

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM CACHOEIRA DO SUL  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**EDUARDA FONTOURA RODRIGUES**

**DENSIDADE DE SEMEADURA DE NABO FORRAGEIRO CULTIVADO  
SOLTEIRO E CONSORCIADO COM AVEIA PRETA COMO ESTRATÉGIA DE  
DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO**

**CACHOEIRA DO SUL - RS**

**2023**

**EDUARDA FONTOURA RODRIGUES**

**DENSIDADE DE SEMEADURA DE NABO FORRAGEIRO COMO  
ESTRATÉGIA DE DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira  
Agrônoma da Universidade Estadual do  
Rio Grande do Sul (UERGS)

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marta Sandra  
Drescher

**CACHOEIRA DO SUL**

**2023**

### Catlogação de Publicação na Fonte

R696d Rodrigues, Eduarda Fontoura.

Densidade de sementeira de nabo forrageiro cultivado solteiro e consorciado com aveia preta como estratégia de descompactação do solo. / Eduarda Fontoura Rodrigues. – Cachoeira do Sul, 2023.

48 f. il.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marta Sandra Drescher

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Agronomia, Unidade em Cachoeira do Sul, 2023.

1. Compactação do solo. 2. Estrutura do solo. 3. Plantas de cobertura de solo. 4. Plantio direto. I. Drescher, Marta Sandra. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Nídila Alonso Guimarães CRB 10/1903.

**EDUARDA FONTOURA RODRIGUES**

**DENSIDADE DE SEMEADURA DE NABO FORRAGEIRO COMO  
ESTRATÉGIA DE DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira  
Agrônoma da Universidade Estadual do  
Rio Grande do Sul (UERGS)

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marta Sandra  
Drescher

Aprovado em: / /

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Marta Sandra Drescher (Orientadora)  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

---

Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

---

Prof. Dr. Marciel Redin  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos está presente em minha vida.

Aos meus pais Valmor e Marli, pelo incentivo, amor, carinho e apoio.

A minhas irmãs pelo apoio e incentivo.

Ao meu namorado pelo apoio, carinho e paciência.

A minha orientadora, a professora Dr. Marta Sandra Drescher, pelos ensinamentos e paciência.

Aos meus colegas de turma, por compartilharem comigo tantos momentos e aprendizado ao longo deste percurso.

A UERGS, essencial no meu processo de formação profissional, e todos os professores pela dedicação ao longo dos anos do curso.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

A descompactação biológica promove o rompimento da camada compactada através do sistema radicular das culturas. Para tanto, recomenda-se a utilização de plantas que tenham sistema radicular profundo e vigoroso, como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), as quais proporcionam podem contribuir para o aumento da macroporosidade e, com isso, melhorar os fluxos de ar e água no solo. O presente trabalho teve como objetivo, conhecer o efeito do ajuste na densidade de semeadura de nabo forrageiro na capacidade de promover a descompactação do solo em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com aveia preta e seu efeito na produtividade da cultura da soja (*Glycine max*) em sucessão. O experimento foi realizado durante os anos agrícolas de 2021/22 e 2022/23, na área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições e nove tratamentos compostos por diferentes densidades de semeadura de nabo forrageiro solteiro (10, 15, 20, 30 e 40 Kg ha<sup>-1</sup>) ou consorciado com aveia preta (10, 15 e 20 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro com 40 kg ha<sup>-1</sup> de aveia preta) e consórcio de aveia com azevém (40 Kg ha<sup>-1</sup> de aveia + 50 Kg ha<sup>-1</sup> de azevém). Os resultados obtidos indicaram que a utilização de diferentes densidades de semeadura de nabo forrageiro, no cultivo solteiro e consorciado, produziu grande aporte de fitomassa, produzindo valores superiores a 6 t ha<sup>-1</sup>. Entretanto, refutando a hipótese do estudo de que o cultivo de nabo em altas densidades promoveria a redução da resistência a penetração, nos dois anos de avaliação os menores valores de resistência a penetração foram obtidos nos tratamentos com inclusão de gramíneas. A redução na resistência a penetração beneficiou o cultivo da soja em sucessão, de modo que os maiores valores de rendimento de grãos foram obtidos nos consórcios com gramíneas e no tratamento de nabo solteiro em alta densidade de semeadura (40 kg de semente por hectare).

**Palavras-chave:** Compactação do solo; Estrutura do solo; Plantas de cobertura de solo; Plantio Direto.

## ABSTRACT

Biological decompression promotes the rupture of the compacted layer through the root system of the cultures. For this purpose, it is recommended to use plants that have a deep and vigorous root system, such as forage radish (*Raphanus sativus* L.), which can contribute to an increase in macroporosity and, therefore, improve airflow and water in the soil. The objective of this work was to know the effect of adjusting the seeding density of forage radish on the ability to promote soil decompression in single and intercropping systems with black oat and its effect on the productivity of soybean (*Glycine max*) in succession. The experiment was carried out during the agricultural years of 2021/22 and 2022/23, in the experimental area of the State University of Rio Grande do Sul (UERGS). The experimental design used was completely randomized with three replications and nine treatments composed of different seeding densities of forage radish (10, 15, 20, 30 and 40 Kg ha<sup>-1</sup>) or intercropped with black oat (10, 15 and 20 Kg ha<sup>-1</sup> of radish with 40 kg ha<sup>-1</sup> of black oats) and intercropped oats with ryegrass (40 Kg ha<sup>-1</sup> of oats + 50 Kg ha<sup>-1</sup> of ryegrass). The results obtained indicated that the use of different sowing densities of radish, in single and intercropping, produced a large input of phytomass, producing values greater than 6 t ha<sup>-1</sup>. However, refuting the hypothesis of the study that the cultivation of turnip at high densities would promote the reduction of resistance to penetration, in the two years of evaluation the lowest values of resistance to penetration were obtained in treatments with inclusion of grasses. The reduction in resistance to penetration benefited soybean cultivation in succession, so that the highest values of grain yield were obtained in intercrops with grasses and in single radish treatment at high sowing density (40 kg of seed per hectare).

**Key-words:** Soil compaction; soil management; cover plants; Direct Planting.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – PRECIPITAÇÃO MENSAL E MÉDIA HISTÓRICA EM NOS ANOS 2021/22 E 2022/23 OBTIDOS PELA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA LOCALIZADA NA BARRAGEM DO CAPANÉ NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL.....	22
<b>FIGURA 2</b> – PRECIPITAÇÃO MENSAL E MÉDIA HISTÓRICA EM NOS ANOS 2021 E 2022 OBTIDOS PELA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA LOCALIZADA NA BARRAGEM DO CAPANÉ NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL.....	23
<b>FIGURA 3</b> – IMAGEM DA ÁREA EXPERIMENTAL EXTRAÍDA DO GOOGLE EARTH COM INDICAÇÃO DO LOCAL DE DISPOSIÇÃO DO EXPERIMENTO NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL/RS.....	23
<b>FIGURA 4</b> – CULTURA DO NABO FORRAGEIRO EM ESTÁGIO DE PLENO FLORESCIMENTO, MOMENTO DE REALIZAÇÃO DA COLETA DE MASSA VERDE .....	25
<b>FIGURA 5</b> – AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO UTILIZANDO UM PENETRÔMETRO GEORREFERENCIADO PNT-2000 NA SAFRA 2022/23 REALIZADA NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL/RS.....	26
<b>FIGURA 6</b> – CULTURA DA SOJA EM ESTÁGIO DE MATURAÇÃO PLENA NA SAFRA 2022/2023 NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL/RS.....	27
<b>FIGURA 7</b> – MASSA VERDE DAS PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO, CULTIVADAS NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NOS ANOS DE 2021 E 2022 <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
<b>FIGURA 8</b> – MASSA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO, CULTIVADAS NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NOS ANOS DE 2021 E 2022. TRATAMENTOS SEGUIDOS POR MESMA LETRA MINÚSCULA (ANO 2021) E POR MESMA LETRA MAIÚSCULA (ANO 2022) NÃO DIFERIRAM PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE ERRO. ....	29
<b>FIGURA 9</b> – ALTURA DAS PLANTAS DE SOJA DA CULTURA DE VERÃO, IMPLANTADA NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NAS SAFRAS 2021/2022 E 2022/2023 .....	30
<b>FIGURA 10</b> – NÚMERO DE PLANTAS POR METRO LINEAR DA CULTURA DA SOJA, IMPLANTADA NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NAS SAFRAS 2021/2022 E 2022/2023 .....	313
<b>FIGURA 11</b> – NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA DA CULTURA DA SOJA, IMPLANTADA NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NAS SAFRAS 2021/2022 E 2022/2023 .....	32
<b>FIGURA 12</b> – MASSA DE MIL GRÃOS, DA CULTURA DA SOJA, IMPLANTADA NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NAS SAFRAS 2021/2022 E 2022/2023 .....	32



<b>FIGURA 13 – RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA, IMPLANTADA NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS, NAS SAFRAS 2021/2022 E 2022/2023.....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 14 – RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO NA LINHA, NA SAFRA DE 2021/22, REALIZADA NA ESTAÇÃO DA UERGS .....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 15 – RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO NA LINHA, NA SAFRA DE 2022/23, REALIZADA NA ESTAÇÃO DA UERGS .....</b>	<b>357</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 – CROQUI DO EXPERIMENTO DE CAMPO REALIZADO NA ESTAÇÃO AGRONÔMICA DA UERGS NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL, REPRESENTANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS EM DELINEAMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO COM TRÊS REPETIÇÕES.....</b>	<b>24</b>
---	-----------

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 O SOLO E SUA IMPORTÂNCIA NO MANEJO AGRÍCOLA -----	13
2.1 SISTEMAS DE MANEJO -----	14
2.2 ESTRUTURA FÍSICA DO SOLO -----	155
2.3 COMPACTAÇÃO DO SOLO-----	166
2.4 PLANTAS DESCOMPACTADORAS DE SOLO-----	177
<b>2.4.1 Consórcio de plantas ou policultivos.....</b>	<b>20</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 OBJETIVO GERAL -----	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	21
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
4.1 AVALIAÇÕES-----	25
<b>4.1.1 Massa seca e massa verde das plantas de cobertura.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.2 Resistência do solo à penetração mecânica .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3 Componentes do rendimento da soja .....</b>	<b>26</b>
<b>5 RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
5.1 Produção de massa verde e massa seca das plantas-----	28
5.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA -----	30
5.3 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (RP) -----	34
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto surgiu como uma técnica de manejo para mitigar o impacto dos sistemas agrícolas convencionais, não conservacionistas, os quais ocasionaram intensa degradação dos solos (DIAS et al., 2015). No entanto, recentemente um dos fatores que ameaça a sustentabilidade do solo manejado sob sistema plantio direto é a alteração das propriedades físicas do solo, principalmente a compactação (SILVA et al., 2004). Os processos de compressão podem ocorrer pela compactação que é a redução de volume devido ao ar contido nos vazios do solo e pelo adensamento (redução do volume de água contido nos vazios do solo (MARAGON 2018).

As alterações causadas na estrutura do solo, devido a compactação, interferem no desenvolvimento da planta, especialmente de seu sistema radicular. A resistência mecânica em solos compactados, com elevada densidade, resulta em aumento do diâmetro da raiz, causando modificações morfológicas, as quais podem se comportar de maneira distinta entre as espécies (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).

Em Latossolo Vermelho argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com densidade da solo próxima a  $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$  (ARGENTON et al, 2005). Estudos de Reichert et al. (2003), constataram densidade do solo crítica para algumas classes textuais:  $1,30$  a  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$  para solos argilosos,  $1,40$  a  $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$  para os franco-argilosos e de  $1,70$  a  $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$  para os franco-arenosos.

Alternativas como escarificação mecânica e biológica, são muito utilizadas por produtores para a descompactação do solo. A mecânica é realizada através de práticas conhecidas como escarificação e subsolagem. Essas práticas agrícolas consistem na utilização de equipamentos de hastes de ação vertical e profunda, que promovem o rompimento da camada do solo, aumentando a porosidade, aeração e infiltração de água no solo. Já a escarificação biológica, promove o rompimento da camada compactada através do sistema radicular das culturas. Para tanto são utilizadas plantas que tenham raízes agressivas, como nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), e a aveia preta por possuir raízes em abundância, as quais proporcionam aumento da macroporosidade e, com isso, melhoram os fluxos de ar e água no solo (MANSANO, 2020; RIBEIRO, 2019).

O nabo forrageiro é uma planta bastante precoce, que cobre o solo até 60 dias após o plantio, atingindo sua plenitude aos 120 dias. Possui elevado potencial de

produção de fitomassa, o que também diminui a incidência de plantas espontâneas, resultando em economia com aplicação de herbicidas ou mão de obra com capinas. Além disso, é conhecido por ser uma espécie altamente rústica, que se desenvolve bem em solos relativamente pobres e resiste a geadas tardias (SANTOS et al., 2002). Associado a isso tem demonstrado elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio fósforo e potássio, o que a torna uma espécie interessante para introdução em sistemas de rotação de culturas (CATI,2022)

A aveia preta (*Avena Strigosa*) reduz a infestação de invasoras, principalmente as de folhas estreitas, diminuindo o custo do controle das mesmas (MACHADO 2000).Ela promove melhoria dos atributos químicos e físicos do solo e influencia o rendimento de culturas subsequentes (FEDERIZZI et al., 2014; MANTAI et al., 2015) Desta forma, o consórcio de aveia preta com espécies brassicáceas, como nabo forrageiro, possuem alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo, visto que o nabo forrageiro tem sido muito usado como cobertura do solo no Sul do Brasil, pelo baixo custo, rápido crescimento e ciclo curto enquanto a aveia, por possuir relação C/N mais elevada pode aumentar o tempo de permanência de resíduos na superfície do solo (AMADO et al., 2002).

No entanto, são poucos os resultados de avaliações dos efeitos desses sistemas de manejo do solo (KAMIMURA et al., 2009), sendo necessário realizar estudos que avaliem o potencial destas culturas em melhorar a qualidade estrutural do solo e influenciar o rendimento das culturas em sucessão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O SOLO E SUA IMPORTÂNCIA NO MANEJO AGRÍCOLA

O solo é um recurso natural, fundamental para a produtividade agrícola. Por ser um sistema trifásico (sólido, líquido e gasoso) e dinâmico, é essencial que suas características sejam preservadas (BERTOLLO, 2019). É constituído por partículas primárias aglomeradas de areia, silte e argila que juntamente à ação dos microrganismos são denominadas como agregados ou unidades estruturais, fazendo a união dos componentes minerais, primários e orgânicos (LEPSCH, 2010).

A intensificação do uso do solo e a diminuição da cobertura vegetal tem levado a degradação dos solos, afetando suas propriedades químicas físicas e biológicas. Desta forma, o mesmo deve ser manejado de forma que confira boa produtividade no presente e mantenha sua fertilidade garantindo sua produção agrícola no futuro (EMBRAPA, 2010).

O uso sustentável do solo deve ser baseado em seu potencial produtivo, para isso, em seu manejo devem ser considerados seus aspectos físicos (aeração, retenção de água, compactação, estrutura), químicos (reação do solo, disponibilidade de nutrientes, interações entre eles) e biológicos (teor de matéria orgânica, respiração, carbono da biomassa, nitrogênio, colonização e espécies de microrganismos) (EMBRAPA, 2010).

Desta forma, o sistema de cultivo e manejo influenciam o solo no que se refere à disponibilidade de nutrientes, profundidade de exploração radicular, quantidade e qualidade dos resíduos vegetais aportados, alterando a atividade e diversidade microbiana (BALOTA et al., 2004), bem como suas condições físicas e químicas (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Troian et al., (2020) avaliaram os teores de carbono orgânico total e os estoques de carbono em diferentes sistemas de manejo, sendo lavoura em sistema de preparo convencional, pastagem permanente, eucalipto e mata nativa e constataram que em áreas manejadas com cultivos agrícolas apresentam menores teores e estoques de carbono orgânico total, além de maiores valores de densidade do solo, sugerindo perdas na estocagem de carbono devido ao manejo, além da presença de camadas compactadas.

A utilização de sistemas conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo, proporcionou grande crescimento na agricultura comercial. Porém, um dos fatores limitantes para a obtenção do potencial máximo de produtividade nestas áreas tem sido as alterações nos atributos físicos do solo, principalmente a compactação, prejudicando a sustentabilidade do sistema plantio direto (SILVA et al., 2004).

No sistema de plantio direto quase toda operação é realizada de maneira mecanizada, de tal modo que o tráfego de máquinas é intenso e a mobilização do solo é limitada à linha de semeadura, desta forma, frequentemente são relatados problemas com compactação do solo em superfície/subsuperfície (ARAÚJO et al., 2004; VALADÃO et al., 2015).

## 2.1 SISTEMAS DE MANEJO

O sistema de cultivo é um dos fatores determinantes da qualidade do solo. Seu uso intensivo de maneira inadequada, como baixa diversidade de culturas (espécies), antecipação de semeaduras e colheitas, uso de máquinas pesadas, menor quantidade palhada e raízes, acarreta efeitos negativos, principalmente quanto às suas propriedades físicas como a compactação, que leva em redução da infiltração e armazenamento da água, aeração e microbiota. O solo cultivado pode ser preparado de três formas, em forma de cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto (MARCOS A. C. SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005).

O manejo convencional consiste em intensa mobilização do solo realizando preparos periódicos com o uso de grades pesadas, arados, escarificadores, subsoladores e grade niveladora (FONTANA et al., 2016). Como consequência da intensidade de manejo o sistema apresenta problemas como a perda da qualidade estrutural do solo, redução dos teores de matéria orgânica, erosão superficial e compactação subsuperficial, ou seja, abaixo da camada arável, frequentemente denominada como pé de arado (EMBRAPA, 2021; CASÃO JUNIOR et al., 2012).

O cultivo mínimo consiste em uma técnica que visa o mínimo preparo do solo, ou seja, redução expressiva da mobilização do solo. Essa forma de preparo é indicada para solos com baixo índice de compactação superficial e inexistência de barreiras químicas como acidez que impliquem na necessidade de incorporação de corretivos. Neste sistema são utilizados equipamentos de hastes como escarificadores e subsoladores, os quais são eficazes no rompimento da compactação em

profundidade, podendo ser indicados também para áreas declivosas, evitando os riscos de erosão superficial (MONTEIRO et. al, 2017).

Já o sistema de plantio direto é a forma mais atual e sustentável de manejo do solo. No sistema de plantio direto o revolvimento do solo é realizado apenas na linha ou cova de semeadura ou de plantio, mantendo a cobertura vegetal da área (NUNES et al., 2014; EMBRAPA, 2021). Neste sistema de cultivo, para a manutenção da qualidade do solo associa-se o mínimo revolvimento do solo à diversificação de cultural, o que é obtido através da rotação ou consorciação de culturas (DEBIASI et al., 2017).

Chaves (2015) constatou que o sistema de cultivo convencional apresenta menor produção de grãos. A maior produtividade em sistema de plantio direto pode estar relacionada à maior taxa de emergência de plântulas e melhor condição física do solo. Dentre os princípios básicos do sistema de plantio direto, um dos principais é a rotação de culturas, alternando culturas comerciais com culturas de cobertura, conhecidas como adubo verde, proporcionando cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, agregando na produtividade da cultura sucessora (SILVA et al., 2006).

## 2.2 ESTRUTURA FÍSICA DO SOLO

A estrutura do solo é definida como um arranjo das partículas primárias com unidades estruturais, chamadas de agregados, que são separados por uma superfície de fraqueza, ou superpostos e sem conformação definida (LEPSCH, 2010; SANTOS et al., 2013). Esses agregados do solo são oriundos da união de duas ou mais partículas primárias do solo, ou seja, areia, silte, argila e matéria orgânica (LIER, 2010).

Assim, a estrutura do solo condiciona a interação entre os atributos físico-hidráulicos, químicos e biológicos e determina o potencial de produtividade do solo. Portanto, quando o objetivo é obter altas produtividades, além de condições climáticas adequadas, é necessário ter solos com qualidades favoráveis, durante todas as fases de crescimento da cultura (PEREIRA et al., 2011).

Em um solo com estrutura de qualidade, os processos, químicos, físicos e biológicos agem em conjunto para propiciar um ambiente adequado ao desenvolvimento dos organismos e culturas. Desta forma, a estrutura do solo é um



atributo indicador da qualidade do solo, devido à sua sensibilidade às práticas de manejo adotadas (STEFANOSKI et al., 2013).

O preparo incorreto do solo, com a utilização de máquinas, pesadas para operações, interferem na infiltração de água, na condutividade hidráulica do solo saturado e no desenvolvimento radicular das culturas, resultando na queda da produtividade (MACIEL, 2008). Com a presença de uma camada compactada, os macroagregados são destruídos, apresentando no solo uma estrutura degradada, o que impede o crescimento de raízes e diminui o volume de solo explorado pelo sistema radicular. Para a melhoria da agregação do solo, estratégias devem ser adotadas, como controle de tráfego, com ajuste adequado dos rodados de máquinas na área cultivada, correção do solo, como técnicas de calagem, adoção do sistema de plantio direto, uso de plantas de cobertura, adoção de sistemas para rotação de culturas, utilizando culturas com diversos sistemas radiculares utilização de máquinas agrícolas em solo seco.

### 2.3 COMPACTAÇÃO DO SOLO

A compactação do solo consiste na redução do volume de uma massa de solo, reduzindo o volume de poros, que podem ser ocupados pela água ou ar. No processo de compactação, os poros de maior diâmetro são reduzidos a microporos e a compactação cessa quando o solo se torna suficientemente forte para suportar a força aplicada (RICHARD et al., 2001). Em consequência da redução do tamanho e da distribuição dos poros, as características de retenção e fluxo de água e ar são alteradas. Desta forma, a compactação do solo impede que as raízes absorvam adequadamente os nutrientes, redução nas trocas gasosas, da disponibilidade de oxigênio, uma vez que reduz o armazenamento de água (QUEIROZ-VOLTAN et al. 2000).

A variação espacial na resistência mecânica afeta o grau de agrupamento das raízes (GAO et al., 2016). Segundo os autores, a pressão aplicada ao solo faz com que o tamanho do poro diminua a ponto de impedir a passagem da raiz principal, fazendo com que a planta recorra a um mecanismo de defesa expandindo as raízes laterais com diâmetro suficiente para passar pelo poro. Portanto, havendo bloqueio físico, todo o sistema ficará completamente coberto por pelos radiculares nessas condições. Em geral, é adotado o valor de 2000 KPa como crítico ao desenvolvimento

radicular, estando a umidade do solo na condição de capacidade de campo (CHERUBIN, 2011).

Segundo Bergamim (2018) em estudo na cultura do milho, o solo compactado ocasiona alterações morfológicas nas raízes das plantas aumentando a região do córtex, essa alteração ocorre na intenção de aumentar a absorção de água e nutrientes pela planta. Embora a estrutura do solo altere a distribuição das raízes, estas são capazes de modificar a estrutura do solo para acomodar seu crescimento. De maneira geral, as camadas compactadas estão localizadas em camadas mais profundas do perfil, conhecida como pé de arado, geralmente ocasionada por efeitos anteriores ou má instalação do sistema de plantio direto (MOREIRA et al., 2016).

Para o rompimento da camada compactada, deve-se utilizar um sistema de manejo que mobilize o mínimo possível a camada arável, mantendo o máximo de palha sobre o solo (CARVALHO FILHO et al., 2007). Nesse processo costumam ser utilizados escarificadores ou subsoladores providos de discos de corte à frente das hastes, para evitar que a palha seja incorporada ao solo. Essas técnicas se utilizadas de forma isolada, não proporcionam efeito por várias safras. Se não houver aporte de matéria orgânica a descompactação não será duradoura, sendo essencial a adoção de plantas com sistema radicular robusto e abundante.

## 2.4 PLANTAS DESCOMPACTADORAS DE SOLO

O uso de culturas, tanto comerciais quanto de cobertura, contribui com o incremento da produtividade da cultura sucessora, além de auxiliar no controle de plantas invasoras, ciclagem de nutrientes e estruturação e descompactação do solo (FRIES, 2018). A entrada de carbono orgânico no solo depende da entrada de material orgânico através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo. Algumas espécies de plantas de cobertura de solo produzem grande quantidade de massa, tanto na parte aérea quanto em sistemas radiculares, tornam o solo rico em carbono e, portanto, menos suscetível à compactação (CAMARGO; ALLEONI, 2006)

A maioria das espécies de cobertura são rústicas e de raízes agressivas, rompendo camadas adensadas do solo, melhorando a aeração, a estruturação, aumento de infiltração de água, desenvolvendo-se em condições adversas de solo (FIORIM 2007). De maneira geral, a melhoria da qualidade do solo promovida pelas

plantas, através da sua descompactação, ocorre de maneira uniforme em toda camada explorada pelo sistema radicular, condicionando o solo para o adequado desenvolvimento das plantas em sucessão (CAMARGO; ALLEONI, 2006). Além disso, a cobertura do solo protege a superfície do impacto das gotas de chuva e da ação direta dos raios solares e do vento, diminuindo a erosão, a amplitude térmica e a taxa de evaporação, bem como incrementando a infiltração e o armazenamento de água no solo (TIECHER; MINELLA, 2015).

O processo de decomposição e a liberação dos nutrientes são influenciados por diversos fatores, tais como: espécie plantada, densidade do plantio, qualidade do resíduo, organismos decompositores, variações climáticas e fertilidade do solo (FERREIRA et al., 2016). De acordo com Braida et al. (2008), as plantas de cobertura além de atuarem diretamente na formação e estabilização de agregados, o que se constitui na base da qualidade estrutural do solo, aumentar o teor de carbono orgânico, confere à estrutura do solo maior resiliência após a aplicação de forças de externas. Em estudos com plantas descompactadoras do solo, com Aveia branca (*avena sativa*), Tremoço branco (*lupinos albus*), Ervilhaca (*vicia cracca*) e o Nabo forrageiro, a aveia branca e nabo mostraram melhores resultados quanto ao comprimento de raiz e volume na camada compactada, sendo escolhidos entre as espécies que melhor descompactou as camadas adensadas do solo (MULLER et al., 2001). Dentre as espécies de cobertura, as brassicáceas, como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), trazem inúmeros benefícios ao sistema de produção, além de ser consideradas plantas com habilidade de ciclar nutrientes do solo, tais como nitrogênio, fósforo e potássio, possuem sistema radicular que possibilita melhorias nos atributos físicos e biológicos do solo (HEINZ et al., 2011). O nabo forrageiro é uma planta anual, da família Brassicaceae, com um sistema radicular pivotante e agressivo. Sua altura varia entre 1,00 e 1,8 m, possuindo hábito de crescimento ereto, herbáceo (BRASIL et al., 2008).

Por ser uma planta precoce e agressiva, tem a capacidade de cobrir o solo em até 60 dias após o plantio, o que também diminui a incidência de plantas espontâneas, resultando em economia com aplicação de herbicidas e mão de obra com capinas (Santos et al., 2002). É uma espécie com alta tolerância a geada e a seca, sendo cultivada principalmente em outono e inverno, resistente a solos com problemas de acidez, consegue se desenvolver relativamente bem em solos fracos, sendo resistente a doenças e pragas (BARROS; JARDINE, 2012).

Além disso, as raízes do nabo forrageiro estimulam significativos efeitos físicos no solo, resultando em uma melhora nos níveis de descompactação e permeabilidade, já que as raízes criam orifícios, por onde a água transpõe, melhorando a condutividade hídrica dos solos. Deve ainda ser ressaltado que a fitomassa apresentada tem decomposição rápida causada pela baixa relação entre carbono e nitrogênio (HERNANI, 2012), ou seja, tem uma taxa de mineralização acelerada, conferindo rápida ciclagem e disponibilização de nutrientes.

O florescimento do nabo forrageiro ocorre até 80 dias após o plantio e sua maturação ocorre aos 100 a 120 dias, após a semeadura. O rendimento de grãos por hectare é bastante controverso, variando entre 400 e 1.000kg por hectare, devido a desuniformidade de maturação dos frutos e a alta deiscência das sementes (CATI, 2021).

Geralmente a semeadura do nabo forrageiro é realizada nos meses de abril a maio, podendo também ser realizada de junho a julho. A semeadura pode ser realizada tanto a lanço, como na linha, podendo ainda ser misturada com fertilizante ou corretivo. A recomendação é de 15 kg/ha de sementes, a lanço, já na semeadura realizada na linha, recomenda-se 12 kg/ha de sementes, com espaçamento entre linhas de 0,25m. Quando for utilizada a mistura com fertilizante, é recomendado 1 kg de sementes para cada 50 kg de fertilizante ou corretivo (CARVALHO et al. 2022). Estudos de diferentes densidades de semeadura de nabo relativos a descompactação, ainda são escassos no Brasil.

Os métodos mais utilizados para o controle do nabo são a secagem com herbicidas, rolagem mecânica, e esmagamento (BENINI, et al. 2021). Após a colheita de verão ser realizada, normalmente no mês de março, as plantas espontâneas são secas, e o nabo forrageiro pode ser semeado de 10 a 15 dias após a secagem (EMBRAPA, 2021).

Segundo, Debiasi (2008) o uso de aveia preta, aveia preta (*Avena strigosa*) e nabo forrageiro diminui os efeitos negativos do tráfego de máquinas sobre a estrutura do solo, ocorrendo em função do aumento da elasticidade do solo em função do maior teor de matéria orgânica gerada pelas plantas de cobertura.

Entretanto, além de elevado aporte de biomassa, a palhada na superfície do solo, fornece uma reserva de nutrientes, com disponibilização rápida (ROSOLEM et al., 2003) ou lenta (PAULETTI, 1999), dependendo da espécie utilizada, clima e atividade de microrganismos.

### 2.4.1 Consórcio de plantas ou policultivos

O consórcio de plantas é definido pelo cultivo de duas ou mais culturas em uma mesma área e ao mesmo tempo. Essa prática visa um melhor aproveitamento em longo prazo do solo, bem como o cultivo na qual se utiliza mais de uma espécie de planta na mesma área e no mesmo período (DEBIASI et al. 2008).

A união de diferentes espécies proporciona benefícios nas propriedades físicas do solo, como também, geram resíduos de relação carbono/nitrogênio intermediária que favorece a mineralização de N e promovem maior equilíbrio e acúmulo de carbono no perfil do solo ao longo dos anos (CALEGARI, 2008).

Dentre as plantas consideradas descompactadoras de solo, está a ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), que se destaca por ser uma opção para anteceder o cultivo de grandes culturas como a soja. Seu cultivo pode ser solteiro ou em consórcio com outras espécies como aveia, azevém e centeio. Seu sistema radicular profundo e ramificado produção de biomassa, ressalta sua importância na decomposição mais lenta e na cobertura residual prolongada dessas gramíneas, contribuindo com o maior aporte de nitrogênio e rápida decomposição dos seus resíduos (FORTE et al. 2018).

O Feijão Guandu Anão (*Cajanus cajan*), se destaca pela fixação de nitrogênio no solo, e também pela rápida degradação da sua biomassa, que está relacionada com a alta relação C/N (carbono e nitrogênio) do material. É uma espécie com sistema radicular profundo, possui aptidão absorção de água, que realiza a reciclagem de nutrientes em camadas mais profundas (FARIAS, 2013).

Entre as espécies de para cobertura do solo, a aveia preta é a mais cultivada no Sul do Brasil, antecedendo os cultivos de soja e milho no verão (SILVA et al., 2005). Sua grande utilização se deve ao alto rendimento de matéria seca, a facilidade de aquisição de sementes, e o baixo custo, rapidez na cobertura do solo apresentando maior relação C/N quando comparada ao nabo o que acelera a sua degradação e liberação dos nutrientes em sua palhada (SILVA et al., 2007).

Segundo Lázaro et al. (2013), na implantação do consórcio da aveia preta com o nabo forrageiro, foi obtida a maior produtividade de massa seca, em relação ao cultivo isolado de aveia preta. Destacando que com o uso de sistemas consorciados, ocorre um aumento na disponibilidade de N no sistema, e o tempo de permanência de resíduos na superfície do solo, resultando no aumento da produtividade.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Conhecer o efeito do ajuste na densidade de semeadura de nabo forrageiro em cultivo solteiro e consorciado com aveia preta, na capacidade de promover a descompactação do solo e na produtividade da cultura da soja em sucessão.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

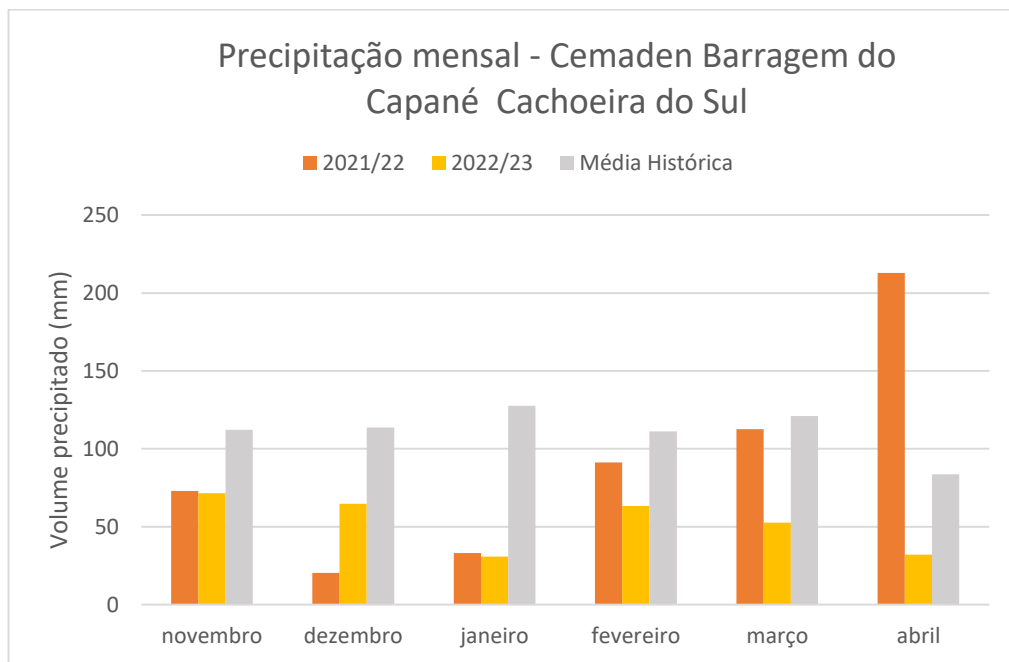
- i. Avaliar o efeito de diferentes densidades de semeadura de nabo forrageiro em cultivo solteiro e consorciado com aveia preta sobre a resistência do solo à penetração mecânica;
- ii. Determinar o rendimento da soja como resposta a diferentes densidades de semeadura de nabo forrageiro em sistema de cultivo solteiro e consorciado com aveia preta;
- iii. Conhecer o aporte de fitomassa (massa verde e massa seca) ao solo do cultivo de nabo forrageiro em sistema solteiro ou consorciado com aveia preta.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os anos agrícolas de 2021/22 e 2022/23, na área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) (Figura 1). A área está localizada no distrito de Três Vendas na cidade de Cachoeira do Sul - RS.

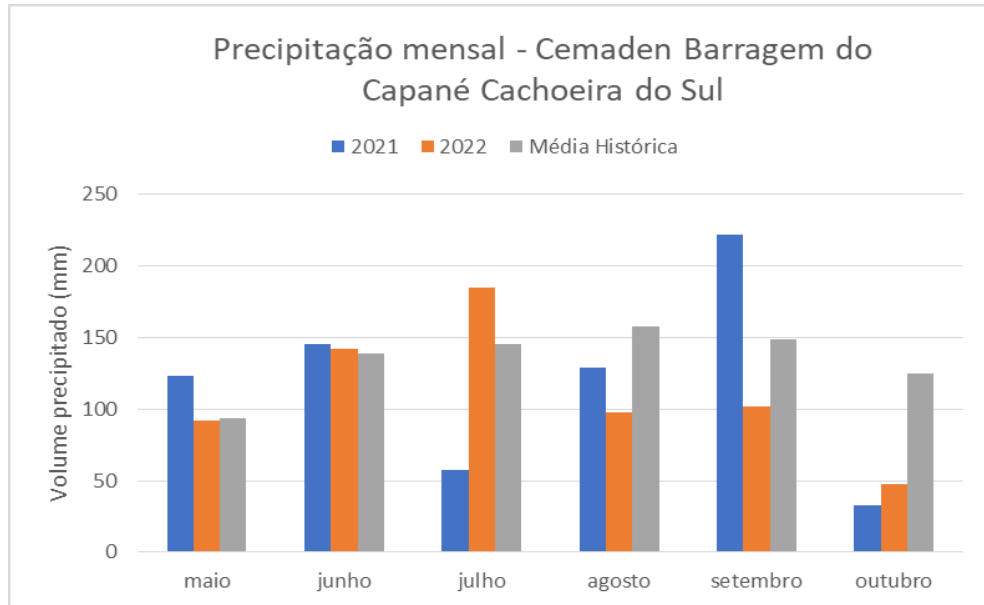
O clima da região é classificado por Köppen como subtropical úmido, predominante na região Sul. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico.

**Figura 1** – Precipitação mensal e média histórica em nos anos 2021/22 e 2022/23 obtidos pela estação pluviométrica localizada na Barragem do Capané no município de Cachoeira do Sul



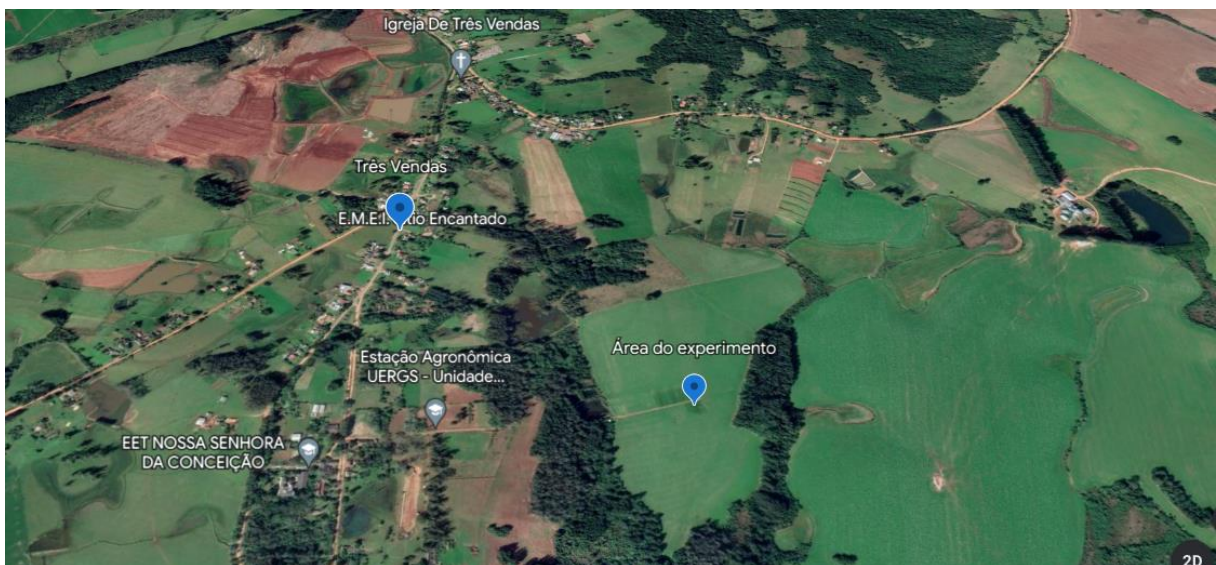
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 2** – Precipitação mensal e média histórica em nos anos 2021 e 2022 obtidos pela estação pluviométrica localizada na Barragem do Capané no município de Cachoeira do Sul



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 3** – Imagem da área experimental extraída do Google Earth com indicação do local de disposição do experimento na Estação Agronômica da Uergs no município de Cachoeira do Sul/RS



Fonte: Google Earth (2023);

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições e nove tratamentos (Tabela 01), em que os tratamentos consistiram em



cinco densidades de semeadura de nabo solteiro, três densidades de semeadura de nabo forrageiro em consórcio com aveia preta e o consórcio de aveia com azevém como tratamento testemunha do sistema de manejo tradicionalmente realizado pelos agricultores da região.

**Tabela 1** – Croqui do experimento de campo realizado na Estação Agronômica da Uergs no município de Cachoeira do Sul, representando a distribuição das parcelas em delineamento inteiramente casualizado com três repetições

T3R2	T1R3	T2R3
T6R1	T8R2	T1R2
T9R2	T2R2	T5R3
T7R3	T9R1	T8R1
T2R1	T7R1	T3R1
T4R2	T5R2	T9R3
T5R1	T4R3	T4R1
T8R3	T6R2	T7R2
T1R1	T3R3	T6R3

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda:

- T1: 10 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro
- T2: 15 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro
- T3: 20 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro
- T4: 30 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro
- T5: 40 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro
- T6: 10 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro + aveia preta (40 Kg ha<sup>-1</sup>)
- T7: 20 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro + aveia preta (40 Kg ha<sup>-1</sup>)
- T8: Aveia preta (40 Kg ha<sup>-1</sup> + azevém (50 Kg ha<sup>-1</sup>))
- T9: 15 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro + aveia preta (40 Kg ha<sup>-1</sup>)

Cada unidade experimental teve dimensões de 3 m por 3 m, totalizando uma área de 9 m<sup>2</sup>. Na safra 2021 as plantas de cobertura de inverno foram semeadas no dia 03 junho, enquanto a soja da safra 2021/22 foi semeada no dia 29 de novembro de 2021. Para os tratamentos que envolvem o consórcio, a mistura das sementes foi

realizada previamente à semeadura, seguindo a proporção de sementes utilizada para cada cultura, sendo a semeadura realizada manualmente.

A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Zeus IPRO, com população de 300.000 pl/ha. A cultivar é do grupo de maturação de 5.5, sendo resistente ao acamamento, ao cancro da haste e a podridão radicular de *Phytophthora*, raças 1 e 3 (BRASMAX, 2018). A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora de sete linhas. O manejo fitossanitário seguiu as recomendações técnicas para a cultura.

## 4.1 AVALIAÇÕES

### 4.1.1 Massa seca e massa verde das plantas de cobertura

A coleta de amostras de plantas (Figura 4) para a avaliação da massa verde e massa seca, de nabo forrageiro foi realizada no período de plena floração. Foi utilizado para coleta um quadro de madeira, com tamanho de 0,5 por 0,5 m, área interna (amostras simples), em uma área da parte central da parcela. A coleta foi feita manualmente, com auxílio de canivete, retirando-se toda palhada superficial contida na área interna do quadro. O material coletado foi colocado em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhadas ao laboratório para pesagem e determinação de massa verde, após foi levado à estufa a 60°C até obtenção de peso constante, para determinação da massa seca.

**Figura 4** – Cultura do nabo forrageiro em estágio de pleno florescimento, momento de realização da coleta de massa verde



Fonte: Autora (2023).

#### 4.1.2 Resistência do solo à penetração mecânica

A resistência do solo à penetração (Figura 5) foi efetuada segundo normas ASAE S 313.3. As avaliações foram realizadas na camada compreendida entre 0 e 40 cm, de profundidade, utilizando um penetrômetro Georreferenciado PNT-2000. As amostragens de resistência à penetração foram feitas em diferentes épocas para avaliar o nível de resistência do solo proporcionados pelos sistemas de preparo e avaliar os impedimentos impostos pelos sistemas de preparo à cultura. As avaliações foram realizadas em dois momentos, nos dias 17 de abril de 2022 e 2 de abril de 2023, para o primeiro e segundo anos experimentais, respectivamente.

**Figura 5** – Avaliação de resistência a penetração utilizando um penetrômetro Georreferenciado PNT-2000 na Safra 2022/23 realizada na Estação Agronômica da Uergs no município de Cachoeira do Sul/RS.



Fonte: Autora (2023).

#### 4.1.3 Componentes do rendimento da soja

Para avaliação do desempenho produtivo da soja (Figura 6) foram determinados os seguintes componentes de rendimento: número de plantas por metro



linear, número de grãos por legume, número de legumes por planta, altura de planta e rendimento de grãos.

Para determinação do número de legumes por plantas, número de grãos por legumes e da altura de plantas foram avaliadas, aleatoriamente, três plantas de cada unidade experimental. O rendimento de grãos foi realizado através da colheita de toda a área útil da parcela, o que foi realizado de forma manual, após o estágio R8. Para determinação do peso de mil grãos foi utilizado uma balança de precisão para a quantificação da massa dos grãos, utilizando-se uma amostra de 100 grãos por parcela com umidade corrigida para 13% (RAMBO, 2002).

**Figura 6** – Cultura da soja em estágio de maturação plena na safra 2022/2023 na Estação Agronômica da Uergs no município de Cachoeira do Sul/RS.



Fonte: Autora (2023).

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística. A análise da variância, e o teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro, foram realizadas no pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019).

## 5 RESULTADO E DISCUSSÃO

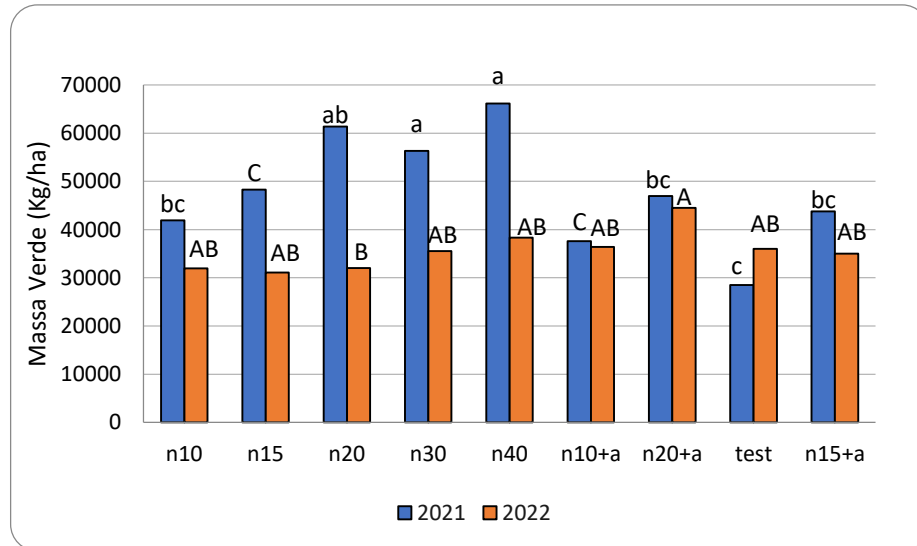
### 5.1 Produção de massa verde e massa seca das plantas

Com relação à produção de matéria verde e seca, houve diferenças significativas nos diferentes anos. A maior produção de massa verde foi observada no tratamento de maior densidade de semeadura do nabo no cultivo solteiro (40 Kg/ha). No ano de 2021. Já no ano de 2022, a maior produção foi no tratamento com consorcio, de 20 Kg/ha + 40 Kg/ha de aveia. A menor produção de fitomassa verificada no ano de 2022, nos tratamentos com semeadura de nabo solteiro nas densidades de 15 e 20 Kg por hectare, (Figuras 7 e 8). No ano de 2022 os rendimentos de fitomassa foram inferiores em todos os tratamentos, acredita-se que isso se deve a época tardia de semeadura decorrente da forte e prolongada estiagem registrada no estado do Rio Grande do Sul, conforme apresentada na figura 1 e 2.

Pode ser observado no ano de 2022, chuvas abaixo da média histórica. Associado a isso teve-se dificuldade para realizar o controle do azevém espontâneo, o que teve implicação negativa no desenvolvimento das plantas, e conseqüentemente, na produção de fitomassa das culturas implantadas.

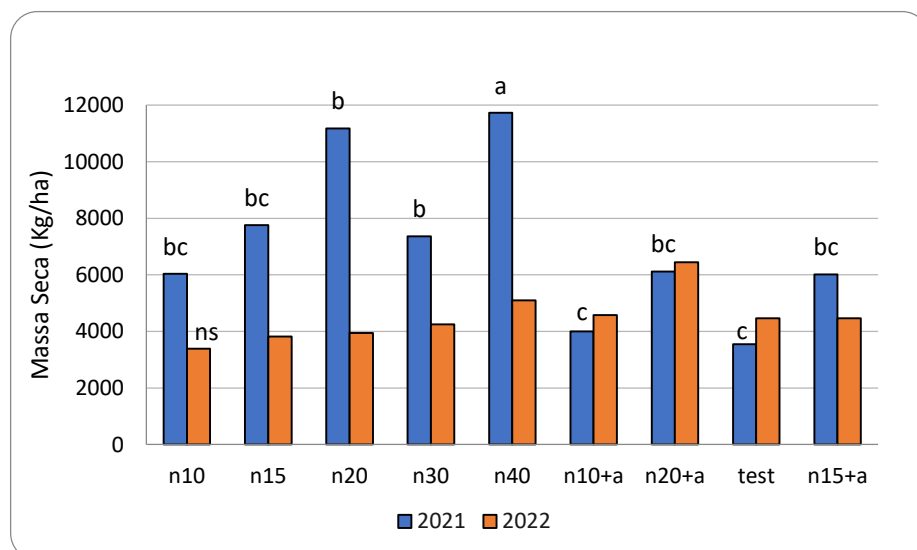
A produtividade média do nabo varia entre 2.000 e 6.000 kg ha (Santos et al, 2013) de massa seca avaliada no estágio de floração. Os tratamentos de nabo no cultivo solteiro, com densidade de 30 Kg ha<sup>-1</sup> apresentaram produtividade de massa seca superiores à essa média indicando ser uma alternativa interessante para incrementar os sistemas agrícolas. A maior produção de fitomassa indica maior oferta de palha sobre o solo, criando um ambiente favorável às condições físicas, químicas e biológicas do solo, além de ser essencial para o sucesso do Sistema de Plantio Direto, constituindo uma das bases para o sucesso de culturas de verão, com destaque para a soja (CARVALHO et al., 2004).

**Figura 7** – Massa verde das plantas de cobertura de inverno, cultivadas na Estação Agronômica da UERGS, nos anos de 2021 e 2022. Tratamentos seguidos por mesma letra minúscula (ano 2021) e por mesma letra maiúscula (ano 2022) não diferiram pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

**Figura 8** – Massa seca das plantas de cobertura de inverno, cultivadas na Estação Agronômica da UERGS, nos anos de 2021 e 2022. Tratamentos seguidos por mesma letra minúscula (ano 2021) e por mesma letra maiúscula (ano 2022) não diferiram pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

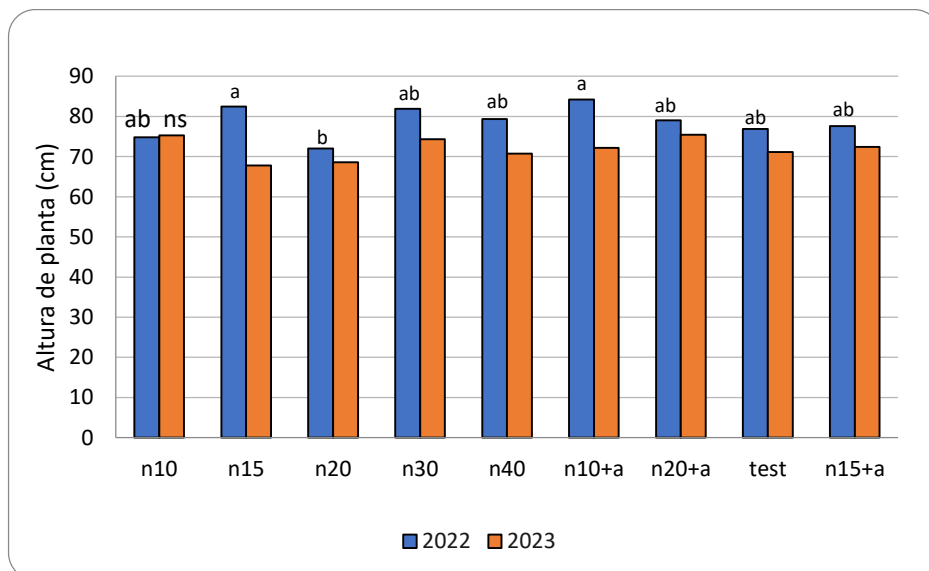
## 5.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA

Em relação aos componentes de rendimento da cultura da soja nas duas safras, o número de plantas por metro linear, (Figura 10) número de vagens por planta, (Figura 11), e massa de mil grãos (Figura 12), não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro em nenhum dos anos agrícolas avaliados.

O número de plantas por área é influenciado pela densidade de semeadura, taxa de emergência e sobrevivência das plantas no campo. O número de vagens por planta é um dos principais fatores da produtividade da soja, depende da quantidade de flores produzidas durante o período reprodutivo, além de estar relacionado as condições ambientais (EMBRAPA, 2004).

Já o peso de grão apresenta valor característico de cada cultivar, contudo sofrem influência do ambiente a que estão expostos, gerando uma relação direta com a produtividade da cultura (SILVA et al., 2015).

**Figura 9** – Altura das plantas de soja da cultura de verão, implantada na Estação Agronômica da UERGS, nas safras 2021/2022 e 2022/2023



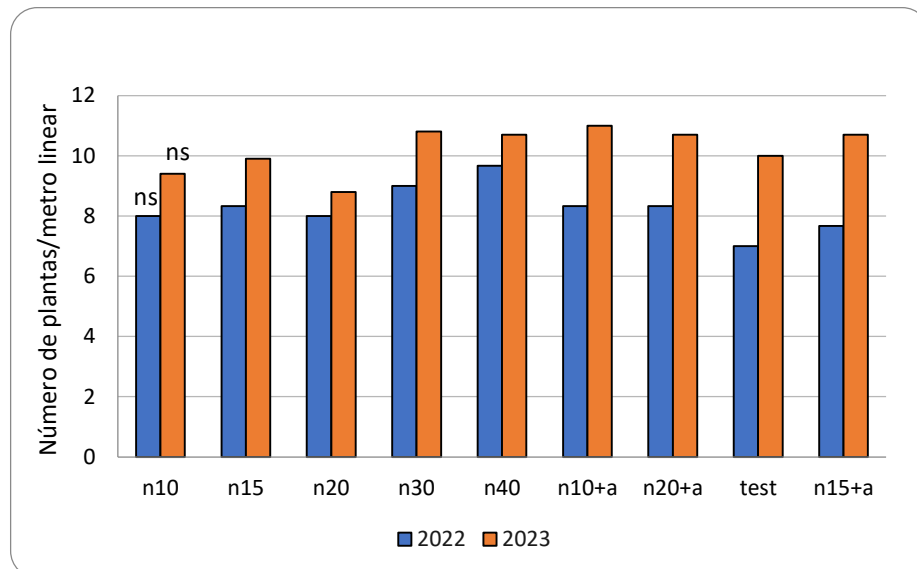
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na safra 21/22, para a componente altura de plantas de soja, as parcelas com consórcio, com densidade de 10 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo + aveia se destacaram com a altura de planta de 84,2 cm. O tratamento que obteve menor altura foi 20 Kg ha<sup>-1</sup> de nabo forrageiro no cultivo solteiro, com 72 cm. Este fato pode ter ocorrido em função do

consórcio proporcionar maior permanência de palhada, promovendo um maior crescimento das raízes, o que leva a melhor captação de nutrientes no solo.

Segundo Mundstock & Thomas (2005), uma planta com condições adequadas de água e nutrição pode ter maior crescimento, na tentativa de reduzir a competição por luz. Já no ano anterior as plantas tiveram um crescimento menor, devido às chuvas serem mais irregulares. Conforme Nepomuceno et al (2021), a estatura das plantas varia, dependendo das condições do ambiente e da variedade (cultivar). A estatura ideal está entre 60 a 110 cm, o que, em lavouras comerciais, pode facilitar a colheita mecânica e evitar o acamamento.

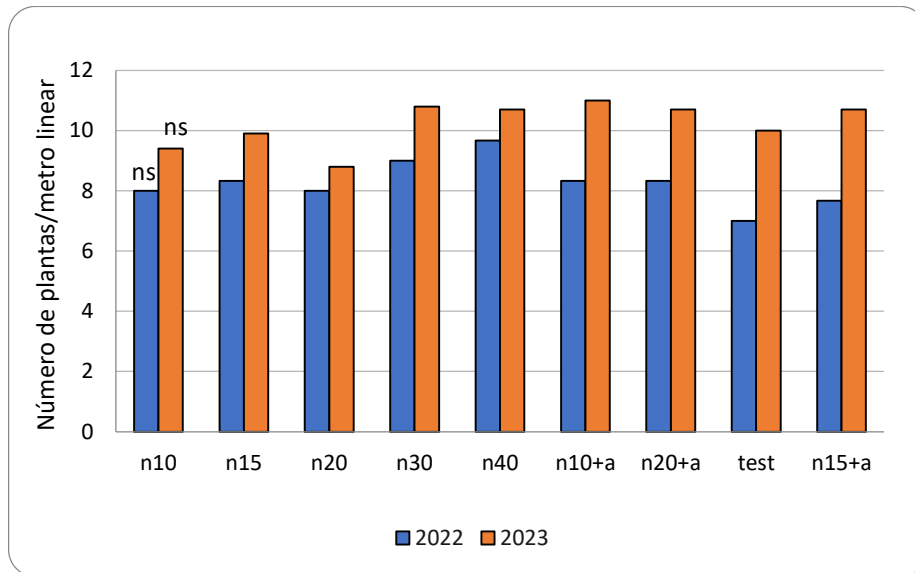
**Figura 10** – Número de plantas por metro linear da cultura da soja, implantada na Estação Agronômica da UERGS, nas safras 2021/2022 e 2022/2023



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

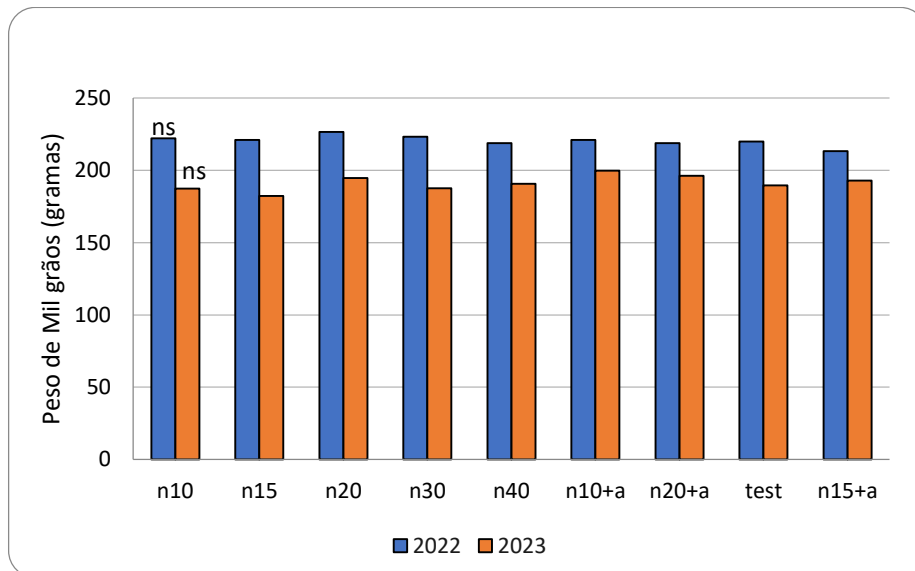


**Figura 11** – Número de vagens por planta da cultura da soja, implantada na Estação Agronômica da UERGS, nas safras 2021/2022 e 2022/2023



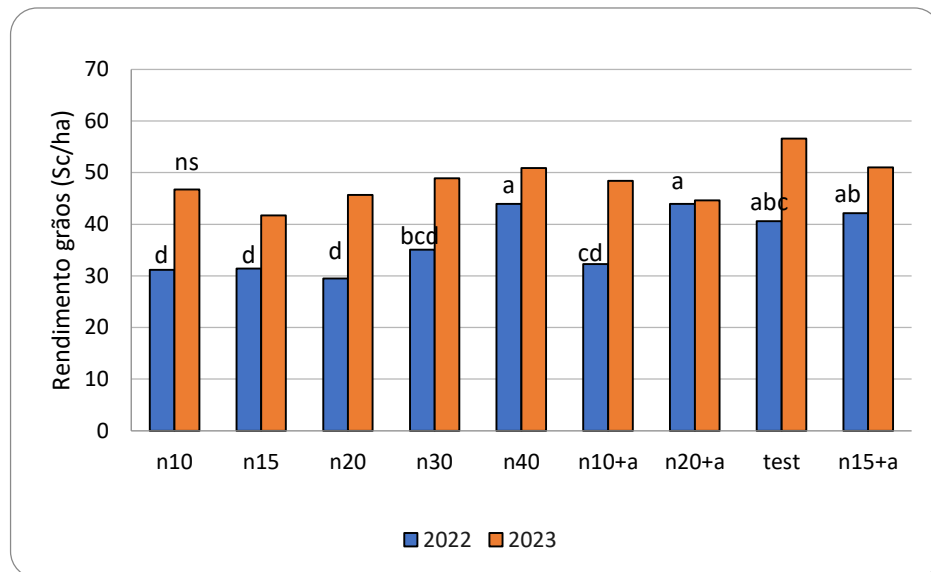
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 12** – Massa de mil grãos, da cultura da soja, implantada na Estação Agronômica da UERGS, nas safras 2021/2022 e 2022/2023



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 13** – Rendimento da cultura da soja, implantada na Estação Agronômica da UERGS, nas safras 2021/2022 e 2022/2023



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A maior produtividade de soja verificada na safra 2021/2022, foi observada no tratamento com maior densidade de nabo forrageiro solteiro, e no consórcio de 20 kg de nabo + 40 kg de aveia, ambos com uma produção de 43,9 sacas/ha. Seguidos dos tratamentos com densidade de 40 Kg de nabo no cultivo solteiro, e dos consórcios de 20 Kg de nabo + 40 Kg de aveia, a testemunha 40 Kg de aveia +50 Kg de azevém e 15 Kg de nabo + 40 Kg de aveia, por hectare. O menor rendimento de grãos da cultura da soja foi de 29,5 sacas/ha, foi observado no tratamento com nabo forrageiro solteiro com densidade de 20 Kg ha<sup>-1</sup>, seguido dos tratamentos com densidade e 15 e 20 kg de nabo. Isso ocorreu provavelmente, em virtude do nabo forrageiro ciclar nutrientes do solo. Após a degradação e mineralização dos resíduos culturais do nabo, esses nutrientes tendem a ficar disponíveis no solo para as culturas sucessoras (KOCHHANN et al. (2003). Esses nutrientes contribuem para o melhor crescimento e desenvolvimento da planta, o que resulta no aumento produtivo da cultura. O incremento na densidade de semeadura do nabo possibilitou também incremento no aporte de fitomassa da parte aérea e, provavelmente, também do sistema radicular (dados não avaliados). Isso pode ter contribuído para uma melhoria do solo e implicado em incremento no rendimento da cultura.

Na última safra de verão 2022/2023 não houve diferença estatística para nenhuma variável avaliada na cultura da soja. Entretanto, foi possível observar um

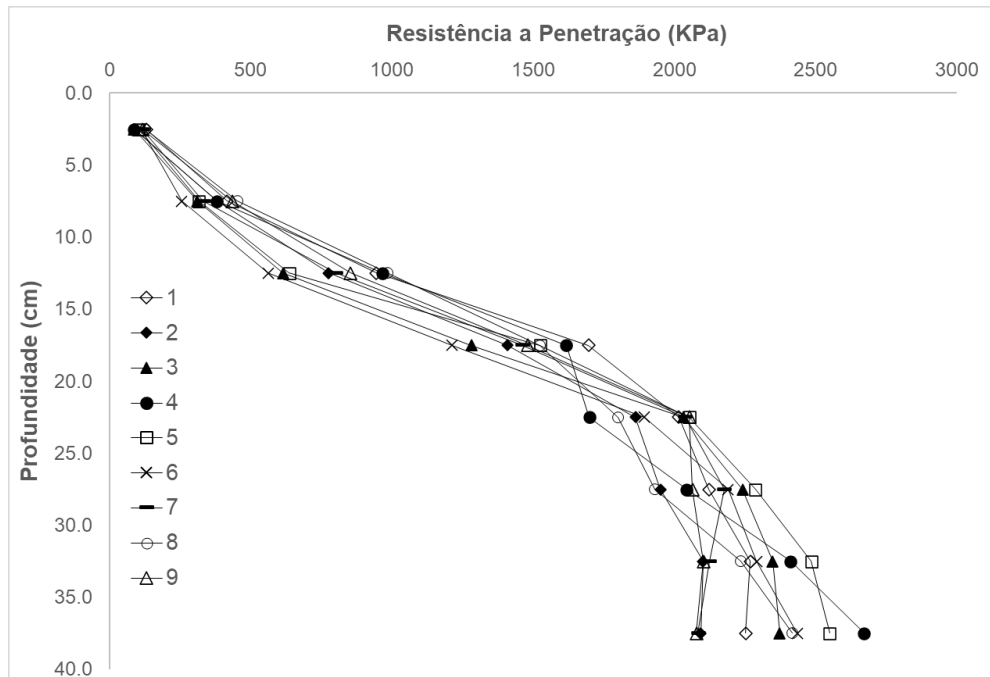
incremento no rendimento de grãos de todos os tratamentos, por efeito da implantação de culturas de cobertura, que diminuiu as variações de temperatura do solo, retém maior quantidade de água, conseqüentemente, promovendo maiores rendimentos das culturas agrícolas. Embora a safra 2022/23 tenha sido também caracterizada por um período de estiagem, observa-se que no mês de dezembro houve um maior volume precipitado do que o registrado no ano agrícola 2021/22. Devido às chuvas ocorrerem no período reprodutivo da cultura da soja, que é a fase de emissão das flores, formação das vagens e enchimento de grãos, que definem a produtividade final.

### 5.3 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (RP)

Práticas agrícolas intensificadas, com aumento do tráfego de máquinas pesadas sobre o solo, promovem o incremento da resistência do solo à penetração mecânica em diversas áreas de cultivo, e isso está diretamente ligada com o crescimento e desenvolvimento das plantas (CHAVES et al., 2012). Maiores valores de resistência do solo à penetração influenciam diretamente no crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (TORMENA, 2002). Valores de resistência a penetração superiores a 2000 KPa (2 MPa) são frequentemente assumidos como valores restritivos ou limitantes ao desenvolvimento radicular da maioria das culturas agrícolas (ROSOLEM et al., 1999, BEUTLER et al., 2006). No presente estudo, valores superiores a 2000 KPa foram encontrados na camada localizada abaixo de 20 cm de profundidade da linha de cultivo da soja tanto na agrícola 2021/22 (Figura 14) quanto na safra 2022/23 (Figura 15).

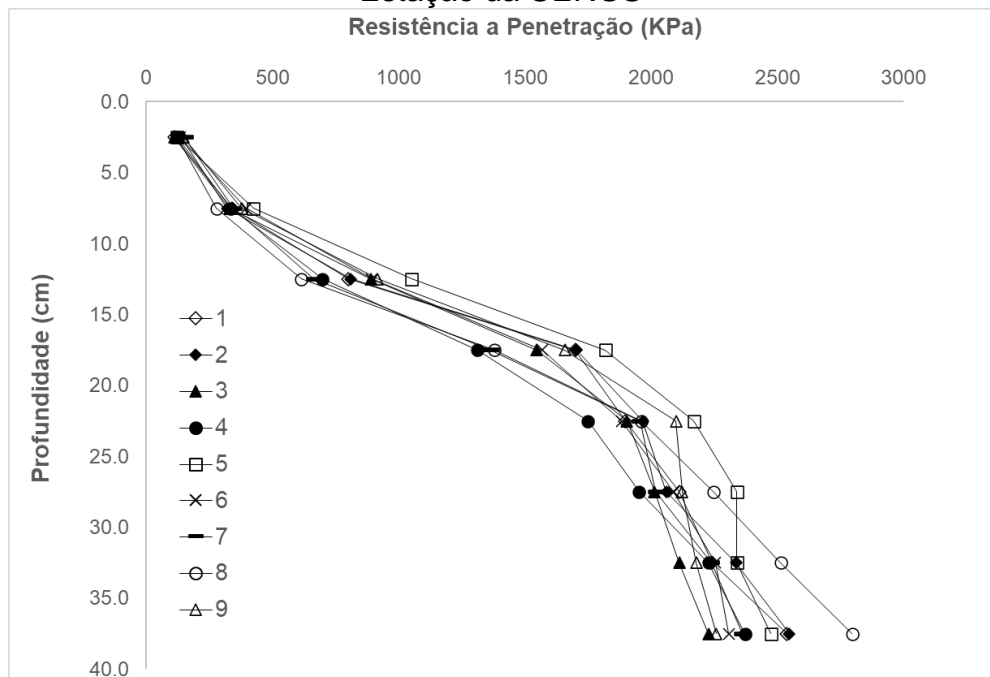
Para as duas safras avaliadas percebeu-se que nos primeiros 10 cm de profundidade do perfil de solo a resistência à penetração é baixa o que pode facilitar o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular nessa camada. Em anos com bons índices pluviométricos culturas com desenvolvimento radicular superficial podem ter resultados satisfatórios de produtividade, pois suas demandas em água e nutrientes podem ser supridas por esta camada. Entretanto, em anos de déficit hídrico como os experimentados pelas culturas nas safras de 2021/22 e 2022/23 (Figura 14 e 15) as culturas podem experimentar forte déficit hídrico se não conseguirem explorar uma camada mais profunda do solo.

**Figura 14 – Resistência à penetração na linha, na safra de 2021/22, realizada na Estação da UERGS**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 15 – Resistência à penetração na linha, na safra de 2022/23, realizada na Estação da UERGS**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os resultados de RP obtidos contradizem a hipótese inicial de nosso estudo, de que aumentando a densidade de semeadura de nabo forrageiro, diminuiria o diâmetro das raízes, assim aumentando o número de raízes por unidade de área. A hipótese do trabalho era que o incremento da densidade de semeadura do nabo seria fator determinante para a capacidade de descompactação do solo. Visto que o aumento do número de raízes com potencial de romper a camada compactada contribuiria para a melhoria global da estrutura do solo. Entretanto, isso não foi plenamente verificado para nenhuma das safras, pois em ambas os valores mais baixos de RP foram verificados nos tratamentos com inclusão de gramíneas. Na safra 2021/22 (Figura 14) os valores mais baixos de resistência a penetração foram obtidos no tratamento com 10 Kg de nabo forrageiro associado a 40 Kg de aveia preta por hectare, seguido por altas densidades de semeadura de nabo forrageiro de 20 e 40 Kg/ha, respectivamente. Já na safra 2022/23 (Figura 15) os valores mais baixos de RP da camada superficial foram obtidos no consórcio entre as duas gramíneas (aveia e azevém) sendo seguidas pelo consórcio de nabo forrageiro com aveia na densidade de 20 Kg de nabo forrageiro associado a 40 Kg de aveia preta por hectare e, pelo nabo forrageiro solteiro na densidade de 30 Kg de semente por hectare.

Os autores acreditam que esses resultados estão muito atrelados ao comportamento climático, com baixos índices pluviométricos ocorridos durante o período. Em condições como essa, plantas de cobertura com elevada relação C/N, como as gramíneas, possibilitam maior permanência de palhada e, com isso, mantêm o solo coberto por mais tempo. A presença de palha na superfície, além de proteger o solo contra a erosão, possibilita também a redução de perdas de água por evaporação, contribuindo para manutenção de maior umidade no solo, a qual é um fator determinante para a expressão da resistência que o solo irá oferecer à penetração mecânica (ROSOLEM et al., 1999).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de diferentes densidades de semeadura de nabo forrageiro, no cultivo solteiro e consorciado com aveia preta, sendo o incremento na produção de massa seca acompanhado pelo incremento da densidade de semeadura de nabo forrageiro.

A avaliação da resistência do solo a penetração mecânica refutou a hipótese inicial deste estudo de que ao incrementar a densidade de semeadura de nabo forrageiro solteiro e, com ela o número de raízes com capacidade de rompimento da camada compactada, haveria uma descompactação global do solo. O que se observou foi a importância da inclusão de gramíneas no sistema, as quais por possuírem maior relação C/N possibilitam maior permanência de palhada e, com isso, contribuem para a melhoria do solo em áreas manejadas sob sistema plantio direto.

O rendimento da cultura da soja cultivada em sucessão às plantas de cobertura de inverno na safra agrícola 2021/22 respondeu favoravelmente ao incremento do aporte de fitomassa, sendo maiores valores de rendimento obtidos na maior densidade de semeadura de nabo forrageiro solteiro (40 Kg de semente por hectare) e, quando a semeadura de altas densidades de nabo forrageiro foi consorciada com a semeadura de aveia preta.

## REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.
- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 867-874, 2000.
- ARAUJO, M. A. et al. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 495-504, 2004.
- ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDENER, L.P. 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**, 29:425-435, 2005.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. **Ensaio físicos para monitoramento do solo e qualidade**. pág. 123-141. In: Doran, J. W.; Jones, A. J. Métodos para avaliar a qualidade do solo. Madison: Soil Science Society of America, 1996.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Desempenho da soja cultivada em sucessão à aveia preta e ao trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 55, 2020.
- BALOTA, E. L. et al. Efeitos do cultivo prolongado e da rotação de culturas na biomassa microbiana e na mineralização de C e N em um Latossolo Brasileiro. **Soil and Tillage Research**, v. 77, n. 2, p 137-145, 2004.
- BARROS, H. B. et al. Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do estado do Tocantins. **Ceres**, v. 50, n. 291, 2015.
- BARROS, T. D.; JARDINE, J. G.; **Nabo forrageiro**, Agroenergia. 2012.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.
- BENINI, G. et al. **Influência do sistema e época de manejo do nabo forrageiro no desenvolvimento inicial e rendimento do milho**. III CONSOJA – Congresso online para aumento da produtividade do milho e soja. 22/01/2021.
- BERGAMIN FILHO, A. **Análise temporal de epidemias**. Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. v. 1, 2018.
- BERTOLLO, A. M.; LEVIEN, R. Compactação do solo em Sistema de Plantio Direto na palha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 3, p. 208-218, 2019.

BEUTLER, A. N. et al. Efeito da compactação no rendimento da cultivar de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 787-794, 2006.

BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 167-177, 2001.

BOER, C. A. 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.

BRAIDA, J. A. et al. Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 477-485, 2008.

BRASI, L.A.C.S.; DENUCCI, S.; PORTAS, A.A. **Nabo - adubo verde, forragem e bioenergia**. 2008.

BRASMAX. **Brasmax zeus ipro: o poder do máximo rendimento**. Maio 2018. Disponível em < <https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/brasmax-zeus/> >

CALEGARI, A. et al. Impacto do Plantio Direto de Longo Prazo e Manejo do Sistema de Cultivo em Carbono Orgânico do Solo em uma Latossolo: um modelo para a Sustentabilidade. **Revista de Agronomia**, v. 100, n. 4, pág. 1013, 2008.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo**. 2006. Disponível em < [http://www.infobibos.com.br/artigos/2006\\_2/c6/index.htm](http://www.infobibos.com.br/artigos/2006_2/c6/index.htm)>. Acesso em 21 de julho de 2023.

CARVALHO FILHO, A. et al. Agregação de um latossolo vermelho submetido a cinco sistemas de preparo do solo em Uberaba-MG. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 317-325, 2007.

CARVALHO FILHO, A. et al. Efeitos de sistemas de preparo do solo na cultura da soja (*Glycine max* (L.)). **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 777-786, 2006.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, p. 47-53, 2004.

CASALI, C. A.; Et al. **Benefícios do uso de plantas de cobertura de solo na ciclagem de fósforo**. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Cap. 2, p. 23-33, 2016.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, AG.; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil-Fatores que facilitaram a evolução do sistema eo desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina: lapar, 2012.



CHAVES, R. G et al. **Sistemas de manejo do solo e velocidade de semeadura da soja**. 2015. CHAVES, T. de A. et al. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. 19p.

CHERUBIN, M. R. et al. Demonstração da viabilidade técnica e econômica da utilização de taxa variável em área manejada com agricultura de precisão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

CHERUBIN, M. R. et al. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. 2022.

DE SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. 2005.

DEBIASI, H. et al. **Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná**. 2017.

DEBIASI, H. et al. Capacidade de suporte e compressibilidade de um Argissolo, influenciadas pelo tráfego e por plantas de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2629-2637, 2008.

DIAS, M. J. et al. Probabilidade de ocorrência dos atributos químicos em um latossolo sob plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 181-189, 2015.

EMBRAPA. **Manejo e conservação do solo**. 2010. Disponível em: [http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/manejo.html](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/manejo.html).

EMBRAPA. **Nabo-forrageiro**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/nabo-forrageiro>.

FARIAS, L.N. et al. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 497- 503, maio, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um sistema de análise computacional para projetos do tipo split plot com efeitos fixos: Sisvar. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, pág. 529-535, 2019.

FERREIRA, G.W.D.; SOARES, E.M.B.; OLIVEIRA, F.C.C.; SILVA, I. R.; DUNGAIT, J.A.J.; SOUZA I. F.; VERGÜTZ, L. **Liberção de nutrientes do eucalipto em decomposição coletar resíduos seguindo práticas de gerenciamento simuladas em vários locais no Brasil**. *Ecologia e Manejo Florestal*, v. 370, p. 1–11, 2016.

FIORIN, J.E. **Rotação de culturas e plantas de cobertura do solo**. Manejo e fertilidade do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo: Berthier. 2007. p.145-184.

FONTANA, A. et al. Característica e atributos de latossolos sob diferentes usos em Luis Eduardo Magalhaes, Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1457-1465, 2016.

- FORTE, C. T. et al. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 13, núm. 1, pp. 1-10, 2018
- FEDERIZZI, L. C. et al. **Importância da cultura da aveia. In: Indicações técnicas para a cultura da aveia.** XXXIV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Fundação ABC/ LÂNGARO, 2014.
- FRIES, L. V. **Influência de coberturas de inverno na produtividade da soja e na população de plantas espontâneas.** 2018.
- GAO, W. et al. **Raízes profundas e estrutura do solo. Planta, Célula e Meio Ambiente.** Oxford, v. 39, p. 1662-1668, 2016.
- HEINZ, R. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1549-1555, 2011.
- HERNANI, L. C. **Sistema Plantio Direto: Nabo forrageiro.** Embrapa, 2012.
- KAMIMURA, K. M. et al. **Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho sob cultivo de arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água.** *Bragantia*, v. 68, p. 723-731, 2009.
- KOCHHANN, R. A. et al. **Rendimento de grãos de trigo cultivado em seqüência ao adubo verde nabo forrageiro.** 2003.
- LÁZARO, R. L. et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 10-17, 2013.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** Editora **Oficina de Textos** Edição: 2ª. Idioma: Português ISBN: 9788579750083. 2010.
- LIER, Q. J. (Ed.). **Física do solo.** Viçosa: SBCS, 2010. 298p.
- MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000.
- MACIEL, G. A. **Integração lavoura pecuária e a qualidade física do solo na região do Cerrado.** Lavras. UFLA. 2008.
- MANSANO, P. H. P. **Plantas de cobertura e sua influência na compactação do solo.** 2020.
- MANTAI, R. D. J. A., SAUSEN A. T., COSTA, J. S., FERNANDES, S. B.; UBESSI, C. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19, 343-349- 2015.
- MONTEIRO, M. A. C. et al. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 63-68, 2017.

MOREIRA, W. H. et al. Mudanças sazonais nos atributos físicos do solo em plantio direto de longa duração. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 160, p. 53-64, 2016.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A.; Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Classificação do Solo**, Botucatu, v. 25, p. 531 – 538, 2001.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. Embrapa Soja, 2021.

NUNES, M. R.; Et al. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 627-638, 2014.

PAULETTI, V. A. **Importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo**. Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto, v. 3, p. 56-66, 1999.

PEREIRA, F. S.; Et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 87-95, 2011.

PERIN, A.; Et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NOGUEIRA, S. S. S.; MIRANDA, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 929-938, 2000.

RAMBO, L.; Et al. Rendimento de grãos da soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 79-85, 2002.

RIBEIRO, P.L. **Escarificação do solo: impactos nas raízes e na produtividade**. Instituto Agro - Excelência no Agronegócio (2019).

RICHART, A.; Et al. **Compactação do solo: causas e efeitos**. Seminário: Ciências Agrárias, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.

ROCHA, R. S.; Et al. **Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude**. 2009.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C. ; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 355-362, 2003.

- ROSOLEM, C. A.; Et al. Crescimento radicular de mudas de milho em função da resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 821-828, 1999.
- SANTOS, HP dos et al. **Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 142, 2002.
- SANTOS, R. D.; Et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo 6**. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.
- SILVA, A. A. Et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, p. 928-935, 2007.
- SILVA, Á.P; IMHOFF, S.; KAY, B.. Resposta de plantas à resistência mecânica e porosidade de aeração de solos sob preparo convencional e plantio direto. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 4, pág. 451-456, 2004.
- SILVA, E. C; Et al. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 02, 2006.
- SILVA, G. J.; MAIA, J. C. S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 31-40, 2006.
- SILVEIRA, S. D.; Et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto submetido à descompactação mecânica e biológica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1854-1867, 2012.
- SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1113-1122, 2003.
- STEFANOSKI, D. C.; Et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 1301-1309, 2013.
- TEJO, D. P; FERNANDES, C. H. S; BURATTO, J. S. **Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.
- THOMAS, A. L; COSTA, J. A. **Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos**. Soja: manejo para alta produtividade de grãos. p. 13-33, 2010.
- TIECHER, T.; MINELLA, J. P. G. **Erosão do solo: um problema mundial agravando-se num contexto de “agricultura conservacionista” no Sul do Brasil**. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: contextualizando as atividades agropecuárias e os problemas erosivos. Frederico Westphalen: URI – Frederico Westphen, 2015. p. 123–153.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência á penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.795-801, out./dez. 2002

TROIAN, D. Et al. Carbono orgânico e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, 2020.

VALADÃO, F. C. A et al. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 243-255, 2015.

