperatura apresentou diferença significativa entre os tratamentos principalmente o pousio em que se verificou uma maior amplitude térmica. O milho apresentou maior produção de massa seca e maiores concentrações de carbono, fósforo, potássio, magnésio e enxofre na parte aérea da planta. Os maiores teores de nitrogênio e cálcio são encontrados no feijão-de-porco, bem com a maior produtividade do repolho. Assim, uso do milho e feijão-de-porco como adubação verde é uma alternativa para agricultura sustentável.

Palavras-chave: manejo conservacionista; ciclagem de nutrientes; cobertura vegetal; adubação verde.

## ABSTRACT

The conventional tillage system (SPC) of the soil in the production of vegetables consists of turning over superficial layers to form beds, causing soil disruption. The no-tillage system of vegetables (SPDH) is an alternative for a more sustainable management in the production of vegetables, with a view to a more conservationist management of soil and water. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of different species of summer cover crops on nutrient cycling, soil physical attributes and cabbage productivity in no-tillage system. The study was carried out in the municipality of Cerro Largo, RS, from January 2022 to December 2022. With a randomized block experimental design, the following coverages were used: Sudan grass, millet, jack bean, crotalaria -juncea and fallow. The production of dry mass (DM), concentration of nutrients in the aerial part of the species, soil density (Ds), total porosity (PT), macroporosity, microporosity, volumetric humidity, temperature and productivity of cabbage were evaluated. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) in which means were compared by Tukey's test at 5% significance. In the edaphoclimatic conditions where the experiment was carried out and considering the second year of results, it is concluded that the soil parameters evaluated in the layers 0-10 to 10-20 cm did not have significantly different values. The temperature parameter showed a significant difference between the treatments, mainly the fallow period where a greater thermal amplitude was verified. Millet showed higher dry mass production, and higher concentrations of carbon, phosphorus, potassium, magnesium and sulfur in the aerial part of the plant. The highest levels of nitrogen and calcium are found in jack beans, as well as the highest productivity in cabbage. Thus, the use of millet and jack bean as green manure is an alternative for sustainable agriculture.

Keywords: conservation management; nutrient cycling; vegetal cover; green adubation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Espécie de planta de cobertura crotalária, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	18
Figura 2 - Espécie de planta de cobertura feijão de porco, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	19
Figura 3 - Espécie de planta de cobertura milho, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	21
Figura 4 - Espécie de planta de cobertura capim-sudão, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	22
Figura 5 - Repolho ( <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>capitata</i> ), Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	23
Figura 6 - Representação esquemática do desenvolvimento fenológico do repolho, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	24
Figura 7 - Localização do experimento na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	25
Figura 8 - Croqui do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	26
Figura 9 – Adubação nas plantas de cobertura do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	28
Figura 10 – Coleta dos tratamentos, na parcela experimental, Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	28
Figura 11 – Roçada dos tratamentos e organização da palhada nas unidades experimentais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022....	29
Figura 12 - Croqui representativo da disposição de plantio do repolho em cada unidade experimental, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	30
Figura 13 – Preparo das covas de plantio, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	30
Figura 14 – Adubação do repolho, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	31
Figura 15 – Método da Mesa de Tensão, no Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2023. ....	33



Figura 16 - Medidor de temperatura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	33
Figura 17 - Coleta de dados através do TDR, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	34
Figura 18 – Pesagem da massa fresca e medição do diâmetro da cabeça do repolho no Laboratório de Física do Solo – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	35
Gráfico 1 – Precipitação durante o cultivo do repolho, Cerro Largo - RS, 2022. ....	40
Gráfico 2 – Umidade volumétrica do solo ao longo dos dias após o plantio do repolho, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	41
Gráfico 3 – Valores médios da lâmina total de água armazenada no solo durante o ciclo do repolho, sob diferentes plantas de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	42
Gráfico 4 – Valores médios da lâmina de água disponível aos repolhos durante o ciclo, sob diferentes plantas de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	43
Gráfico 5 – Valores médios da temperatura do solo (5 cm) durante o ciclo do repolho, em função das plantas de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	44
Figura 19 – Diferença da produtividade dos tratamentos no cultivo do repolho ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>campus</i> Cerro Largo, 2022. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Dados da análise química do solo do experimento, na Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2018. ....	25
Tabela 2 - Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica em cada muda de repolho, na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul <i>campus</i> Cerro Largo, 2022.....	31
Tabela 3 – Produção média de massa seca e relação C/N da parte aérea das plantas de cobertura, obtidas em experimento no período de 2022 em Cerro Largo-RS. ....	37
Tabela 4 – Quantidade de carbono acumulado e concentração de macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura, no período de 2022 em Cerro Largo-RS. ....	38
Tabela 6 – Produtividade do repolho ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos tratamentos, Cerro Largo, 2022.....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO .....	14
2.2	SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO PARA HORTALIÇAS.....	15
<b>2.2.1</b>	<b>Sistema convencional de preparo do solo.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) .....</b>	<b>16</b>
2.3	PLANTAS DE COBERTURA .....	17
<b>2.3.1</b>	<b>Leguminosas .....</b>	<b>17</b>
2.3.1.1	<i>Crotalária (Crotalaria juncea L.) .....</i>	<i>18</i>
2.3.1.2	<i>Feijão-de-porco (Canavalia ensiformis).....</i>	<i>19</i>
<b>2.3.2</b>	<b>Gramíneas .....</b>	<b>20</b>
2.3.2.1	<i>Milheto (Pennisetum glaucum) .....</i>	<i>20</i>
2.3.2.2	<i>Capim-sudão (Sorghum sudanense).....</i>	<i>21</i>
2.4	REPOLHO .....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO, SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA.....	25
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DOS TRATAMENTOS .....	26
3.3	PREPARO DA ÁREA E PLANTAÇÃO DAS MUDAS DE REPOLHO .....	29
3.4	AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	32
3.5	AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES NO SOLO .....	32
3.6	AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES NO REPOLHO .....	34
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
4.1	PLANTAS DE COBERTURA .....	36
<b>4.1.1</b>	<b>Quantificação de massa seca e relação C/N da cobertura vegetal do solo .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Determinação da concentração de nutrientes das plantas de cobertura.....</b>	<b>37</b>
4.2	PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO .....	38
<b>4.2.1</b>	<b>Densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade ...</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Disponibilidade de água.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Temperatura do solo .....</b>	<b>43</b>

4.3	PRODUTIVIDADE DO REPOLHO .....	44
5	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é produto da interação de fatores do ambiente ao longo do tempo, como material de origem, relevo, organismos e vegetação. Ou seja, é um sistema aberto e dinâmico, sendo um meio de sustentação para o desenvolvimento das plantas, disponibilizando água, nutrientes e fixação das raízes. Todavia, quando utilizado de forma inadequada pode causar perdas produtivas e impactos ambientais, tal como a erosão.

Por muitos anos, foi utilizado o manejo de produção convencional que consiste no revolvimento intensivo do solo. Para o cultivo de hortaliças, ter o solo revolvido facilita o manejo de plantas daninhas, a formação dos canteiros e aumenta a aeração e infiltração da água no solo. Porém, este revolvimento reduz os estoques de matéria orgânica (MO), compromete a estrutura e em conjunto com chuvas intensas, degrada rapidamente o solo causando erosão hídrica, afetando assim a sustentabilidade da atividade agrícola.

Diante desse problema, surgiu na década de 70 o Sistema Plantio Direto (SPD), uma alternativa que visava minimizar efeitos nocivos causados no solo, iniciando um manejo conservacionista do meio de produção nas culturas de trigo e soja. O SPD é um sistema que prevê o mínimo revolvimento do solo, preservando e melhorando a estrutura e a estabilização dos agregados e manutenção da cobertura de resíduos vegetais ou plantas vivas durante todo o ciclo da próxima cultura, ajudando a diminuir os efeitos dos agentes erosivos. A implantação da rotação de culturas é importante para promover a diversificação e inclusão de espécies com sistema radicular agressivo, para estimular a formação de poros, reciclagem de nutrientes e estimular a atividade biológica do solo.

Nesse sentido, os agricultores observaram os benefícios desse sistema conservacionista e procuraram ampliar em outros ramos de produção agrícola como na horticultura, surgindo assim o Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), que tomou uma proporção muito grande em todo o Brasil. Assim, várias pesquisas foram desenvolvidas para verificar quais as plantas de cobertura se estabeleciam da melhor forma nesses sistemas e quais espécies beneficiam mais o solo nesse setor agrícola. Com isso, os resultados obtidos destacam o uso das espécies: crotalária, feijão-de-porco, mucuna-anã, milheto e braquiárias.

Esses estudos afirmaram que as plantas de cobertura apresentam inúmeras particularidades, como tipo de raiz, produção de matéria seca, concentração de nutrientes, altura de plantas e hábitos de estabelecimento. Por isso, gramíneas e leguminosas exercem funções diferentes no perfil do solo, por exemplo, as gramíneas pelas suas raízes fasciculadas podem

colaborar na absorção de água até as camadas mais profundas do solo, já as leguminosas são caracterizadas pela fixação de Nitrogênio (N) biológico no solo. Ou seja, dependendo dos contrastes existentes na lavoura, algumas espécies são mais indicadas para solucionar o problema.

Diante disso, as hortaliças folhosas ganharam um enfoque de estudo por serem preferidas na mesa dos consumidores. O repolho destaca-se pelas suas variedades, pois através do melhoramento genético, hoje em dia, pode-se ter repolho na dieta todos os meses do ano, visto que foram desenvolvidas cultivares adaptadas ao frio e ao calor. Embora seja exigente em adubação e sensível à presença de plantas daninhas, o repolho manifesta-se resistente a fatores climáticos, sendo sugerido seu uso no desenvolvimento de pesquisas.

Considerando as problemáticas abordadas, o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura de verão na ciclagem de nutrientes, nos atributos físicos do solo e na produtividade do repolho em SPDH.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O solo é caracterizado por ser um meio poroso com estrutura biologicamente ativa (SANTOS; REICHERT, 2007). Além disso, compreende um recurso natural, produto do intemperismo de rochas através da ação de fatores como o material de origem, relevo, clima, organismos vivos e tempo (STRECK *et al.*, 2018). É visto como o ecossistema mais dinâmico do planeta e comporta uma vasta biodiversidade, executando uma tarefa fundamental para a manutenção dos processos da biosfera e para existência da vida terrestre (ZATORRE, 2009). Todavia, a utilização da forma incorreta pode ocasionar a degradação física, química e biológica do solo, tornando-o um meio de produção insustentável na agricultura (MANFRE *et al.*, 2019).

Diante disso, surgiu na década de 70 nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul (CRUZ *et al.*, 2001), uma técnica que visava reduzir custos com insumos químicos e desenvolver uma área de plantio mais sustentável, conhecida como Sistema Plantio Direto (SPD) (MANFRE *et al.*, 2019). Trata-se de um sistema de produção agrícola conservacionista caracterizado pelo revolvimento apenas na linha de semeadura; manutenção da cobertura vegetal deixada pela cultura antecessora; com diversificação de espécies através da aplicação de rotação de culturas; redução da taxa de mineralização da matéria orgânica (MO); impulsionamento da atividade biológica no controle de pragas e plantas invasoras e otimização dos processos de agregação do solo (PEREIRA NETO *et al.*, 2007). À vista disso, a agricultura conservacionista baseada no SPD e na rotação de culturas foi adotada em mais de 100 milhões de hectares no mundo, tornando-se uma tendência com o objetivo de aumentar a produtividade do sistema agrícola, melhorando a qualidade dos solos (BARBIERI, 2017).

Sistemas de preparo que revolvem menos o solo conservam a estrutura, acumulam palhada fazendo com que ocorra uma maior retenção de água na camada superficial, sobretudo pelo incremento da MO e aumento da macroporosidade (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005). No SPD, a deposição de resíduos na superfície tem uma taxa de decomposição mais lenta devido ao menor contato com o solo, prolongando assim a ação dos microrganismos na decomposição e, conseqüentemente, aumentando a proporção de fungos na biomassa que colaboram na formação dos agregados favorecendo a cultura subjacente (AMORIM, 2016).

Esse manejo com cobertura de solo apresenta algumas vantagens como a redução da erosão contribuindo significativamente na conservação do solo; o controle da temperatura,

tendo em vista uma diminuição da amplitude térmica na superfície; maior retenção de água no solo, sendo necessária para enfrentar problemas como déficit hídrico; redução de plantas daninhas; e diminuição da evaporação da água (OLIVEIRA *et al.*, 2015; MENEGHETTE *et al.*, 2019).

Por outro lado, a falta de equipamentos apropriados para se fazer o plantio sem revolvimento do solo e a dificuldade no controle de plantas daninhas foram obstáculos encontrados na introdução do SPD no Brasil (ANDRADE *et al.*, 2018). Com isso, os benefícios e desafios desse sistema dependem de fatores como características edafoclimáticas da região onde será inserido, pois, é necessário que seja adaptado de forma mais eficiente possível na propriedade (CRUZ *et al.*, 2001).

No SPD, o uso contínuo de plantas de coberturas e rotação de culturas promove mudanças significativas na qualidade e quantidade de resíduos vegetais. Então, a quantidade de carbono acumulado no solo depende sobretudo da quantidade de carbono adicionado pelo sistema de cultura adotado (GONÇALVES; CERETTA, 1999). Logo, em um estudo realizado por Lima *et al.* (2016), após seis anos de pesquisa, o SPD foi capaz de aumentar em cerca de 15% seus teores de Carbono (C) e o Sistema de Plantio convencional (SPC) aumentou apenas 5%. Demonstrando assim que no cultivo de hortaliças o SPD é capaz de acumular mais C na camada do solo em comparação ao SPC.

## 2.2 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO PARA HORTALIÇAS

### 2.2.1 Sistema convencional de preparo do solo

O SPC consiste no revolvimento de camadas superficiais visando reduzir a compactação; aumentar os espaços porosos, aumentar a infiltração e o armazenamento de ar e água. Esse preparo de solo é mais invasivo, pois ocorre a exposição das camadas do perfil do solo, promovendo o corte e enterro de plantas daninhas, auxiliando, dessa forma, no controle de pragas e patógenos do solo (EMBRAPA, 2022). No uso de implementos agrícolas, o preparo convencional do solo, envolve aração com a utilização do arado de disco e gradagens (FONTES *et al.*, 2007).

A desestruturação do solo destaca-se por ser uma das principais vantagens desse sistema, pois com a quebra dos torrões presentes facilita a deposição de sementes, otimiza as



condições de emergência e estabelecimento de plantas. Por outro lado, áreas agrícolas manejadas convencionalmente, na maior parte dos casos, são as que apresentam condições inferiores, devido ao revolvimento intensivo do solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008). Ainda, Ferreira; Schwarz; Streck, (2000) esclarecem que “nos sistemas de preparo que exigem o revolvimento do solo ocorrem maiores oscilações térmicas e de umidade, acarretando a diminuição da população de organismos do solo”.

### **2.2.2 Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**

O SPDH é um sistema de transição da agricultura convencional para a agroecológica, tendo como base o ponto de vista social atuando na qualidade de vida do produtor rural. Além disso, é uma alternativa para um manejo mais sustentável na produção de hortaliças, tendo em vista a conservação do solo e da água (ROTTERS, 2020). Sob viés científico, Lima e Madeira (2013) esclarecem:

O Sistema de Plantio Direto em Hortaliças (SPDH) segue três princípios básicos: o revolvimento localizado do solo, restrito às covas ou sulcos de plantio; a diversificação de espécies pela rotação de culturas, com a inclusão de plantas de cobertura para produção de palhada; e a cobertura permanente do solo.

Esse sistema tem demonstrado inúmeros benefícios para a produção de hortaliças como, redução da temperatura do solo; diminuição de processos erosivos (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2019); aumento da eficiência do uso de água e energia; redução da mecanização; elevação dos teores da MO; redução das plantas daninhas através do efeito alelopático das plantas de cobertura; aumento na diversidade da biota do solo; redução da dispersão das doenças no solo e regulação térmica do solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Por outro lado, as hortaliças são pouco competitivas por água, luz, espaço e nutrientes, fazendo com que o SPDH seja um desafio, tendo em vista que estas plantas são vulneráveis à convivência com plantas invasoras (VILANOVA, 2011). Outras desvantagens apresentadas nesse sistema estão vinculadas ao clima da região, por exemplo, em regiões úmidas esse sistema pode favorecer o desenvolvimento de patógenos que sobrevivem na palhada; aumento da população de cupins e compactação do solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

## 2.3 PLANTAS DE COBERTURA

Plantas de cobertura são espécies que se destacam por apresentarem elevada capacidade de produção de matéria seca (MS); crescimento radicular profundo e expansivo que tem potencial para produção de biomassa e ciclagem de nutrientes; alta taxa de absorção de nutrientes, principalmente Nitrogênio (N) e Fósforo (P), podendo assim diminuir a utilização de fertilizantes; e alta tolerância ao déficit hídrico, pragas e doenças (LIMA; MADEIRA, 2013; ALVARENGA, 2001).

A produção e a manutenção de palhada sobre a superfície do solo possibilita algumas vantagens para o sistema de cultivo, tais como, proteção da superfície contra os agentes erosivos, adição ao solo Carbono (C) fotossintetizado e N fixado biologicamente, diminuição das plantas daninhas através do efeito supressor ou alelopático, melhora a estabilidade da estrutura do solo, proporciona maior atividade biológica no solo potencializando o controle biológico de pragas e doenças (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005; CALEGARI *et al.*, 2006; AMBROSANO *et al.*, 2014; MANFRE, 2019).

Cada espécie de plantas de cobertura apresenta suas particularidades, tipo de raiz, parte aérea, produção de fitomassa, quantidades de nutrientes que acumulam, entre outros. Logo, a interação com organismos no solo variará conforme a espécie. Além disso, a produção de fitomassa varia conforme o genótipo, a época de semeadura, o tipo de semeadura, as condições edafoclimáticas e as práticas de manejo (MENEZES; LEANDRO, 2004).

Nesse sentido, gramíneas e leguminosas têm maior efeito agrônômico no manejo de solos, pois com o incremento de MO, possibilita benefícios nos elementos biológicos, físicos e químicos no perfil do solo, como desenvolvimento de microrganismos aumentando a capacidade produtiva; aumento da capacidade da troca de cátions (CTC); e age na formação da estrutura do solo elevando a capacidade de retenção de água e nutrientes (LOPES, 2000).

### 2.3.1 Leguminosas

O uso de leguminosas para a produção de palha no SPDH tem grande relevância, pois possui capacidade de ciclar os nutrientes, principalmente de camadas mais profundas do solo (TEIXEIRA *et al.*, 2010). Além disso, os resíduos são fornecedores de N, podendo contribuir

para a diminuição da acidez do solo e da relação C/N da MO do solo (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009).

Ademais, o uso de leguminosas para a produção de palha estabelece um manejo favorável no incremento do teor e disponibilidade de N nos solos, com sua desvantagem de rápida decomposição, o que resulta em pouca cobertura ao solo (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

#### 2.3.1.1 Crotalária (*Crotalaria juncea* L.)

A crotalária (*Crotalaria* sp.) (FIGURA 1) é uma leguminosa anual de ciclo curto com crescimento rápido, desenvolve-se muito bem em solos arenosos, bem drenados ou pouco férteis (BARRETTO, 2013). Caracteriza-se pela forma de crescimento arbustivo, ereto determinado, podendo atingir de 3,0 a 3,5 m de altura (SOUZA; GUIMARÃES; FAVARATO, 2015). Além disso, esta planta é de fotoperíodo curto, ou seja, tem o seu florescimento induzido em dias de curta duração (EIRAS; COELHO, 2012).

Figura 1 - Espécie de planta de cobertura crotalária, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

Tendo em vista a produção de matéria seca ser de 17.266,2 kg ha<sup>-1</sup> (AMABILE, 1996), essa espécie pode fixar 150 a 165 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N no solo e 41 e 217 kg ha<sup>-1</sup> de P e Potássio (K), respectivamente (TEIXEIRA *et al.*, 2009), de acordo com a população de plantas e condições edafoclimáticas. Esta espécie é uma opção interessante para suprir a crescente demanda por fertilizantes orgânicos verificada no país (LEAL *et al.*, 2012).

### 2.3.1.2 Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (FIGURA 2) é uma leguminosa anual, muito rústica, caracterizado pela forma de crescimento arbustivo, de porte ereto crescimento determinado, podendo atingir de 0,60 a 1,2m de altura. As folhas são alternadas, de cor verde escura; as flores têm coloração violácea ou roxa; a vagem é achatada, larga e comprida. E o peso de 100 sementes de feijão de porco é de aproximadamente 170 g (LOPES, 2000).

Figura 2 - Espécie de planta de cobertura feijão de porco, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

Além disso, é tolerante à altas temperaturas, à seca e ao sombreamento parcial, podendo ser semeado até março em regiões isentas de geadas, pois é uma planta resistente tanto à seca quanto às condições úmidas (LEAL, 2006). Essa espécie adapta-se a praticamente todos os tipos de solo, inclusive aqueles pobres em P, com a especificidade de enriquecê-los (TEIXEIRA *et al.*, 2010; LEAL, 2006).

É recomendada para adubação verde que consiste na técnica de incorporar, como cobertura morta ao solo, massa vegetal de plantas cultivadas no local com a finalidade de preservar produtividade da terra agricultável (RODRIGUES *et al.*, 2004). Inclusive Lopes (2000) revela, em suas pesquisas, que a quantidade de nutrientes contidos na matéria seca do feijão de porco equivale a uma aplicação razoável de fertilizantes no solo, principalmente de N, K e Cálcio (Ca).

### 2.3.2 Gramíneas

As gramíneas têm um pilar fundamental na estruturação e estabilização dos agregados do solo, por causa da sua alta densidade de raízes que promovem a aproximação das partículas do solo. Além disso, as raízes absorvem a água do perfil do solo, renovam seu sistema radicular e distribuem uniformemente exsudatos no solo que ativam a vida microbiana. Inclusive, os resíduos das gramíneas contêm maior teor de lignina possibilitando aumento de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009).

#### 2.3.2.1 Milheto (*Pennisetum glaucum*)

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma das mais importantes espécies vegetais em todo o mundo, por se desenvolver em áreas secas, de baixa fertilidade, apresenta crescimento rápido e boa produção de massa e de grãos. Essa espécie tem-se apresentado como uma das melhores opções de cobertura de solos em áreas de plantio direto. Caracteriza-se por ser de ciclo anual, varia de 75 a 120 dias; porte ereto, podendo atingir 2 a 3 m de altura (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003).

Ainda, essa espécie (FIGURA 3) apresenta maior produção de biomassa e menor custo das sementes. Inclusive, as elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão,

promovem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (SILVA *et al.*, 2006).

Figura 3 - Espécie de planta de cobertura milheto, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

Ainda, essa espécie apresenta maior produção de biomassa e menor custo das sementes. Inclusive, as elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão, promovem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (SILVA *et al.*, 2006).

#### 2.3.2.2 Capim-sudão (*Sorghum sudanense*)

O capim-sudão (*Sorghum sudanense*) é uma gramínea que se destaca pela excelente capacidade de perfilhamento e resistência ao estresse hídrico. Além disso, possui folhas longas e colmo fino, podendo atingir até 3 m de altura. Ademais, suas sementes apresentam boa capacidade de germinação, com rápida emergência sob temperaturas elevadas do solo e do ar (SANTOS, 2018).



Durante o estabelecimento da espécie (FIGURA 4), a necessidade hídrica varia entre 350 mm a 700 mm, dependendo das condições climáticas, manejo da cultura e duração do ciclo. Ainda, cresce em temperaturas do ar entre 11 °C e 34 °C; sendo que a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está próxima de 30 °C (SILVEIRA *et al.*, 2015).

Figura 4 - Espécie de planta de cobertura capim-sudão, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

## 2.4 REPOLHO

No início do século XVI os colonizadores europeus introduziram repolhos em várias civilizações. Na América, os imigrantes escandinavos e alemães iniciaram o cultivo da espécie em regiões tropicais em épocas mais frias, ou seja, foi desenvolvida para temperaturas amenas e frias, suportando geadas (FAYAD, 2019; FILGUEIRA, 2007). No decorrer do tempo, foram obtidas, pelo melhoramento genético, cultivares adaptadas a temperaturas elevadas (FILGUEIRA, 2007). Logo, o repolho passou a ser produzido em maior quantidade no Brasil,

como mostram os dados do IBGE sobre a produção nacional de folhosas, onde apurou-se a colheita de 467,6 mil toneladas de repolho (HORTI&FRUTI, 2022).

O repolho (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) é uma hortaliça herbácea (FIGURA 5), isto é, as partes comerciáveis localizam-se acima do solo. Além disso, as folhas são arredondadas formando uma cabeça esférica e compacta (MORAES; VIEIRA; ZÁRATE, 2007). O caule tem como característica ser curto, direto e sem ramificações. Já o sistema radicular é composto por uma raiz principal onde desenvolverá várias raízes adventícias atingindo mais de 1,5 m de profundidade (FILGUEIRA, 2007).

Figura 5 - Repolho (*Brassica oleraceae* var. *capitata*), Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

Essa hortaliça é multifuncional tendo em vista ser, economicamente, a hortaliça mais importante da família das brássicas (NUNES; OLIVEIRA; FAZOLIN, 1994). Também, é um alimento de ótimo valor nutritivo de cálcio, proteínas e vitamina C. Ainda tem grande relevância para os pequenos agricultores por ser uma cultura que exige bastante mão-de-obra (AQUINO *et al.*, 2005).

Um ponto importante dessa cultura é o ciclo vegetativo (FIGURA 6), pois facilita a transposição de informação sobre o repolho. Nesse sentido, a escala fenológica assume valores distintos que compreendem: período vegetativo da cultura, formação da colheita e maturação (CARVALHO *et al.*, 2008).



Figura 6 - Representação esquemática do desenvolvimento fenológico do repolho, Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme uma pesquisa realizada por Melo e colaboradores (2016), o SPD para a cultura do repolho interfere na dinâmica e manutenção da MO do solo e aumenta os valores de C, N, estoque de C, C orgânico associado a minerais, frações húmicas e oxidáveis, em comparação ao SPC.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO, SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - *campus* Cerro Largo (FIGURA 7), com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 28°08'28" Sul, longitude 54°45'38" Oeste e altitude de aproximadamente 257 metros em relação ao nível do mar (GOOGLE EARTH, 2022). O clima da região é classificado como Cfa, ou seja, clima temperado úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen (1931).

Figura 7 - Localização do experimento na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Google Earth (2022).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho (STRECK *et al.*, 2018), com composição granulométrica 583,2 g.kg<sup>-1</sup> de argila, 92,7 g.kg<sup>-1</sup> e 324,02 g.kg<sup>-1</sup> de silte na camada 0-30 cm. Além disso, as análises químicas (TABELA 1) foram realizadas em 2018, ainda foi feito uma calagem para elevar o pH a 6,0.

Tabela 1– Dados da análise química do solo do experimento, na Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2018.

Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	Ca	Mg	K	Al	H+Al	CTC efet.	CTC pH <sub>7</sub>	V	m	MO	S	Cu	Zn	B
			(cmolc dm <sup>3</sup> )								(%)			(mg/dm <sup>3</sup> )		
0-20	6,0	7,6	6,3	3,0	0,7	0	3,5	10,0	13,5	74,1	0	2,5	3,4	13,3	3,5	0,5

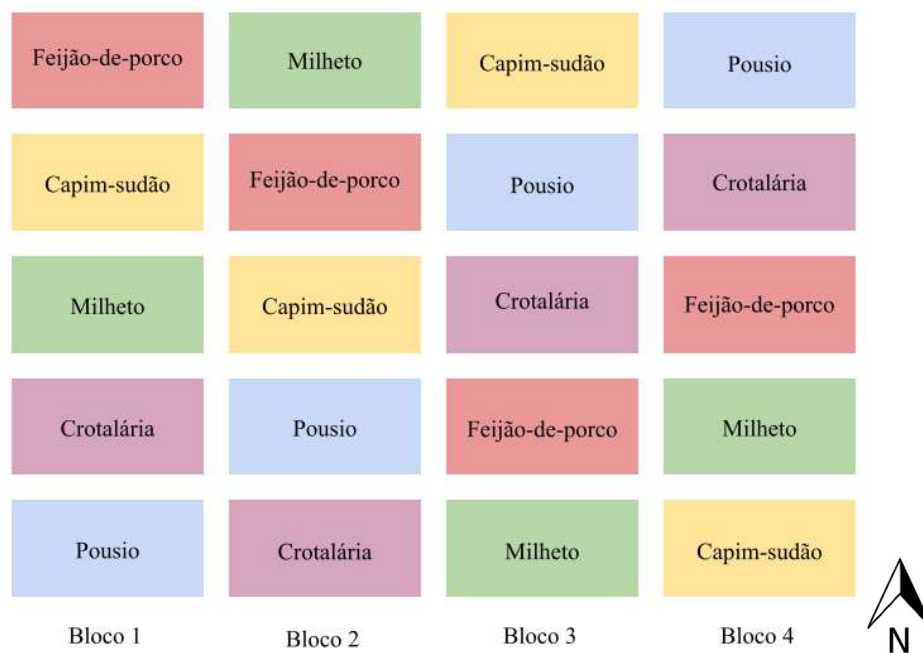
Fonte: Laboratório de química e fertilidade da Universidade Federal de Santa Maria.

Nos meses de dezembro de 2018 até fevereiro de 2019 foi cultivado na área crotalária, capim-sudão, mucuna-cinza, feijão-guandu e milho, e estavam dispostas em blocos ao acaso, cada espécie com quatro repetições. Ao final do ciclo das culturas foi implantada a aveia como planta de cobertura no inverno e, em sucessão, o milho como cobertura de verão. A área esteve em pousio de janeiro de 2020 até fevereiro de 2021. Posteriormente, na segunda quinzena de fevereiro, ocorreu a semeadura das seguintes plantas de cobertura: crotalária-junceia, capim-sudão, milho, feijão-de-porco e um tratamento sem planta de cobertura e, novamente, estavam dispostas em blocos ao acaso, cada espécie com quatro repetições (VICENTE, 2022). Posteriormente, essa área ficou em pousio da segunda quinzena de outubro até janeiro de 2022.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DOS TRATAMENTOS

Para atingir os objetivos, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e quatro blocos, totalizando vinte unidades experimentais, onde cada parcela teve dimensões de 4,0 m x 2,0 m, com espaçamento de 1 m entre parcelas e blocos (FIGURA 8).

Figura 8 - Croqui do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para a implantação das plantas de cobertura, foi realizada a limpeza da área no dia 19 de dezembro de 2021, através da capina manual. As plantas invasoras que mais ocorreram no local foram: nabo-forrageiro (*Brassica rapa*), capim-maçambara (*Sorghum halepense*), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*).

Foram aplicados cinco tratamentos sendo eles capim-sudão, milho, feijão-de-porco, crotalária e pousio. Foram adquiridas sementes certificadas e para definir a densidade de semeadura foi levado em conta as porcentagens de impurezas e poder de germinação. As sementes foram semeadas nas seguintes quantidades: 125 gramas de crotalária, 207 gramas de feijão-de-porco, 121 gramas de milho e 120 gramas de capim-sudão nos quatro blocos.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada no dia 7 de janeiro de 2022 no Bloco 4 e nos Blocos 1, 2 e 3 foi no dia 10 de janeiro de 2022. Foram necessários cordas e sachos para orientar a linha de semeadura. O espaçamento da linha de semeadura foi de 30 cm. Após a semeadura foi regado manualmente e diariamente na primeira semana. Entretanto, devido à escassez de chuva, a germinação não ocorreu de forma homogênea.

Diante disso, a quantidade utilizada na ressemeadura foi conforme a necessidade de cada unidade experimental. Sendo:

- Bloco 1 nas quantidades: 38 gramas de capim-sudão, 22 gramas de milho, 328 gramas de feijão-de-porco, 84 gramas de crotalária.
- Bloco 2 nas quantidades: 73 gramas de capim-sudão, 24 gramas de milho, 345 gramas de feijão-de-porco, 41 gramas de crotalária.
- Bloco 3 nas quantidades: 102 gramas de capim-sudão, 11 gramas de milho, 222 gramas de feijão-de-porco, 162 gramas de crotalária.
- Bloco 4 nas quantidades: 24 gramas de capim-sudão, 24 gramas de milho, 174 gramas de feijão-de-porco, 82 gramas de crotalária.

Tendo em vista as perdas por agentes externos como por exemplo, lebrões, foi utilizada uma alta densidade de semeadura para compensar essas perdas.

Para as espécies foi realizado a adubação (FIGURA 9) no dia 18 de março de 2022 conforme o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2016), sendo assim, as gramíneas utilizaram 400g/parcela da fórmula NPK 5-20-20 + 310 g de uréia. Já para as leguminosas, foram usados 80g/parcela de KCl + 200g/parcela de SFT.

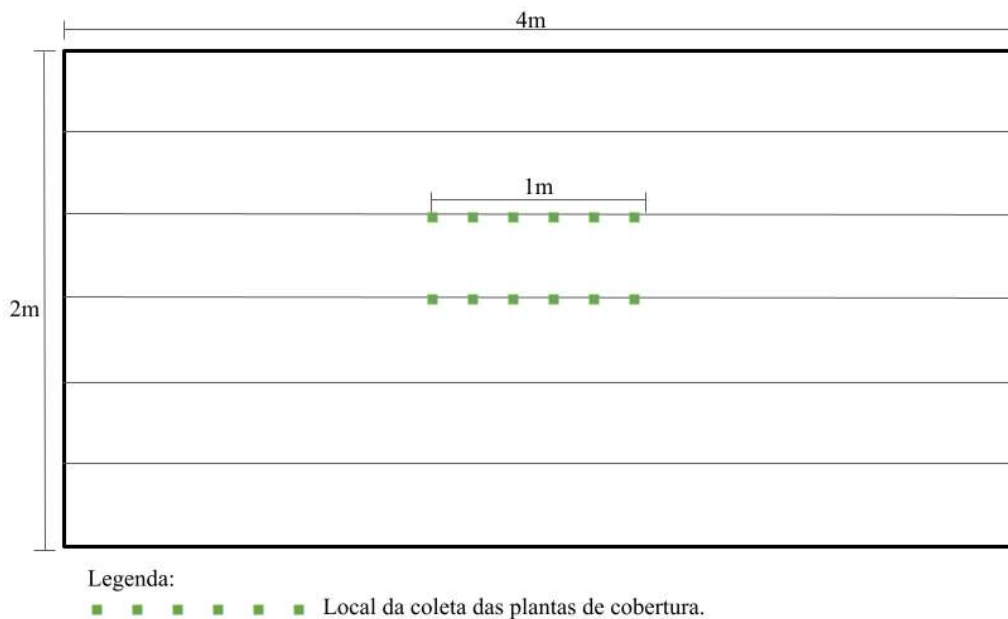
Figura 9 – Adubação nas plantas de cobertura do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

No dia 29 de abril de 2022, em plena da floração das plantas de cobertura, foram coletadas amostras, sendo compostas de 2 m lineares do centro da parcela (FIGURA 10), para análise de produção de matéria seca (MS) e de concentração de nutrientes na parte aérea de cada espécie.

Figura 10 – Coleta dos tratamentos, na parcela experimental, Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).



E para finalizar o ciclo das plantas de cobertura, foram roçados todos os tratamentos no mesmo dia das coletas e foram organizados de uniformemente dentro da parcela como podemos ver na Figura 11.

Figura 11 – Roçada dos tratamentos e organização da palhada nas unidades experimentais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



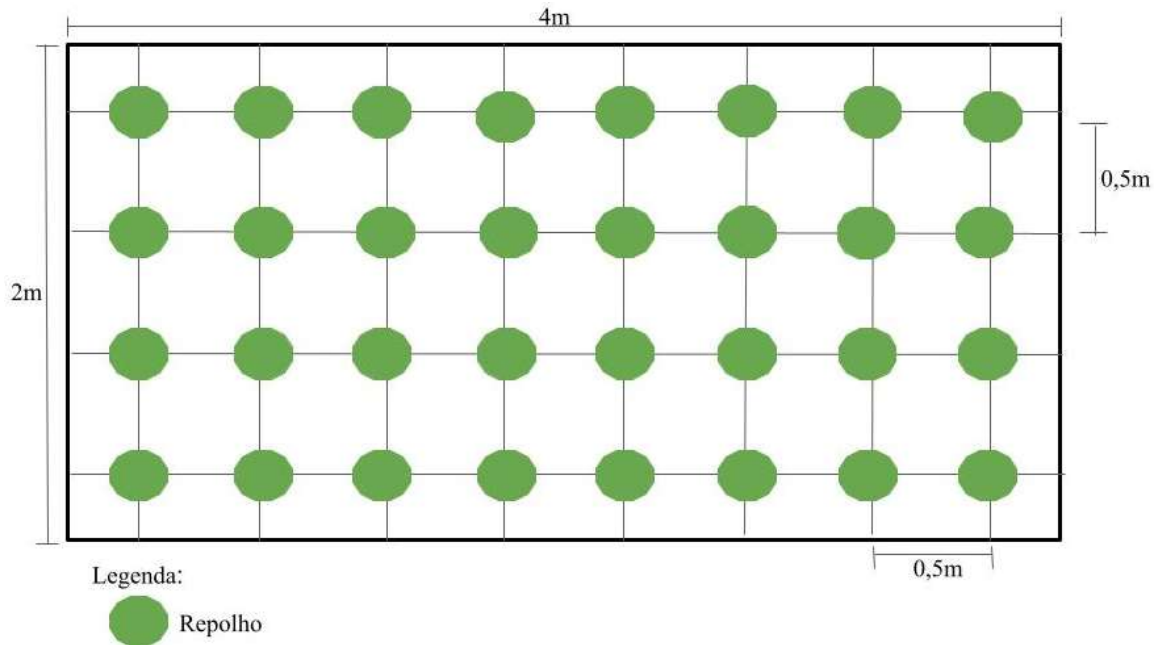
Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

### 3.3 PREPARO DA ÁREA E PLANTIO DAS MUDAS DE REPOLHO

As mudas de repolho foram plantadas no dia 11 de junho de 2022 obtidas de viveiro certificado em estágio de desenvolvimento II. A variedade utilizada foi *Fuyutoyo*, com 32 plantas por unidade experimental, totalizando 640 mudas no experimento. Os repolhos foram implantados da seguinte forma: cada parcela teve quatro linhas de plantio de repolho com oito plantas em cada, com espaçamento de 0,5m entre planta e 0,5m entre linha, tendo 8 m<sup>2</sup> área útil cada parcela (FIGURAS 12 e 13).

Figura 12 - Croqui representativo da disposição de plantio do repolho em cada unidade experimental, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro

Largo, 2022.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 13 – Preparo das covas de plantio, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

A adubação (FIGURA 14) foi realizada em cobertura conforme a análise química do solo e recomendado pelo Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (TABELA 2).

Tabela 2 - Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica em cada muda de repolho, na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2022.

<b>Adubação Nitrogenada</b>			
Época de adubação			
11/06/2022	02/07/2022	19/07/2022	13/08/2022
20 kg/ha	48 kg/ha	96 kg/ha	96 kg/ha
1,1 g de ureia/cova	2,65 g de ureia/cova	5,33 g de ureia/cova	5,33 g de ureia/cova
<b>Adubação Potássica</b>			
Época de adubação			
11/06/2022			
180 kg/ha			
9,90 g de SFT/cova			
<b>Adubação Fosfatada</b>			
Época de adubação			
02/07/2022	19/07/2022	13/08/2022	13/08/2022
36 kg/ha	54 kg/ha	54 kg/ha	36 kg/ha
1,49 g de KCl/cova	2,23 g de KCl/cova	2,23 g de KCl/cova	1,49 g de KCl/cova

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 14 – Adubação do repolho, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).



Para o controle de pragas e doenças, foi realizado a aplicação terrestre dos produtos fitossanitários biológicos Metarril Wp E9, Boveril WP PL63 ® e Thuricide ®, com o auxílio de um pulverizador costal. Para controlar as plantas invasoras, foi realizado capina entre as parcelas e arranquio dentro das unidades experimentais.

O ciclo do repolho se encerrou no dia 22 de outubro de 2022, totalizando assim 134 dias, em que a cultura estava no estágio de desenvolvimento IX.

### 3.4 AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA

A determinação da Matéria Seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura de verão foi realizada durante o estágio de florescimento de todas as espécies. A determinação da MS foi feita por amostragem, o corte foi realizado em 2 m lineares, rente ao solo, no centro das unidades experimentais. Posteriormente, as amostras de massa verde foram pesadas e submetidas à estufa de ar forçado a 60°C durante 72 horas. Após a retirada das amostras da estufa, foi realizada a pesagem das amostras secas e assim calculou-se, por diferença, a produção de MS das plantas de cobertura.

Para a avaliação da concentração de nutrientes na MS da parte aérea das plantas de cobertura, foi realizado o procedimento de secagem e moagem das amostras que foi utilizada para a análise de tecido seguindo a metodologia de Tedesco *et al.* (1995). As análises foram realizadas em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* Santa Maria-RS, junto ao Laboratório de Análises de Solo. Após a prática e em função da MS produzida por cada cultura, foi determinada a quantidade de nutrientes acumulados pelas plantas de cobertura.

### 3.5 AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES NO SOLO

Para compreender o efeito de diferentes coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo foram avaliados os parâmetros: densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade.

Após o ciclo do repolho, no dia 22 de dezembro de 2022 foi realizada uma coleta das amostras de solo com estrutura preservada, em todos os tratamentos, seguindo-se a metodologia de Tedesco *et al.* (1995). Para isso, foram coletadas amostras com o auxílio de anéis metálicos

de volume conhecido em duas profundidades (0-10 e 10-20 cm), totalizando 40 amostras. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em potes plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Física e Pedologia do Solo. As análises físicas seguiram o método do anel volumétrico e o método da mesa de tensão (FIGURA 15).

Figura 15 – Método da Mesa de Tensão, no Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2023.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2023).

A temperatura do solo foi mensurada através do equipamento denominado “*Portable Temperature Meters - N305*” (FIGURA 16). A medida da temperatura foi realizada somente na camada 0-5cm de profundidade em todas as parcelas semanalmente durante todo o ciclo do repolho.

Figura 16 - Medidor de temperatura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

A umidade volumétrica do solo foi mensurada através do equipamento denominado Refletômetro no Domínio do Tempo (TDR) (FIGURA 17). Foram instaladas sondas de 20 cm de profundidade em todas as parcelas e as medidas foram feitas semanalmente durante todo o ciclo do repolho, com o objetivo de determinar o conteúdo de água no solo.

Figura 17 - Coleta de dados através do TDR, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

### 3.6 AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES NO REPOLHO

Foram coletados três cabeças de repolhos por unidade experimental desconsiderando a bordadura e posteriormente foram submetidos a pesagem da Massa Fresca de Cabeça (MFC) e medição de Diâmetro de Cabeça (DC).

Primeiramente, foi realizada a limpeza dos repolhos e, para a pesagem das cabeças, foi utilizada balança de precisão (FIGURA 18). Já para a determinação do diâmetro, foi utilizado paquímetro digital, em laboratório. Com os dados obtidos através do processamento das amostras foi obtido a MFC e DC. Com os valores de MFC foi estimado a produtividade média em  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Figura 18 – Pesagem da massa fresca e medição do diâmetro da cabeça do repolho no Laboratório de Física do Solo – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

### 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados com o auxílio do *software* SAS.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PLANTAS DE COBERTURA

#### 4.1.1 Quantificação de massa seca e relação C/N da cobertura vegetal do solo

Na Tabela 3, são apresentados os valores de acúmulo de Massa Seca (MS) das plantas de coberturas durante o período de florescimento. Verificou-se que o menor valor de produção de MS foi da crotalária, atingindo 6,2 Mg.ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos não diferiram significativamente entre si, todavia, o milho produziu a maior quantidade de MS em comparação às demais plantas de cobertura, com produtividade média de 9,0 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Esse resultado foi inferior ao encontrado por Cazetta; Fornasieri Filho; Giroto (2005) sendo um rendimento de MS de 10,7 Mg.ha<sup>-1</sup>. Além disso, Soratto *et al.* (2012) verificaram uma produtividade de MS de 14,04 Mg.ha<sup>-1</sup>. Contudo, esse experimento foi realizado em um Nitossolo Vermelho e o clima é classificado como Cwa e a semeadura ocorreu no mês de outubro. Nesse sentido, a menor produtividade em comparação com outros trabalhos se dá pelo período de baixa precipitação no decorrer do ciclo da cultura.

A relação C/N tem sido utilizada para supor a disponibilidade de N no solo durante a decomposição de materiais orgânicos (GIACOMINI *et al.*, 2003). Além disso, Loss e colaboradores (2019) esclarecem:

As espécies de plantas de cobertura possuem diferentes produções de matéria seca da parte aérea e a sua permanência no solo é regulada pela relação C/N do material vegetal, que se reflete na velocidade com que a decomposição do material é processada, e pelo manejo adotado.

Diante disso, a relação C/N foi de 13 no feijão-de-porco e de 26 no capim-sudão, enquanto o milho e a crotalária assumiram valores intermediários, 19 e 22, respectivamente. Com isso, Boer *et al.* (2007) comentam que as leguminosas apresentam baixa relação C/N porque inicialmente as taxas de liberação de nutrientes são maiores. Logo, pode-se afirmar que quanto maior a relação C/N por mais tempo fica a palhada sobre o solo.

Tabela 3 – Produção média de massa seca e relação C/N da parte aérea das plantas de cobertura, obtidas em experimento no período de 2022 em Cerro Largo - RS.

Planta de cobertura	Massa Seca (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Relação C/N
<b>Gramíneas</b>		
Capim-sudão	6,3 <sup>ns</sup>	26 a*
Milheto	9,0	19 c
<b>Leguminosas</b>		
Feijão-de-porco	7,5	13 d
Crotalária	6,2	22 b
CV (%)	28,32	

ns: não significativo a 5% de probabilidade.

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 4.1.2 Determinação da concentração de nutrientes das plantas de cobertura

Os tratamentos milheto e feijão-de-porco foram os mais eficientes em acumular carbono na cobertura do solo. Segundo Lima *et al.* (2016), o incremento dos teores de C, no SPD, está associado ao aumento do aporte de material vegetal ao solo, ao manejo das plantas de cobertura, à evolução da qualidade física do solo e ao desenvolvimento da humificação da MOS. Todavia, para ocorrer o efeito no estoque de C no sistema de manejo são necessários anos de incremento, pois a MO associada aos minerais apresenta uma ciclagem lenta, no que se refere à sua formação e decomposição (BAYER *et al.*, 2004).

Os maiores teores de nitrogênio (N) (246,5 kg.ha<sup>-1</sup>) e cálcio (Ca) (154, 5 kg.ha<sup>-1</sup>) foram verificados no feijão-de-porco (TABELA 4). Já o milheto apresentou valores positivos tanto para macronutrientes quanto micronutrientes, verificando-se maiores concentrações de fósforo, potássio, magnésio e enxofre na parte aérea da planta. Diante disso, em um estudo realizado por Teixeira *et al.* (2010), a palhada do consórcio de milheto + feijão-de-porco apresentou maior liberação de N, Ca e Mg, contribuindo para maior ciclagem de nutriente, ou seja, a utilização de leguminosas para a produção de palha constitui um aumento do teor de N nos solos.

Tabela 4 – Quantidade de carbono acumulado e concentração de macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura, no período de 2022 em Cerro Largo-RS.

Espécie	C	N	P	K	Ca	Mg	S
CS	2658,5 a	102,2 b	10,4 b	81,8 b	15,2 b	25,4 a	0,5 b*
MI	3655,2 a	197,9 ab	20,1 a	293,6 a	39,5 b	36,5 a	7,6 a
FP	3082,7 a	246,5 a	15,6 ab	135,3 b	154,5 a	31,2 a	1,0 b
CJ	2678,0 a	124,0 b	9,4 b	90,4 b	52,0 b	22,2 a	0,8 b
CV	28,24	34,50	29,19	26,60	51,13	29,06	27,00

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CS: Capim-sudão; MI: Milheto; FP: Feijão-de-porco; CJ: Crotalária. CV: Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 4.2 PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

### 4.2.1 Densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade

Esses parâmetros não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em todas as camadas. Contudo, os menores valores de densidade do solo (Ds) foram encontrados na camada 0-10 cm em todos os tratamentos. Sendo, que os menores valores encontrados foram nos tratamentos feijão-de-porco (0-10 cm) e no capim-sudão (10-20 cm) (Tabela 4).

Nesse sentido, “os solos com maior Ds apresentam diminuição da PT, redução da permeabilidade e da infiltração de água, destruição dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração” (PEZARICO; VITORINO; MERCANTE, 2013). E nesse trabalho, os tratamentos apresentaram valores superiores ao limite crítico proposto por Reichert *et al.* (2003), 1,30 a 1,40 Mg.m<sup>-3</sup> para solos argilosos, ou seja, não houve camada restritiva para ao crescimento da raiz.

A porosidade total (PT), em geral, foi maior na camada (0-10 cm), sendo que na camada 10-20 cm o Feijão-de-porco apresentou o menor valor em comparação aos outros tratamentos nessa mesma camada. Inclusive, o maior valor de PT auxilia no aumento de umidade volumétrica do solo (LOSS *et al.*, 2017).

Para a microporosidade não apresentou diferença significativa em nenhuma das camadas. Sendo que a maior variação (0,04 cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>) da camada 0-10 e 10-20 foi no Feijão-de-porco. Além disso, o milheto não apresentou alteração entre as camadas. Já a macroporosidade essa variação de macroporos é maior entre as camadas dos mesmos

tratamentos. Contudo, os resultados não diferiram significativamente entre os tratamentos, sendo que na camada 0-10 apresentaram maiores valores do que na camada 10-20 cm, como esperado.

Tabela 5 – Valores médios de densidade e porosidade do solo dos materiais de solo das profundidades (0-10 e 10-20 cm) do SPDH dos diferentes tipos de planta de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.

<b>Camada (cm)</b>	<b>CS</b>	<b>MI</b>	<b>FP</b>	<b>CJ</b>	<b>PO</b>	<b>CV (%)</b>
<b>Densidade do Solo g.cm<sup>-3</sup></b>						
<b>0-10</b>	1,10	1,15	1,08	1,10	1,12 <sup>ns</sup>	4,76
<b>10-20</b>	1,18	1,22	1,32	1,24	1,28	10,30
<b>Porosidade Total cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup></b>						
<b>0-10</b>	0,62	0,61	0,63	0,62	0,61	2,95
<b>10-20</b>	0,59	0,58	0,54	0,57	0,56	7,91
<b>Microporosidade cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup></b>						
<b>0-10</b>	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35	4,81
<b>10-20</b>	0,35	0,35	0,38	0,36	0,36	8,30
<b>Macroporosidade cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup></b>						
<b>0-10</b>	0,28	0,26	0,29	0,28	0,27	10,12
<b>10-20</b>	0,24	0,23	0,16	0,21	0,20	35,55

CS: Capim-sudão; MI: Milheto; FP: Feijão-de-porco; CJ: Crotalária.

ns: não significativo a 5% de probabilidade.

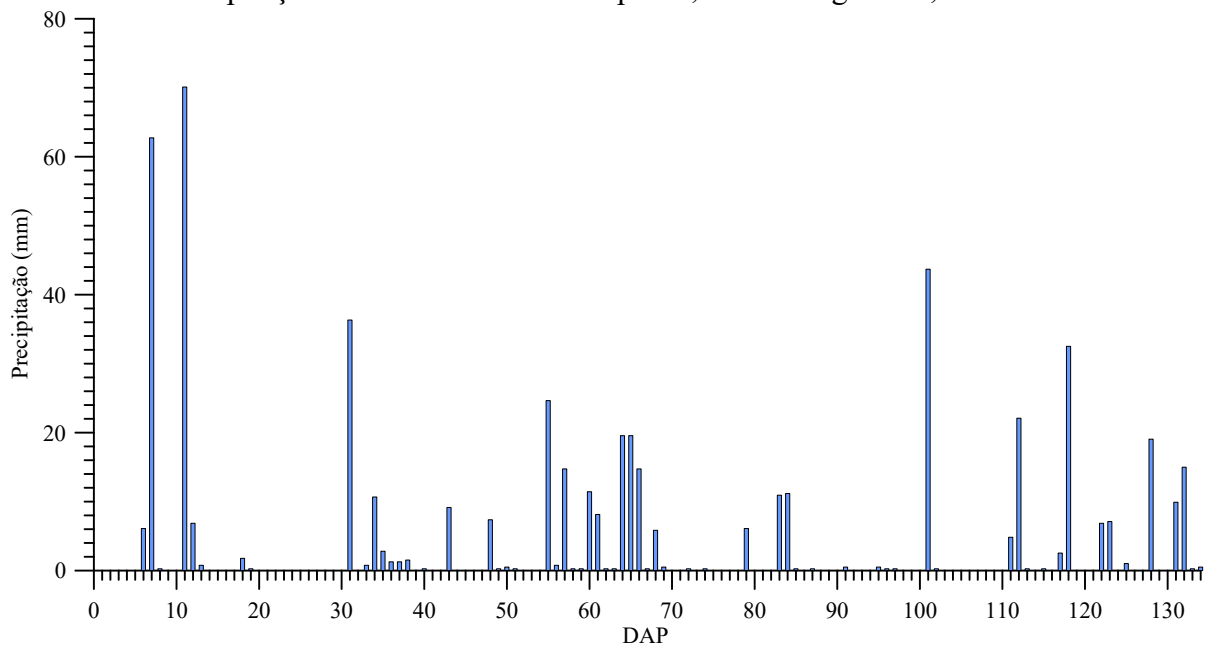
Fonte: Elaborado pela autora (2023).



#### 4.2.2 Disponibilidade de água

Pode-se visualizar no Gráfico 1, a precipitação durante o ciclo da hortalíça, onde nos próximos gráficos poderá ser visto o comportamento dos parâmetros avaliados em função desse fator.

Gráfico 1 – Precipitação durante o cultivo do repolho, Cerro Largo - RS, 2022.

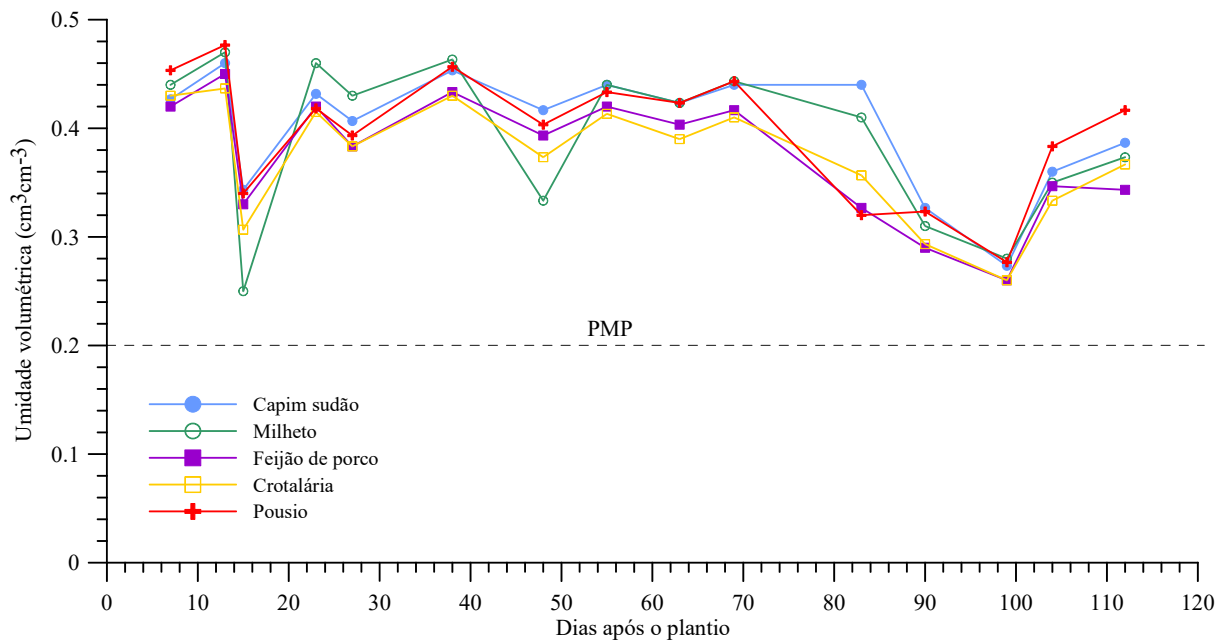


Fonte: adaptado de IRIOGRAN38 (2023).

No Gráfico 2, verifica-se que durante o ciclo do repolho, a umidade volumétrica (UV) do solo nunca se encontrou ao ponto de murcha permanente (PMP). Esse parâmetro não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, uma vez que durante o ciclo do repolho ocorreram longos períodos de chuva.

Contudo, o menor valor de UV foi 15 dias após o plantio quando o milho apresentou valor de  $0,25 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ , todavia todas as plantas de cobertura apresentaram comportamento semelhante. Além disso, em um estudo realizado sobre o SPDH na cebola, em Santa Catarina, *Loss et al.* (2017), concluem que o SPDH contribui ao aumento dos índices de porosidade total e UV do solo em relação ao SPC

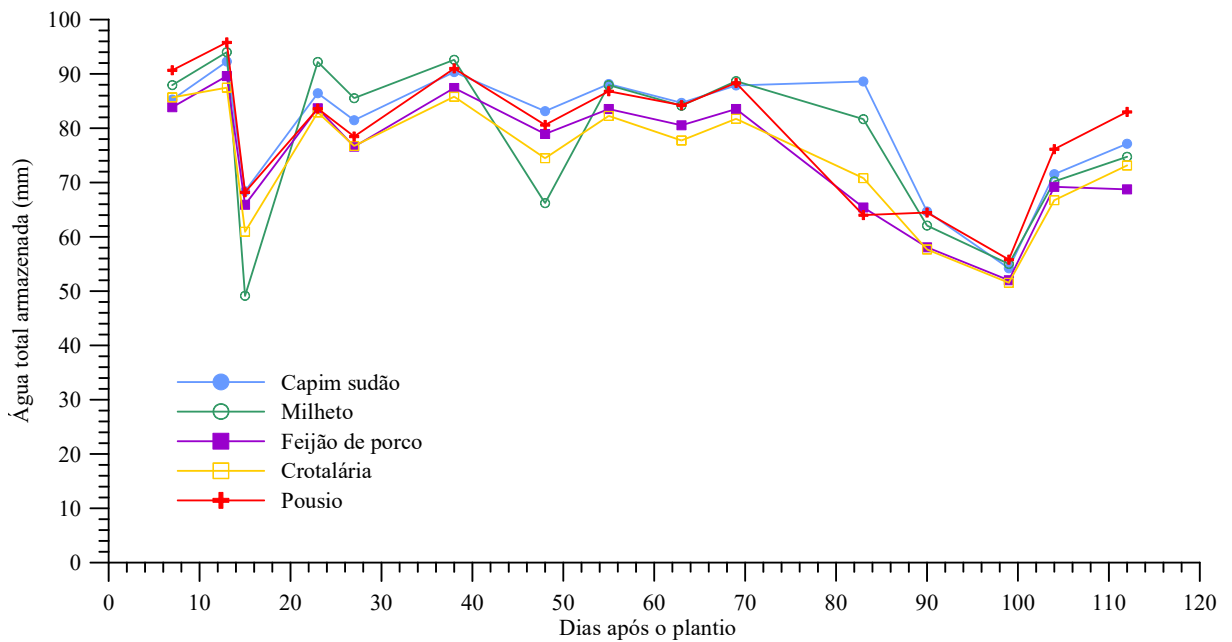
Gráfico 2 – Umidade volumétrica do solo ao longo dos dias após o plantio do repolho, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No Gráfico 3, verifica-se que, durante o ciclo do repolho, em relação a capacidade total de água armazenada (CAT), os valores permaneceram acima de 45 mm. Como dito anteriormente, durante o ciclo do repolho ocorreram chuvas intensas de até 80 mm e isso justifica essa quantidade de água armazenada.

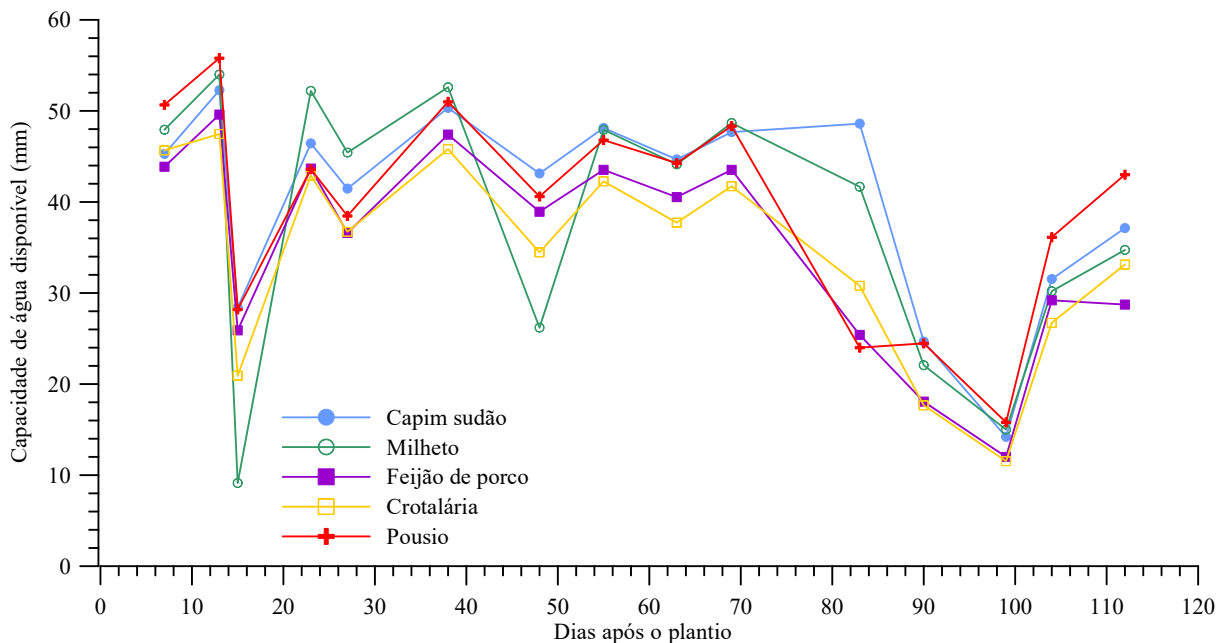
Gráfico 3 – Valores médios da lâmina total de água armazenada no solo durante o ciclo do repolho, sob diferentes plantas de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O Gráfico 4 mostra a lâmina de água disponível para as mudas de repolho, embora não tenha apresentado diferença estatística entre os tratamentos ficou evidente que o milho teve uma maior oscilação em comparação aos outros tratamentos. Segundo Damalgo *et al.* (2009) “a disponibilidade de água às plantas no solo em plantio direto é maior que no solo em preparo convencional nas camadas mais próximas à superfície”, ou seja, a adição da matéria orgânica (Mno solo colabora para uma maior retenção de água no perfil do solo).

Gráfico 4 – Valores médios da lâmina de água disponível aos repolhos durante o ciclo, sob diferentes plantas de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, 2022.



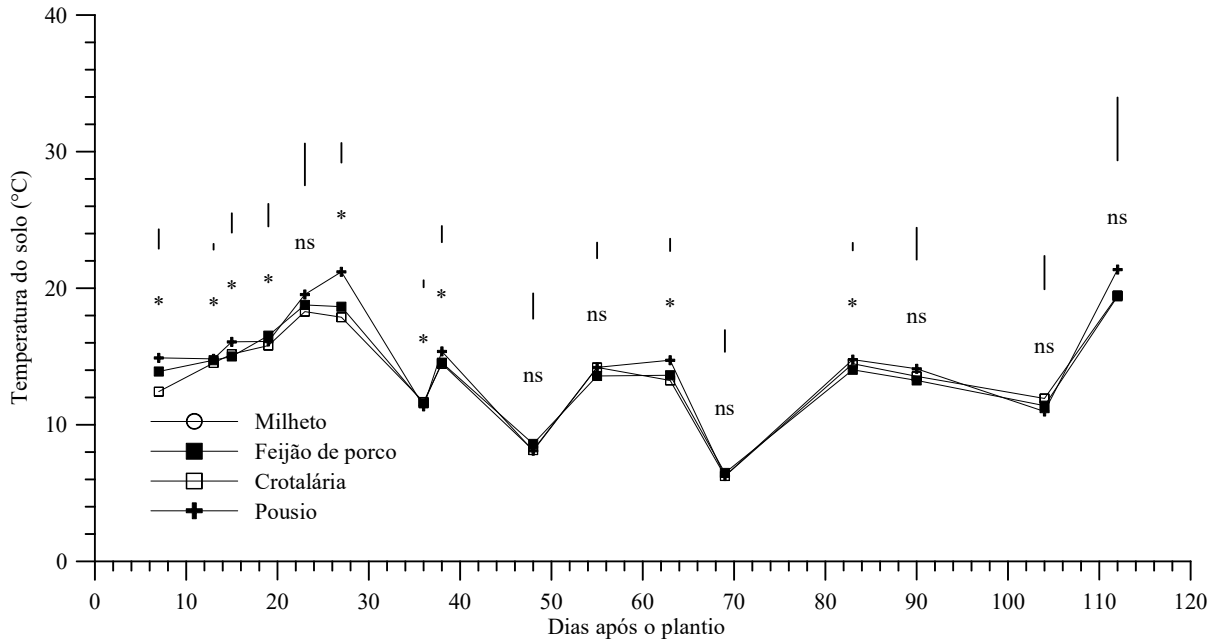
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 4.2.3 Temperatura do solo

Com relação à temperatura média do solo, houve diferenças significativas entre os tratamentos estudados. Como podemos ver no Gráfico 5, o pousio apresentou temperaturas mais elevadas nos dias quentes, tendo em vista que um solo exposto tem uma maior amplitude térmica pela maior evapotranspiração da água.

Segundo Resende *et al.* (2005), as coberturas do solo mantem temperaturas inferiores em comparação aos solos descobertos, ou seja, a cobertura morta no cultivo de hortaliças proporciona temperaturas mais amenas, colaborando para o desenvolvimento das raízes.

Gráfico 5 – Valores médios da temperatura do solo (5 cm) durante o ciclo do repolho, em função das plantas de cobertura, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



\*As linhas verticais comparam as médias entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 4.3 PRODUTIVIDADE DO REPOLHO

Constatou-se que houve efeito significativo das plantas de cobertura na Massa Fresca da Cabeça (MFC), Diâmetro da Cabeça (DC) e Produtividade (Tabela 6) do repolho, cultivar *Fuyutoyo*. O feijão-de-porco apresentou valores superiores em todas as variáveis analisadas, sendo que a média da MFC ficou 3,53 Kg e o DC 19,72 cm resultando numa produtividade média de 141,35 Mg.ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos capim-sudão, milho e crotalária apresentaram valores intermediários. Por outro lado, o pousio se destaca pela produtividade mínima entre os tratamentos, sendo a MFC 2,41 Kg e apenas 96,50 Mg.ha<sup>-1</sup> de produtividade.

Tabela 6 – Produtividade do repolho ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos tratamentos, Cerro Largo, 2022.

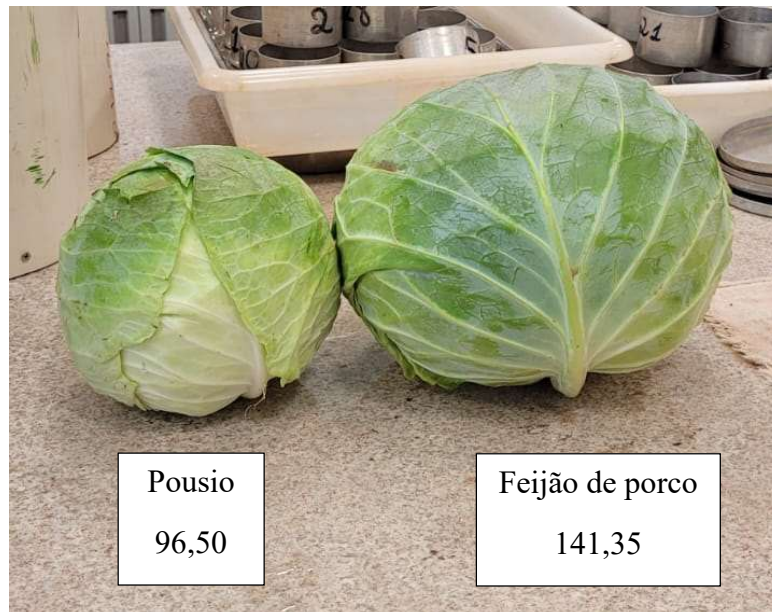
Tratamento	MFC (kg)	DC (cm)	Produtividade ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
<b>Feijão-de-porco</b>	3,53 a	19,72 a	141,35 a*
<b>Capim-sudão</b>	3,25 ab	19,00 ab	129,98 ab
<b>Milheto</b>	3,12 ab	18,78 ab	124,80 ab
<b>Crotalária</b>	2,82 ab	18,23 ab	112,95 ab
<b>Pousio</b>	2,41 b	17,48 b	96,50 b
<b>DMS</b>	0,88	2,04	35,56
<b>CV</b>	12,94	4,84	13,45

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MFC: Massa Fresca da Cabeça; DC: Diâmetro da Cabeça; DMS: Diferença Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Segundo um estudo realizado por Léo *et al.* (2000), essa mesma cultivar teve resultado inferior,  $41,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , em um Sistema de Plantio Convencional. Esses resultados confirmam que o feijão-de-porco é uma alternativa para a adição de N no solo, contribuindo para uma maior produtividade (FIGURA 19).

Figura 19 – Diferença da produtividade dos tratamentos no cultivo do repolho ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo, 2022.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas onde o experimento foi realizado e considerando o segundo ano de resultados conclui-se que nos parâmetros do solo avaliados nas camadas 0-10 a 10-20 cm não tiveram valores diferidos significativamente. O parâmetro temperatura apresentou diferença significativa entre os tratamentos principalmente o pousio que se verificou uma maior amplitude térmica.

O feijão-de-porco resultou na maior produtividade do repolho, e os maiores teores de nitrogênio e cálcio na parte área da planta. Já o milho apresentou maior produção de massa seca, e maiores concentrações de fósforo, potássio, magnésio e enxofre na parte área.

Apesar desses resultados positivos, ainda é necessária a continuidade deste experimento para analisar os parâmetros físico-químico do solo, e a produtividade do repolho a longo prazo até se consolidar o SPDH. Principalmente para auxiliar na escolha de espécies mais adequadas as condições de solo e climáticas da região missioneira.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Ramon Costa *et al.* **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-26, fev. 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-de-solo-para-sistema-plantio-direto>. Acesso em: 2 jan. 2023.
- ALCÂNTARA, F. A. de; MADEIRA, N. R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Circular Técnica, 10p, Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/34840/1/ct\\_64.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/34840/1/ct_64.pdf). Acesso em: 21 jun. 2022
- ALBUQUERQUE, Jackson Adriano *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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online], v. 29, n. 3, p. 415-424, 19 setembro 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000300012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/vzPcnvW55TPRjN4r6ckqDKj/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- AMABILE, Renato Fernando. **Comportamento de adubos verdes em épocas de semeadura nos Cerrados do Brasil Central**. Dissertação mestrado- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 1996.
- AMBROSANO, Edmilson José *et al.* Produtividade de cana-de-açúcar em ciclos agrícolas consecutivos após pré-cultivo de espécies adubos verdes. **Revista de Agricultura**, Piracicaba v.89, n.3, p. 232 – 251, 2014. Disponível em: <http://www.revistadeagricultura.org.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/51>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- AMORIM, Fábio Farias. **Agregação e estabilidade da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/158902>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- ANDRADE, Alex Teixeira *et al.* Desafios do sistema plantio direto no Cerrado. **Informe Agropecuário**, v. 39, n. 302, p. 18-26, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329451343\\_Desafios\\_do\\_Sistema\\_Plantio\\_Direto\\_no\\_Cerrado](https://www.researchgate.net/publication/329451343_Desafios_do_Sistema_Plantio_Direto_no_Cerrado). Acesso em: 24 jun. 2022.
- 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**, v. 13, p. 411-418, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000400007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/vJnDWCRpFZKc7nG4xMnvhSS/>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- AQUINO, Leonardo A. de *et al.* Características produtivas do repolho em função de espaçamentos e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.266-270,



abr-jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/M5hYtLY48L5Wd9wnBnNcG3R/#>. Acesso em: 2 jun. 2022.

BAYER, Cimélio et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. 2004, v. 39, n. 7. pp. 677-683. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Yjx6VpKBbYcHtZ57ywF5HJg/>. Acesso em: 5 jun. 2022.

BARBIERI, Mirian. **Bioatividade do solo sob plantio direto com sucessão e rotação de culturas**. 2017. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/12482>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BARRETTO, VC de M. *et al.* Adubação verde e nitrogenada na produtividade de milho e competição de plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 11, n.2, p. 177-184, Alta Floresta, 2013. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol11-2/12%20MODELO%20ARTIGO%20RCAA%20v11n2a2013.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BOER, Carlo Adriano *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 1269-1276, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/K3BFqHMNz9FvByG6d3Zy8pc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CALEGARI, Ademir *et al.* **Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto**. Semina: Ciências Agrárias, vol. 27, n. 2, 2006, p. 147-157. Universidade Estadual de Londrina Londrina, Brasil. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744080001>. Acesso em: 19 jun. 2022.

CARVALHO, Camilo Amaro de *et al.* Estudo espectrométrico de diferentes estágios fenológicos da Brassica oleracea var. capitata. **Revista brasileira farmacognosia** [online]. 2008, vol.18, n.2, pp. 249-257. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000200020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/6NymwSxQJvMPd8jXtnCQjpp/>. Acesso em: 3 jan. 2023.

CAZETTA, Disnei Amelio, FORNASIERI FILHO, Domingos; GIROTTO, Fabrizzio. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026560002>. Acesso em: 3 jan. 2023.

CRUZ, J. C. *et al.* Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, jan./fev. 2001. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/485004>. Acesso em: 20 jun. 2022.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 11ª ed. Porto Alegre: CQFS; 2016

DALMAGO, Genei A. *et al.* Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 2009, v. 13, n. suppl pp. 855-864. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000700007>.

EIRAS, Priscila Pixoline; COELHO, Fábio Cunha. Avaliação de diferentes densidades de semeadura e da poda na produtividade de sementes de *Crotalaria juncea* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 668-676, 2012. Disponível em: [http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2012000500012&lng=en&nrm=iso](http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2012000500012&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 jun. 2022.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Sistemas de plantio direto de hortaliças**. 2019. *Folder*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210362/1/folder-spdh.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

FAYAD, Jamil. A. *et al.* **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças**. Epagri: Florianópolis, 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2007. 421p.

FERREIRA, T.N.; SCHWARZ, R.A.; STRECK, E.V. **Solos: manejo integrado e ecológico - elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

FONTES, Paulo Cezar Rezende, *et al.* Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo. **Horticultura Brasileira** 25:355-359. 2007.

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**, 27:325-334, 2003.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 307-313, 1999.

GOOGLE. **Google Earth** website. <http://earth.google.com/>, 2009.

HORTI&FRUTI Anuário Brasileiro de 2022 / Benno Bernardo Kist... [*et al.*]. – Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2022. 96 p.: il. ISSN 2107-0897

LEAL, Marco Antonio de Almeida. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. 2006. 26 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ - RJ, 2006.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, P.388. 1931.

LEAL, Marco Antonio de Almeida *et al.* Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres** [online]. 2012, v. 59, n. 3, p. 386-391. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300014>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

LÉDO, F.J. S.; SOUSA, J.A.; SILVA, M.R. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 138-140, julho 2.000.

LIMA, Carlos Eduardo Pacheco; MADEIRA, Nuno Rodrigo. Sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH). **Embrapa Hortaliças-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2013.

LIMA, Carlos Eduardo Pacheco *et al.* Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 378-387, 2016.

LOPES, Otávio Manoel Nunes. **Feijão-de-porco**: leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo. Embrapa Amazônia Oriental. 2000. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/407266/1/FeijaoPorcoLeguminosa.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2022.

LOSS, A. *et al.* Rizosfera e as reações que ocorrem no seu entorno. Fayad JA, Arl V, Comin JJ, Mafra AL, Marchesi DR. **Sistema de plantio direto de hortaliças: método de transição para um novo modo de produção**. 1nd ed. São Paulo: Expressão Popular, p. 175-212, 2019.

LOSS, Arcângelo *et al.* Atributos físicos do solo em cultivo de cebola sob sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Colombiana de Ciências Horticolas**, v. 11, n. 1, p. 105-113, 2017.

MANFRE, Edson Roberto *et al.* O sistema de plantio direto na produção de milho a importância das plantas de cobertura em lavouras. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019.

MELO, Gabriel Bressiani *et al.* Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. 2016, v. 51, n. 9, pp. 1511-1519. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900050>>. Acesso em: 9 jul. 2022.

MENEGHETTE, H. H. *et al.* Adubação potássica em plantas de coberturas no sistema de plantio direto e efeitos na cultura da soja em sucessão. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 3, p. 01–12, 2019. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2392>. Acesso em: 4 jul. 2022.

MORAES, Ademir Antunes; VIEIRA, Maria do Carmo; ZÁRATE, Néstor Antonio Heredia. Produção de repolho'Chato de Quintal'e da capuchinha'Jewel', solteiros e consorciados, sem e com cama-de-frango semidecomposta incorporada no solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 731-738, 2007.

MOZENA LEANDRO, Wilson; SILVA MENEZES, Luiz Antônio, **Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Tropical [Internet]. 2004;34(3):173-180. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253025898008>

NUNES, M. U. C.; OLIVEIRA, J. B. de; FAZOLIN, M. **Cultivo de repolho (*Brassica oleracea* varo *Capitata*) no Acre**. Rio Branco: EMBRAPACPAF-Acre, 1994. 18p. (EMBRAPA-CPAF-Acre. Circular Técnica, 11).

OLIVEIRA, S.M *et al.* Importância do sistema de plantio direto (SPD) para a cultura do milho. **Revista Visão Agrícola**, n. 13, 9 julho 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2020.

PEREIRA FILHO, I. A. *et al.* **Manejo da cultura do milheto**. Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 29, 17 p. 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/487545>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

PEREIRA NETO, Osvaldo C. *et al.* Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online], v. 11, n. 5, p. 489-496, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000500007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/BhqxdPDCrvxqtrwgcDGvHRQ/?format=html&lang=pt#>. Acesso em: 21 jun. 2022.

PEZARICO, Carmen R. *et al.* Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciência Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.004>.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v.27, p.29-48, 2003.

RESENDE, F. V. *et al.* Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n. 1, p. 100-105, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000100012>.

RODRIGUES, J. E. L. F. *et al.* **A importância do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no município de Ponta-de-Pedras/Marajó-PA**. Comunicado técnico. 2004.

ROTTERS, Diego Fernando. **Atributos do solo em sistema de plantio direto de hortaliça em campo e casa de vegetação**. 2020.136 p. Tese (doutorado) Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2020.

SANTOS, Danilo Reinheimer dos; REICHERT, José Miguel. **Gênese e propriedades do solo**. 1 ed. Santa Maria: O Manancial, 2007. *E-book*. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16154/Curso\\_Agric-Famil-Sust\\_G%c3%aanese-Propriedade-Solopdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16154/Curso_Agric-Famil-Sust_G%c3%aanese-Propriedade-Solopdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 20 jun. 2022.

SANTOS, Hosnerson Renan de Oliveira. **Características agronômicas e nutricionais de híbridos de sorgo com capim Sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) para a**

**produção de feno.** Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2018.

SILVA, Edson Cabral da *et al.* Aproveitamento do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da crotalária e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural** [online], v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000300004>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

SILVEIRA, Márcia Cristina Teixeira da *et al.* **Aspectos Relativos à Implantação e Manejo de Capim-Sudão BRS Estribo.** EMBRAPA, 2015, Bagé, RS.

SORATTO, Rogério Peres, *et al.* Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n. 10, p.1462-1470, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008>

SOUZA, Jacimar L.; GUIMARÃES, Gabriel P.; FAVARATO, Luiz F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 19-26, 2015. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100004>

STRECK, Edeimar Valdir *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul.** 3. ed. Porto Alegre: Emater, 2018. 251 p. (ISBN 978-85-98842-20-2).

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2 ed. Porto alegre: Departamento de Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995, 174 p.

TEIXEIRA, Cícero Monti *et al.* Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2010, v. 34, n. 2, p. 497-506. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200023>>. Acesso em: 4 jul. 2022.

TEIXEIRA, Cícero Monti *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy** [online]. 2009, v. 31, n. 4, p. 647-653. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.1356>>. Acesso em: 4 jul. 2022.

VICENTE, Bruna. **Atributos físicos do solo e produtividade de repolho cultivado em sucessão à plantas de cobertura em Sistema Plantio Direto.** 2022. Monografia (Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2022.

VILANOVA, Cintia de Camargo *et al.* **Sistema de plantio direto de cebola: contribuições das plantas de cobertura no manejo ecológico de plantas espontâneas.** 2011. 76p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95477>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ZATORRE, Natalia Pereira. **Influência da mudança no uso do solo em ecossistemas na Amazônia Sul Ocidental.** 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do

Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/278>. Acesso em: 20 jun. 2022.