

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS IBIRUBÁ**

**INFLUÊNCIA DE CONSÓRCIOS DE PLANTAS DE COBERTURA, ASSOCIADAS  
OU NÃO À ADUBAÇÃO NITROGENADA, SOBRE O CULTIVO DE MILHO**

**IGOR GABRIEL BOHRZ**

**IBIRUBÁ**

**2025**

**IGOR GABRIEL BOHRZ**

**INFLUÊNCIA DE CONSÓRCIOS DE PLANTAS DE COBERTURA, ASSOCIADAS  
OU NÃO À ADUBAÇÃO NITROGENADA, SOBRE O CULTIVO DE MILHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Daniela Batista dos Santos

Coorientador: Rodrigo Luiz Ludwig

**IBIRUBÁ**

**2025**

**IGOR GABRIEL BOHRZ**

**INFLUÊNCIA DE CONSÓRCIOS DE PLANTAS DE COBERTURA, ASSOCIADAS  
OU NÃO À ADUBAÇÃO NITROGENADA, SOBRE O CULTIVO DE MILHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

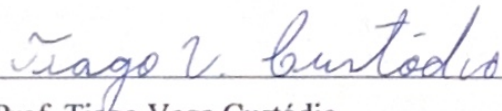
Orientadora: Daniela Batista dos Santos

Coorientador: Rodrigo Luiz Ludwig

Aprovado em 05 de dezembro, 2025.



Prof. Daniela Batista dos Santos – Orientadora



Prof. Tiago Vega Custódio



Prof. Cassiano Vasconcelos dos Santos



Prof. Ben-Hur Costa de Campos – Coordenador do

Curso de Agronomia do IFRS – Campus Ibirubá

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao IFRS - Campus Ibirubá pela disponibilidade da área e recursos para a condução do experimento, também à professora Daniela Batista dos Santos pela orientação quanto a escrita e ao professor Rodrigo Luiz Ludwig pelas oportunidades de participação em projetos de pesquisa no decorrer da minha jornada acadêmica e as devidas orientações no momento de condução do experimento à campo, o trabalho tornou - se possível por esses fatores.

## RESUMO

O milho (*Zea mays L.*) tem grande importância econômica nacional e internacional, além do papel fundamental na rotação de culturas. Assim, há busca pela maximização da produção, a qual pode ser influenciada pela espécie vegetal que antecede o cultivo, dado o respectivo efeito sobre a ciclagem de nutrientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do milho cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes consórcios de plantas de cobertura de inverno, buscando identificar quais combinações promovem maior produtividade e benefícios agronômicos ao solo. O experimento foi conduzido no IFRS – Campus Ibirubá nas safras 2024/25. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados em arranjo experimental fatorial (13 x 2), com quatro repetições. Utilizaram-se treze tratamentos, consistindo em diferentes combinações de espécies de cobertura combinados ou não à aplicação de N (ureia) no milho, a saber: T1- Ervilha; T2 - Ervilhaca; T3 - Tremoço; T4 - Ervilha + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro; T5 - Ervilhaca + Aveia preta + Centeio + Nabo; T6 - Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo forrageiro; T7 - Ervilha + Ervilhaca + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro; T8 - Ervilha + Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro; T9 - Ervilhaca + Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro; T10 - Ervilha + Ervilhaca + Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro; T11- Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro; T12 - Aveia preta e T13 - Pousio. Cada tratamento teve sua produção de matéria seca avaliada aos 113 dias. Referente à cultura do milho, foram avaliadas as variáveis: emergência e altura de plantas aos 50 dias após semeadura (DAS), altura de inserção da espiga, altura final de plantas, plantas por hectare, espigas por m<sup>2</sup>, espigas por planta, grãos por espiga e rendimento de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). O consórcio de ervilha + aveia preta + centeio + nabo forrageiro produziu a maior quantidade de matéria seca na safra avaliada. Com a utilização da adubação nitrogenada é possível obter acréscimo no rendimento de grãos da cultura do milho e, o maior valor de produção em kg por hectare foi após o consórcio de ervilha + ervilhaca + aveia preta + centeio + nabo forrageiro.

**Palavras-chave:** *Zea mays*; cobertura do solo; adubação nitrogenada

## ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) holds great economic importance both nationally and internationally, in addition to playing a key role in crop rotation systems. Consequently, there is continuous interest in maximizing grain yield, which can be influenced by the preceding cover crop species due to their effects on nutrient cycling. This study aimed to evaluate the performance of maize grown under no-till conditions following different winter cover crop mixtures, seeking to identify which combinations promote higher productivity and agronomic benefits to the soil. The experiment was conducted at IFRS – Ibirubá Campus during the 2024/25 growing seasons. A randomized complete block design was used, arranged in a factorial scheme (13 × 2) with four replications. Thirteen treatments were evaluated, consisting of different cover crop combinations with or without nitrogen (urea) application to maize: T1 – Pea; T2 – Common vetch; T3 – Lupin; T4 – Pea + Black oat + Rye + Oilseed radish; T5 – Common vetch + Black oat + Rye + Oilseed radish; T6 – Lupin + Oat + Rye + Oilseed radish; T7 – Pea + Common vetch + Black oat + Rye + Oilseed radish; T8 – Pea + Lupin + Black oat + Rye + Oilseed radish; T9 – Common vetch + Lupin + Black oat + Rye + Oilseed radish; T10 – Pea + Common vetch + Lupin + Black oat + Rye + Oilseed radish; T11 – Black oat + Rye + Oilseed radish; T12 – Black oat; and T13 – Fallow. Biomass production for each treatment was assessed at 113 days. For the maize crop, the following variables were evaluated: emergence and plant height at 50 days after sowing (DAS), ear insertion height, final plant height, plants per hectare, ears per square meter, ears per plant, grains per ear, and grain yield. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using the Scott–Knott test ( $p < 0.05$ ). The pea + black oat + rye + oilseed radish mixture produced the highest dry matter yield in the evaluated season. Nitrogen fertilization increased maize grain yield, and the highest production value ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) occurred following the pea + common vetch + black oat + rye + oilseed radish mixture.

**Keywords:** *Zea mays*. Soil cover. Nitrogen fertilization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do experimento.....	21
Figuras 2. Momento de semeadura das plantas de cobertura.....	22
Figura 3. Momento de semeadura das plantas de cobertura.....	23
Figura 4. Quadrado de 0,5 m <sup>2</sup> para coleta das plantas de cobertura para determinação de MV e MS.....	24
Figuras 5A e 5B. Semeadura do milho MG 616 PWU.....	25
Figura 6. Momento de aplicação de herbicidas e inseticida.....	26
Figura 7. Medição da altura de plantas (A); Medição da altura de inserção de espiga (B); Contagem do número de grãos por espiga (C); Colheita da área de 2,7 m <sup>2</sup> (D); Determinação da massa das amostras (E); Determinação da umidade dos grãos com medidor eletrônico (F)..	27
Figura 8. Avaliação visual do desenvolvimento das plantas de cobertura no decorrer dos seus ciclos: T5- Ervilhaca + aveia + centeio + nabo (16/06/24) (A); T12 – Aveia (16/06/24) (B); T3- Tremoço (30/06/24) (C); T2 - Ervilhaca (25/09/24) (D); T6- Tremoço + aveia + centeio + nabo (25/09/24) (E) e T9 - Ervilhaca + Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo (25/09/24) (F).....	32
Figura 9. Temperaturas máximas, médias, mínimas e precipitação pluviométrica em Ibirubá/RS no período que o experimento esteve a campo.....	33
Figura 10. Rendimento de grãos do milho em função de cada consórcio de plantas de cobertura e aplicação ou não de nitrogênio.....	38

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Proporção de semente de cada espécie de planta de cobertura por consórcio em kg ha<sup>-1</sup>, cada espécie está representada pela seguinte sigla: Aveia (Ap); Centeio (C), Ervilha (E); Ervilhaca (Er); Nabo Forrageiro (Nf); Tremoço (T).....22
- Tabela 2. Produção de matéria fresca e matéria seca dos consórcios de plantas de cobertura, sendo: Aveia (Ap); Centeio (C), Ervilha (E); Ervilhaca (Er); Nabo Forrageiro (Nf); Tremoço (T).....29
- Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao efeito dos tratamentos plantas de cobertura (A); doses de N (B) e a interação entre eles (A x B) sobre as variáveis Número de plantas por hectare (pl.ha<sup>-1</sup>); Altura aos 50 DAS (H50); Altura final de plantas (Hf/pl); Inserção da espiga (Ie); Espigas por m<sup>2</sup> (Esp/m<sup>2</sup>); Espigas por planta (Esp/pl); Grãos por espiga (Gr/esp) e Rendimento de grãos (rend/gr).....34
- Tabela 4. Altura de inserção da espiga (cm) e número de espiga por m<sup>2</sup> de milho em função do consórcio de plantas de cobertura antecedendo à cultura.....35
- Tabela 5. Relação entre as doses de N e a inserção da espiga (Ie); Grãos por espiga (Gr/esp) e Rendimento de grãos (Rend/gr).....40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>11</b>
2.1 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1.1 Milho ( <i>Zea mays</i> L.).....	11
2.1.2 Classificação botânica do milho .....	12
2.1.3 Culturas antecessoras ao cultivo do milho.....	13
2.1.4 Aveia preta ( <i>Avena strigosa</i> S.).....	14
2.1.5 Centeio ( <i>Secale cereale</i> L.) .....	15
2.1.6 Ervilha forrageira ( <i>Pisum sativum ssp.</i> ).....	16
2.1.7 Ervilhaca ( <i>Vicia sativa</i> L.).....	16
2.1.8 Nabo forrageiro ( <i>Raphanus sativus</i> L.).....	17
2.1.9 Tremoço branco ( <i>Lupinus albus</i> L.).....	18
2.1.10 Nitrogênio .....	19
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
<b>3 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>
ANEXOS.....	48
Anexo I.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays*) tem extrema importância nacional e mundial no setor agropecuário, cereal constituinte da grande maioria de rações e também utilizado como alimento humano devido ao fato de ser fonte de vitaminas e minerais, com um custo menos elevado. Na safra 2024/2025 a área cultivada foi de aproximadamente 21,7 milhões de hectares e, a produção atingiu 139,47 milhões de toneladas, recorde histórico (Conab, 2024). Para atender a demanda do mercado, a busca pela maximização da produção é constante e, um dos grandes fatores que influem no resultado final é a cobertura do solo, a cultura tende a dar melhores respostas produtivas em relação a determinados manejos desse tipo.

A hipótese defendida e que instiga a realização do trabalho é de que, como há espécies de leguminosas que auxiliam na fixação de nitrogênio (N), nutriente fundamental e que mais limita o desenvolvimento da cultura do milho, semeá-las em conjunto como cobertura antecedente, aumentaria a fixação do nutriente N. O nitrogênio é também o nutriente absorvido em maiores quantidades pela maioria das culturas, especialmente as gramíneas, entre as quais, as pastagens. Assim, a deficiência de N nas culturas é a mais frequente. Além disso, em condições adversas, principalmente aquelas relacionadas ao baixo teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e modo de aplicação do fertilizante, podem ocorrer perdas desse nutriente por volatilização, lixiviação e desnitrificação. Em decorrência disso, a eficiência no uso das plantas no manejo convencional do solo tem sido da ordem de 50% a 60% (Kluthcouski *et al.*, 2006).

A pesquisa buscou quais as possibilidades que causaram um melhor aproveitamento de recursos naturais e qual o melhor consórcio de cobertura de inverno, antecedendo o milho em busca da máxima produtividade do mesmo. As espécies de plantas de cobertura utilizadas foram: aveia preta, centeio, ervilha forrageira, ervilhaca, nabo forrageiro e tremoço branco. Aveia, centeio, nabo e tremoço reciclam nutrientes do solo remanescentes de culturas anteriores e os tornam disponíveis para a cultura seguinte novamente. Ervilha e ervilhaca são responsáveis por fixar nitrogênio através da simbiose com bactérias do solo, realizando a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A utilização de plantas de cobertura que fixam ou que reciclam nitrogênio, ou também consorciado ambas, juntamente com a aplicação de nitrogênio em cobertura são maneiras de se atingir a demanda que a cultura do milho tem do nutriente sem que ocorra deficiência.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do milho cultivado em sistema

de plantio direto sobre diferentes consórcios de plantas de cobertura de inverno, buscando identificar quais combinações promovem maior produtividade e também a resposta a aplicação ou não de nitrogênio.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1.1 Milho (*Zea mays* L.)

O milho é uma planta anual de verão que faz parte da família Poaceae, pertencente à subfamília Panicoideae e do gênero *Zea*. É uma espécie originária do México e se tem registros de que sua domesticação iniciou-se há cerca de 5.000 anos na América Central, após isso, ocorreu sua difusão por povos pré-colombianos para outras regiões (Buckler; Stevens, 2005). Essa dispersão pelo continente americano está associada ao grande número de sementes crioulas e conseqüentemente, modificações adaptativas, o que faz com que seja uma cultura com grande variabilidade genética (Brieger *et al.*, 1958).

Segundo Bellido (1991) a sua área de cultivo localiza-se entre as latitudes de 30° S e 55° N. No entanto, o melhoramento genético tem permitido potencializar a adaptação de algumas variedades que, atualmente se encontram em latitudes superiores aos valores indicados por Bellido (1991), ao norte em regiões da Rússia e do Canadá e ao Sul em regiões da Argentina e da Bolívia.

No Brasil, o milho é a segunda maior cultura de importância na produção agrícola, sendo superada apenas pela soja. A área brasileira semeada na safra 2024/2025, foi de aproximadamente 21,7 milhões de hectares e, a produção atingiu 139,47 milhões de toneladas, recorde histórico. Já a estimativa realizada em 2025 para a safra 2025/26, é uma produção de milho de aproximadamente 138,6 milhões de toneladas. Para o estado do Rio Grande do Sul, à safra 2024/25 da 1ª safra de milho, a área plantada estimada é de aproximadamente 719,6 mil hectares, com redução de cerca de 11,7 % em relação ao ciclo anterior (Conab, 2024).

O milho é um cereal de importância econômica mundial, sua utilização ocorre para o consumo humano ou animal. Para alimentação humana se encontra na forma de farinhas, pães e outros, e para alimentação animal, através de rações para bovinos, suínos, aves e peixes. Além da importância socioeconômica, possui uma grande relevância agrônômica como um dos mais importantes produtos utilizados na rotação de culturas, principalmente em agrossistemas nos quais a soja é a principal cultura. Por apresentar relação carbono/nitrogênio (C/N) maior que a da soja, a taxa de decomposição da sua palha é mais lenta, proporcionando proteção do solo por maior período de tempo.

### 2.1.2 Classificação botânica do milho

O milho é uma cultura, classificada como uma gramínea de clima tropical, apresenta o colmo com formato cilíndrico, altura média de 2 m, possui nós e entrenós e termina em pendão (inflorescência masculina) no final da fase vegetativa. Em cada nó acima do solo há folhas com 90 cm de comprimento e de 7 a 9 cm de largura e, quando terminado o estágio vegetativo, surge a espiga (inflorescência feminina) nas axilas das folhas, sinalizando o estágio reprodutivo. O grão é do tipo cariopse, em que o pericarpo está fundido com o tegumento da semente. As raízes são fasciculadas e ainda apresenta raízes adventícias que auxiliam na fixação e sustentação da planta (Fornasieri Filho, 2007).

O milho apresenta seu desenvolvimento dividido em duas fases principais: vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa inicia-se com a emergência (VE) e se estende até o aparecimento da última folha (VT), momento em que o pendão está completamente visível. Durante esse período, ocorre intenso crescimento foliar e radicular, demandando altos níveis de nutrientes, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (Fancelli; Dourado Neto, 2000). A fase reprodutiva compreende os estádios R1 (florescimento), R2 (grão leitoso), R3 (grão pastoso), R4 (grão farináceo), R5 (grão dentado) e R6 (maturação fisiológica). Nessa etapa, o foco fisiológico da planta é a translocação de fotoassimilados e nutrientes para o grão, sendo este o período mais sensível a déficits hídricos e deficiências nutricionais (Magalhães; Durães, 2008).

Quanto às necessidades ambientais, o milho é considerado uma espécie de clima tropical, apresentando temperaturas ideais de 24 °C a 30 °C para o crescimento e mínima de 10 °C para germinação. Temperaturas inferiores a 8 °C podem comprometer o desenvolvimento radicular e o estabelecimento da lavoura. A exigência hídrica situa-se entre 500 e 800 mm de precipitação bem distribuída ao longo do ciclo, sendo o florescimento e o enchimento de grãos os períodos mais críticos quanto à disponibilidade de água (EMBRAPA, 2024). Em relação ao solo, o milho apresenta melhor desempenho em solos de textura média, profundos, bem drenados e com pH entre 5,5 e 6,5. A cultura é altamente responsiva à correção da acidez e à adubação de base, fatores determinantes para o adequado desenvolvimento inicial e alta produtividade (Souza *et al.*, 2019).

Do ponto de vista nutricional, o milho é uma das culturas mais exigentes em nutrientes. O nitrogênio (N) destaca-se pela sua influência direta sobre o crescimento vegetativo e a produção de grãos; o fósforo (P) atua no desenvolvimento radicular e na formação de estruturas reprodutivas; e o potássio (K) é essencial para a regulação osmótica, a resistência a estresses

abióticos e o enchimento dos grãos (Coelho; França, 2020). Além dos macronutrientes, micronutrientes como zinco (Zn) e enxofre (S) que desempenham papéis fundamentais na fisiologia da planta, sendo o Zn essencial na síntese de auxinas e o S na formação de proteínas (EMBRAPA, 2024).

### 2.1.3 Culturas antecessoras ao cultivo do milho

O Sistema Plantio Direto (SPD) é uma prática conservacionista fundada em três pilares: cobertura permanente do solo, mínima mobilização do solo (sem revolvimento) e rotação/consórcio de culturas. No SPD, a presença contínua de palhada e/ou plantas de cobertura melhora a proteção contra erosão, aumenta a infiltração de água, preserva a estrutura do solo e contribui para maior eficiência no uso de fertilizantes, inclusive do nitrogênio, pela redução de perdas por lixiviação e volatilização. Essas vantagens são amplamente relatadas pela EMBRAPA e por estudos técnicos que analisam o comportamento de nutrientes em sistemas conservacionistas (Resende, 2011).

No Rio Grande do Sul, a época de semeadura do milho apresenta certa amplitude regional: historicamente os plantios concentram-se no período “cedo” para aproveitar a janela climática que favorece maior produtividade, mas a literatura técnica indica que, no Sul do Brasil, o milho é geralmente semeado de agosto a setembro na safra de inverno/primavera (com possibilidade de semeadura entre julho e janeiro dependendo da finalidade ( milho safrinha a exemplo), sendo que atrasos além de setembro/outubro tendem a reduzir ciclo e rendimento da cultura. Para o planejamento em RS, recomenda-se alinhar a semeadura à disponibilidade hídrica e ao zoneamento agrícola local. (EMBRAPA, 2022).

As plantas de cobertura (gramíneas e leguminosas conduzidas na entressafra ou consorciadas) influenciam fortemente a dinâmica do N no perfil do solo por diversos mecanismos: Fixação biológica de N (promovida pelas fabáceas): contribuem com N via fixação simbiótica, aumentando a reserva de N orgânico disponível para a cultura subsequente, especialmente quando manejadas adequadamente (corte/integração da palhada no momento correto para evitar competição) (Albuquerque *et al.*, 2013). A ciclagem e retenção de N ocorre através das plantas de cobertura que capturam N disponível remanescente após a colheita, reduzindo perdas por lixiviação durante o período de pousio e devolvendo-o lentamente à medida que a palhada se decompõe. Gramíneas de cobertura (braquiárias, aveia, milheto) tendem a produzir maior material vegetal (alta relação C:N) e assim modular a liberação de N ao longo do tempo. (Assunção, *et al*, 2011). A presença de palhada e raízes vivas melhora a

retenção e eficiência do N aplicado (reduzindo volatilização e lixiviação), o que pode permitir ajustes na dose mineral dependendo do histórico de cobertura e do resultado de análises de solo. Ensaaios que avaliaram doses de N em sucessão a diferentes coberturas mostram interação entre espécie de cobertura e resposta do milho às doses de N. (Machado, 2021).

Artigos em periódicos nacionais e trabalhos de dissertação relatam que leguminosas (mucuna, crotalárias, guandu) aumentam a disponibilidade de N para o milho via fixação, mas que o efeito sobre rendimento depende do momento de incorporação/queda da palhada e da relação C:N. Enquanto gramíneas (braquiárias, aveia) tendem a produzir maior biomassa e proteger o solo, mas podem imobilizar N a curto prazo até a decomposição avançar — daí a vantagem observada em alguns estudos de usar consórcios ou sequências leguminosa + gramínea para equilibrar aporte e liberação de N (Albuquerque *et al.*, 2013).

Nos tópicos seguintes, serão apresentadas um pouco das principais características das principais espécies de cobertura utilizadas no estudo: aveia preta, centeio, ervilha forrageira, ervilhaca, nabo forrageiro e tremoço branco.

#### **2.1.4 Aveia preta (*Avena strigosa* S.)**

A aveia apresenta resistência à seca, tolerância ao alumínio, baixa incidência de pragas e doenças, fácil produção de sementes, baixo custo da lavoura, aliada a boa produção de forragem e grãos (Pitol, 1988). É cultivada para cobertura do solo, para produção de forragem, feno, silagem e grãos, utilizados na alimentação de bovinos de corte e leite.

Assim como as demais espécies cultivadas na segunda safra (milho, milheto e sorgo), as aveias suportam estresse hídrico e cobrem rapidamente o solo, suprimindo o desenvolvimento de plantas indesejáveis. Apresentam sobre estas culturas, a vantagem de desenvolverem-se em baixas temperaturas e tolerar geadas (Machado, 2000).

O cultivo da aveia em áreas essencialmente agrícolas é importante para a manutenção do solo coberto durante a estação seca, evitando que ocorra erosão e infestação de plantas daninhas. Esta prática permite reduzir gastos com adubo e herbicida e preservar os recursos naturais (Machado, 2000). Machado complementa, afirmando que as cultivares de ciclo mais longo apresentam alta produção de matéria seca, de 4.500 a 7.000 kg/ha. Estas, por permanecerem mais tempo em desenvolvimento do que as cultivares precoces, competem por água, luz e nutrientes, por um período mais longo, evitando o estabelecimento de plantas daninhas, fecha o autor.

### 2.1.5 Centeio (*Secale cereale* L.)

O centeio, no mundo, é cultivado especialmente no centro e no norte da Europa, em regiões de clima frio ou seco, em solos arenosos e poucos férteis. Polônia, Rússia, Alemanha, Bielorrússia e Ucrânia. No Brasil, o centeio foi introduzido por imigrantes alemães e poloneses dois séculos atrás (FAO, 2013). De acordo com Baier (1994), a área de centeio no Brasil diminuiu nas últimas cinco décadas, provavelmente em razão do subsídio estendido à cultura de trigo, da extinção de moinhos coloniais de centeio, da reduzida pesquisa e da incidência de doenças (Nascimento Júnior, *et al*, 2023). No entanto, fatores como a mudança no hábito alimentar populacional e o desenvolvimento de cultivares de trigo mais adaptadas e rentáveis ao produtor também contribuíram para a diminuição mencionada por Baier (1994).

O centeio é uma espécie de fecundação cruzada de grande rusticidade e adaptação a solos pobres, especialmente os arenosos, e possui sistema radicular profundo e abundante, característica que lhe permite absorver água e nutrientes indisponíveis a outras espécies (Nascimento Júnior, *et al*, 2023).

Pela ampla adaptação a diferentes tipos de solos e condições climáticas, o centeio é excepcional opção para cultivo objetivando cobertura de solo. Levando em consideração os outros cereais de inverno, a decomposição do colmo do centeio é mais lenta, constituindo vantagem para o sistema plantio direto (Nascimento Júnior, *et al*, 2023). A rolagem de plantas pode aumentar o efeito de supressão do desenvolvimento de plantas daninhas de verão.

Quando o centeio é cultivado somente para cobertura de solo, a aplicação de P e de K pode ser dispensada ou, então, as quantidades aplicadas podem ser descontadas da adubação da cultura seguinte. Já a aplicação de N pode ser mantida, sobretudo quando o centeio suceder gramínea de verão, proporcionando, dessa forma, produção de elevada quantidade de biomassa, complementa Nascimento Júnior (2023).

### 2.1.6 Ervilha forrageira (*Pisum sativum* ssp.)

A ervilha forrageira é uma leguminosa de ciclo anual podendo ser cultivada de forma primária, mista ou secundária como cobertura ou produção de grãos e possui elevados teores de proteína, amido, açúcar, fibra, vitaminas e minerais. Sua produção tem finalidade de corte, adubo verde, pastagens e silagem para ruminantes. A produção anual global de ervilha forrageira foi de cerca de 21 milhões de toneladas em área de 2,7 milhões de hectares colhidos em 2018 (FAOSTAT, 2019).

A ervilha tem muitos recursos para adaptabilidade e alto potencial de fixação do nitrogênio livre por meio de nódulos, favorecendo as plantas da estação seguinte. Além disso, apresenta melhoramento das condições físicas do solo, aumento da fertilidade, fornecimento de melhor estrutura, redução da necessidade de fertilizantes sintéticos e melhoramento da seleção de água e capacidade de aeração (Demétrio, 2022).

### 2.1.7 Ervilhaca (*Vicia sativa* L.)

A ervilhaca é uma planta com grande utilidade na agricultura de clima temperado, sendo utilizada na alimentação de animais e como cobertura do solo. Um de seus principais benefícios advém de sua habilidade em fornecer nitrogênio às culturas subsequentes (Monegat, 1991).

Nos anos de 1998, 1999 e 2000 foi conduzido um estudo por Giacomini, *et al*, que dentre outros outros fatores objetivou avaliar a matéria seca, a relação carbono nitrogênio (C/N) e o acúmulo de nitrogênio em diferentes misturas de plantas de cobertura.

Foram semeadas as seguintes culturas de cobertura de solo no outono/inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) – AP, ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) – EC e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) – NF, em culturas isoladas e consorciadas. Os tratamentos avaliados foram os seguintes: (1) 100 % AP (80 kg ha<sup>-1</sup> de sementes); (2) 100 % EC (80 kg ha<sup>-1</sup> de sementes); (3) 100 % NF (14 kg ha<sup>-1</sup> de sementes); (4) 15 % AP + 85 % EC; (5) 30 % AP + 70 % EC; (6) 45 % AP + 55 % EC (apenas em 1999 e 2000); (7) 15 % AP + 85 % NF (apenas em 1998); (8) 30 % AP + 70 % NF, e (9) pousio invernal (vegetação espontânea).

Após o término do estudo Giacomini, *et al*, chegou à seguinte conclusão: 1. O consórcio de aveia preta + ervilhaca, com a proporção da gramínea variando de 15 a 45 %, proporcionou produção de MS equivalente àquela da aveia isolada e superior à da ervilhaca isolada. 2. O consórcio de aveia preta + ervilhaca agregou igual quantidade de N às plantas do que a leguminosa isolada, mas foi superior à da gramínea. 3. Os cultivos consorciados de aveia + ervilhaca e aveia + nabo proporcionaram relação C/N da fitomassa intermediária à das culturas isoladas. 4. A aveia preta, a ervilhaca e o nabo forrageiro proporcionaram maior produção de MS e acumularam mais N, P e K na fitomassa do que a vegetação espontânea do sistema de pousio invernal. Para níveis de matéria seca, maior relação C/N e maior fitomassa, a ervilhaca deve estar atrelada a uma gramínea.

### 2.1.8 Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.)

O nabo forrageiro, pertencente à família Cruciferae, é uma planta anual, herbácea, ereta, muito ramificada e que pode atingir de 100 a 180 cm de altura (Crusciol, 2005, apud Derpsch & Calegari, 1992). Caracteriza-se pelo crescimento inicial extremamente rápido, e aos 60 dias após a emergência promove a cobertura de 70% do solo (Crusciol, 2005, apud Calegari, 1990). A espécie tem sido empregada nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil para adubação verde de inverno e planta de cobertura, em sistemas de cultivo conservacionistas como o plantio direto.

A proteção do solo com cobertura vegetal tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores na região de clima temperado (Derpsch & Calegari, 1992). Nesta condição, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, em sistema de plantio direto, diminui a erosão e, conseqüentemente, reduz as perdas de solo e de nutrientes, especialmente pela dissipação da energia de impacto das gotas de chuva (Crusciol, 2005, apud Pauletti, 1999).

No entanto, na região tropical, o clima favorece a decomposição dos restos culturais, devendo-se dar atenção à quantidade e durabilidade dos resíduos vegetais produzidos pela espécie antecessora à cultura principal (Alves *et al.*, 1995). É necessário a utilização de coberturas vegetais com a finalidade de proteção superficial do solo, formação de palhada e reciclagem de nutrientes (Lima, 2001), com a mobilização de elementos lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas mais profundas do solo (Alcântara *et al.*, 2000).

A palha na superfície do solo constitui reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (Rosolem *et al.*, 2003), ou lenta e gradual (Pauletti, 1999), dependendo da interação entre a espécie utilizada, manejo da fitomassa (época de semeadura e de corte), umidade (regime de chuvas), aeração, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, composição química da palha e tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (Alcântara *et al.*, 2000)

### 2.1.9 Tremoço branco (*Lupinus albus* L.)

Na grande maioria dos estudos já realizados com o tremoço branco, ele está sempre aliado à adubação verde, prática que com a crescente em adubação mineral, tem sido deixada de lado.

Corrêa (1939) enfatizou a importância do tremoço para melhoramento e recuperação das terras, destacando a sua importância como adubo verde para a melhoria das propriedades

físicas e químicas do solo e seu valor como fonte de matéria orgânica e nitrogênio, além de apresentar orientações sobre o manejo da cultura e a prática de sua utilização como adubo verde de inverno no Rio Grande do Sul.

Muzilli (1978) relatou resultados mostrando que a incorporação de adubos verdes de inverno, em solos de campo nativo do sul do Paraná, antes do cultivo do milho, era capaz de proporcionar efeitos equivalentes aos de 80 kg/ha de nitrogênio fornecido como adubo mineral.

Nas safras de 1976/77, 1977/78, 1978/79 e 1979/80 Muzilli e demais pesquisadores realizaram ensaio no estado do Paraná objetivando estudar a influência da adubação verde de inverno com tremoço (*Lupinus albus* L.) nas respostas ao nitrogênio por quatro cultivares de milho (*Zea mays* L.), semeadas em duas densidades. O tremoço foi semeado no outono, em plantio direto sobre resíduos de milho, sendo roçado e incorporado por ocasião do florescimento. Um mês depois, procedeu-se à gradagem e semeadura do milho. Rendimentos de grãos foram comparados com outros obtidos no mesmo ensaio, em safra anterior, quando o solo estava degradado por uso intensivo.

Uma das conclusões atingidas com o trabalho foi de que, a adubação verde de inverno com tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) é alternativa recomendada para recuperar a capacidade produtiva de solo degradado pelo uso intensivo e reduzir os gastos com fertilizante nitrogenado na cultura do milho; aumentou em cerca de 26% a produtividade quando a ocorrência de chuvas foi normal durante a safra (Muzilli, *et al*, 1983).

### 2.1.10 Nitrogênio

A aplicação de nitrogênio (N) é uma das práticas mais seguras em termos de retorno econômico, pois a maioria dos solos apresenta disponibilidade insuficiente desse nutriente em relação à demanda das plantas. A quantidade de fertilizante nitrogenado a aplicar varia principalmente em função do nível de matéria orgânica do solo, da cultura antecedente, da região climática e da expectativa de rendimento de grãos, que é função da interação de vários fatores de produção, sendo, por isso, de difícil previsão. Na semeadura de milho, de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS e SC, deverão ser aplicados cerca de 10 a 15 kg de N/ha. O restante deve ser suprido em cobertura (Nascimento Júnior, *et al*, 2023).

O Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016) também destaca que o fornecimento de N deve ser sincronizado com as fases de maior absorção e necessidade fisiológica da planta (V4 a V6; V6 a V9 e VT a R1), de modo a garantir elevada eficiência de uso do nutriente e maximizar o potencial

produtivo. De acordo com Coelho e França (2020), o nitrogênio é o nutriente de maior influência sobre os componentes de rendimento do milho, por ser fundamental na formação da clorofila, proteínas e enzimas responsáveis pela fotossíntese, além de favorecer o desenvolvimento de folhas, colmos e raízes. Dessa forma, o manejo inadequado do N pode resultar em menor área foliar e, conseqüentemente, em menor acúmulo de fotoassimilados para os grãos.

O rendimento de grãos (RG) do milho é determinado pelos componentes: número de espigas por hectare, número de grãos por espiga e massa média de grãos. Assim, qualquer estresse nutricional ou hídrico que ocorra durante a definição ou o enchimento desses componentes impactará diretamente a produtividade final (Magalhães; Durães, 2008).

A aplicação de N entre os estádios V3 e V6 coincide com o período de rápido crescimento vegetativo, quando há formação de folhas, colmo e raízes adventícias. Essa fase é determinante para a definição do número de espigas por hectare, uma vez que deficiências de N nesse período limitam o crescimento inicial e reduzem a área foliar disponível para a fotossíntese (Coelho e França, 2020). Durante V10 a V12, ocorre a diferenciação dos óvulos nas espigas — momento crítico para o número potencial de grãos por espiga. O nitrogênio deve estar disponível antes dessa fase para evitar limitação no potencial produtivo (Magalhães; Durães, 2008).

No início da fase reprodutiva (R1 a R3), o N absorvido e armazenado nas folhas e colmos é remobilizado para os grãos, contribuindo para o enchimento e aumento da massa de grãos. Assim, uma nutrição adequada nas fases anteriores é essencial para sustentar o enchimento de grãos e evitar queda de produtividade (EMBRAPA, 2008). Resumidamente, a aplicação do N no momento adequado (V3 a V6) assegura o suprimento contínuo do nutriente durante as fases críticas, maximizando o número de grãos e a massa final, os principais componentes de rendimento (CQFS-RS/SC, 2016).

As recomendações de adubações oficiais foram elaboradas a partir de estudos de marchas de absorção e curvas de respostas das plantas aos nutrientes, principalmente entre as décadas de 1960 até 1980. Nesse período, o manejo era fundamentado no revolvimento do solo, denominado Sistema Convencional, e os materiais genéticos vegetais, para muitas espécies, eram substancialmente diferentes dos atuais. Com o passar dos anos, a pesquisa agrícola disponibilizou novos cultivares e híbridos, bem como surgiram novos sistemas de produção, com destaque para o Sistema Plantio Direto (SPD).

Com a evolução na adoção do SPD, tem sido constatado aumento gradativo do teor de

matéria orgânica na camada mais superficial do solo, fato que contribui para o aumento da atividade microbiológica. Isto pode alterar a dinâmica dos nutrientes, especialmente do nitrogênio (N), o qual está intimamente relacionado com o teor de matéria orgânica, tornando-o menos disponível para as plantas, em determinado período, em razão da imobilização. Porém, em áreas com mais tempo sob SPD, a mineralização do N tende a ser maior que a sua imobilização microbiana (Sá, 1993).

A adubação nitrogenada feita em cobertura, juntamente com a adubação de implantação da cultura, impacta substancialmente o custo de produção, devido à elevação constante dos preços dos fertilizantes. Assim, é fundamental a redução da dose de fertilizantes minerais a ser aplicada, o que pode ser alcançado pelo aumento da eficiência, sem prejuízo para a produtividade. Existem plantas que hospedam micro-organismos fixadores de nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>) e essa associação é benéfica para ambos. Os micro-organismos fixam o N<sub>2</sub> e disponibilizam aos vegetais nas raízes, enquanto os vegetais suprem as necessidades dos organismos fixadores por meio da alocação de fotoassimilados (Oliveira, *et al*, 2010).

O fornecimento de N às culturas poderia ser viabilizado pela inoculação microbiana ou mediante cultivo consorciado com leguminosas ou por meio dessas duas maneiras. A cultura do milho é tida como muito competitiva em consórcios, devido ao seu metabolismo de fixação de carbono (C<sub>4</sub>), porte alto, rápido crescimento inicial, entre outras características. Além disso, a maior disponibilidade de N no sistema com leguminosas pode favorecer a cultura sucessora (Oliveira, *et al*, 2010).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na safra 2024/25 na área didática e experimental Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Ibirubá - RS (Figura 1), com coordenadas geográficas 28°38'57" S e 53°06'23" O e 452 metros de elevação. Segundo a classificação climática de Köppen a área de estudo localiza-se em uma região de clima do tipo Cfa, subtropical úmido, tendo como características climáticas principais a temperatura média anual de 19 °C e precipitação média anual de 1826 mm (Moreno, 1961). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA 2006).

**Figura 1** - Localização do experimento

Fonte: Google Earth.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com arranjo experimental fatorial ( $13 \times 2$ ), com quatro repetições. Utilizaram-se treze tratamentos, consistindo em diferentes combinações de espécies de plantas de cobertura combinados ou não à aplicação de N (ureia) no milho, a saber: T1- Ervilha (E); T2 - Ervilhaca (Er); T3 - Tremoço (T); T4 - Ervilha + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (E+Ap+C+Nf); T5 - Ervilhaca + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (Er+Ap+C+Nf); T6 - Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (T+Ap+C+Nf); T7 - Ervilha + Ervilhaca + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (E+Er+Ap+C+Nf); T8 - Ervilha + Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (E+T+Ap+C+Nf); T9 - Ervilhaca + Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (Er+T+Ap+C+Nf); T10 - Ervilha + Ervilhaca + Tremoço + Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (E+Er+T+Ap+C+Nf); T11- Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (A+C+Nf); T12 - Aveia preta (Ap) e T13 - Pousio (P), totalizando 104 unidades experimentais, com dimensões  $4 \times 5$  m, totalizando uma área de  $2080 \text{ m}^2$ .

Cada um dos tratamentos utilizados, teve a proporção de sementes por hectare de suas respectivas plantas de cobertura pré-estabelecidas, como mostra a tabela a seguir (Tabela 1). A escolha de plantas foi feita em conjunto com pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), devido ao fato deste mesmo estudo ser conduzido em várias regiões do Rio Grande do Sul em parceria com a mesma.

**Tabela 1** - Proporção de semente de cada espécie de planta de cobertura por consórcio em kg ha<sup>-1</sup>, cada espécie está representada pela seguinte sigla: Aveia (Ap); Centeio (C), Ervilha (E); Ervilhaca (Er); Nabo Forrageiro (Nf); Tremoço (T).

Kg ha <sup>-1</sup> de semente						
Tratamento	Ervilha	Ervilhaca	Tremoço	Nabo	Aveia preta	Centeio
<b>E</b>	70	-	-	-	-	-
<b>Er</b>	-	60	-	-	-	-
<b>T</b>	-	-	80	-	-	-
<b>E+Ap+C+Nf</b>	42	-	-	1,8	10,5	6,5
<b>Er+Ap+C+Nf</b>	-	36	-	1,8	10,5	6,5
<b>T+Ap+C+Nf</b>	-	-	-	1,8	10,5	6,5
<b>E+Er+Ap+C+Nf</b>	21	18	-	1,8	10,5	6,5
<b>E+T+Ap+C+Nf</b>	21	-	24	1,8	10,5	6,5
<b>Er+T+Ap+C+Nf</b>	-	-	24	1,8	10,5	6,5
<b>E+Er+T+Ap+C+Nf</b>	14	12	16	1,8	10,5	6,5
<b>Ap+C+Nf</b>	-	-	-	4,44	25,9	16,5
<b>Ap</b>	-	-	-	-	70	-
<b>P (pousio)</b>	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada em 04 junho de 2024, de forma manual a lança, seguida de incorporação com gradagem leve (Figuras 2 e 3).

**Figuras 2.** Momento de semeadura das plantas de cobertura.



Fonte: Autor, 2024

**Figura 3.** Momento de semeadura das plantas de cobertura

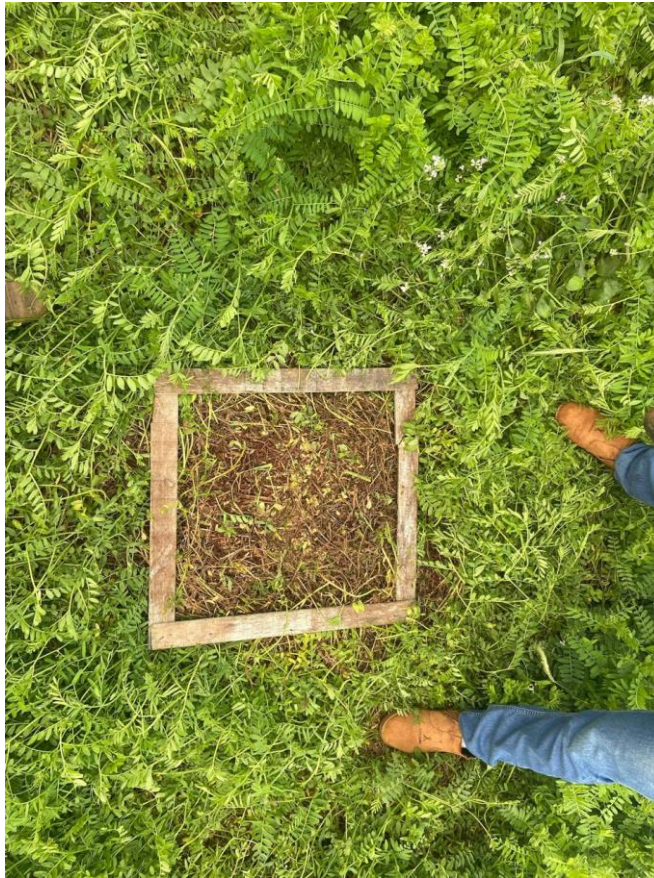


*Fonte: Autor, 2024*

Aproximadamente 30 dias antes da semeadura das plantas de cobertura foi realizada a dessecação da área utilizando os herbicidas Clethodim ( $500 \text{ mL.ha}^{-1}$  de p.c.(produto comercial)), glifosato potássico ( $2,0 \text{ L.}^{-1}$  de p.c.) e  $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$  de óleo mineral para eliminar as plantas daninhas estabelecidas na área. Dez dias antes da semeadura das plantas de cobertura foi aplicado 2,4-D-DIMETILAMINA ( $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$ ) a fim de eliminar plantas voluntárias de soja e demais plantas dicotiledôneas remanescentes da primeira dessecação.

Antecedendo o florescimento das espécies de planta de cobertura, foi avaliada a produção de matéria fresca (MF) e matéria seca (MS). Para isto, procederam-se duas amostragens por unidade experimental, primeiramente contando as plantas daninhas numa área de  $0,25 \text{ m}^2$  e em seguida coletando as plantas das culturas de cobertura (Figura 4), para determinação da massa verde em balança de precisão. Após, as amostras foram acondicionadas em estufa de circulação de ar a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  até atingirem massa constante (aproximadamente 72h), e em seguida se determinou a massa seca de cada parcela.

**Figura 4.** Quadrado de 0,5 m<sup>2</sup> para coleta das plantas de cobertura para determinação de MV e MS



*Fonte: Autor, 2024*

No início do mês de setembro as plantas de cobertura foram submetidas à dessecação com os herbicidas Glufosinato de Amônia ( $3,0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de p.c.), glifosato potássico ( $3,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de p.c.) e  $0,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de óleo mineral. Foi aproveitado o momento para também realizar a aplicação do inseticida Engeo Pleno ( $250 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

A semeadura do milho ocorreu dia 04/09/24, e foi realizada com semeadora de precisão, com sistema de distribuição de sementes pneumático, de sete linhas, espaçadas a 0,45 m. O híbrido utilizado foi o MG616 PWU, com densidade de 75 mil plantas viáveis. $\text{ha}^{-1}$  (Figuras 5A e 5B).

**Figuras 5A e 5B.** Semeadura do milho MG 616 PWU.



*Fonte: Autor, 2024*

O manejo de adubação de base foi composto pela formulação NPK 2 - 23 - 23, a lanço, imediatamente após a semeadura, na dose 200 kg por ha<sup>-1</sup>. O nitrogênio foi fornecido via ureia, apenas nas unidades experimentais que continham esse tratamento, em dose única de 100 kg de N.ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 222 kg de ureia protegida por ha<sup>-1</sup>, aplicados 33 dias após semeadura (DAS).

O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas aconteceu de forma igualitária para todas unidades experimentais, sempre que necessário, seguindo recomendações técnicas para a cultura. Assim, foram feitas aplicações de inseticidas com foco principal no controle da incidência da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), acaricidas e herbicidas em quatro momentos durante a condução do experimento utilizando pulverizador costal: No dia 22/10/2024 foi aplicado o inseticida Pirate (1 L.ha<sup>-1</sup>); em 02/11/2024 a aplicação realizada foi de Zapp Qi (1,5 L.ha<sup>-1</sup>) e Bifentrina (350 mL.ha<sup>-1</sup>); em 07/11/2024 Engeo Pleno (350 mL.ha<sup>-1</sup>) e no dia 22/11/2024 novamente Engeo Pleno (350 mL.ha<sup>-1</sup>) além de Imidacloprid (250 mL.ha<sup>-1</sup>) (Figura 6).

**Figura 6.** Momento de aplicação de herbicidas e inseticida



*Fonte: Autor, 2024*

As variáveis avaliadas na cultura do milho foram as seguintes:

a) Emergência de plantas: contagem do número de plantas em dois metros por unidade experimental, 15 dias após a semeadura, utilizando-se uma trena. Após, as informações foram convertidas para  $m^2$ .

b) Altura de planta e de inserção da espiga: após o florescimento foi feita a medição da altura final das plantas, do solo até o final da inflorescência masculina (Figura 7A) e também a altura da inserção da espiga (Figura 7B).

c) Avaliações de espiga: quando a cultura estava em fase de maturidade fisiológica foram coletadas espigas de seis metros, contabilizadas, despalhadas e feita contagem do número de fileiras e número de grãos por fileira (fazendo a contagem de três fileiras de cada espiga) (Figura 7C).

d) Produtividade de grãos: foi avaliada na maturação fisiológica do milho, realizando-se a colheita de todas as espigas presentes na área correspondente a 3 linhas centrais x 2 metros ( $2,7 m^2$ ) (Figura 7D). Essas espigas foram trilhadas em trilhadora tratorizada, seguidas de limpeza. Após, com auxílio de balança de precisão determinou-se a massa da amostra (Figura 7E), e a umidade dos grãos, com determinador eletrônico (Figura 7F). Em seguida, a massa da parcela foi convertida para  $kg.ha^{-1}$ .

**Figura 7.** Medição da altura de plantas (A); Medição da altura de inserção de espiga (B); Contagem do número de grãos por espiga (C); Colheita da área de 2,7 m<sup>2</sup> (D); Determinação da massa das amostras (E); Determinação da umidade dos grãos com medidor eletrônico (F).



*Fonte: Autor, 2025*

Os dados coletados foram digitados e organizados em uma planilha eletrônica e posteriormente submetidos à análise de variância conforme o modelo do delineamento experimental e as características que apresentarem significância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) foram submetidos aos procedimentos complementares pelo teste de Scott-Knott. O software utilizado foi o Sisvar (Ferreira, 2011).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções de matéria fresca e seca dos consórcios de plantas de cobertura podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Produção de matéria fresca e matéria seca dos consórcios de plantas de cobertura, sendo: Aveia (Ap); Centeio (C), Ervilha (E); Ervilhaca (Er); Nabo Forrageiro (Nf); Tremoço (T).

Consórcio de plantas de cobertura	Matéria fresca	Matéria seca
	Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )	
E	30861,90 A	5126,25 C
Er	21711,90 B	2909,42 D
T	32497,60 A	4618,15 C
E+Ap+C+Nf	42197,60 A	8925,20 A
Er+Ap+C+Nf	39397,60 A	7071,15 B
T+Ap+C+Nf	35797,60 A	6596,05 B
E+Er+Ap+C+Nf	31497,60 A	5017,90 C
E+T+Ap+C+Nf	29647,60 A	5685,10 C
Er+T+Ap+C+Nf	29897,60 A	4997,42 C
E+Er+T+Ap+C+Nf	32097,60 A	5751,50 C
Ap+C+Nf	32897,60 A	6703,47 B
Ap	23847,60 B	4953,55 C
P (pousio)	14197,60 B	3105,47 D
<b>Médias</b>	30503,64	5496,95
<b>CV (%)</b>	25,83	25,54

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

De acordo com a Tabela 2, pode-se observar que houve diferença entre os tratamentos em ambas as determinações (matéria fresca e seca). Percebe-se que referente à matéria fresca (MF), por meio do teste de comparação de médias usado, os tratamentos foram reunidos em dois grandes grupos: os que produziram mais e os que produziram menos que 23847,6 kg

MF/ha. Menores produção de matéria fresca foram observadas nos tratamentos: Ervilhaca (Er), Aveia preta (Ap) e Pousio (P). Já referente à determinação de matéria seca (MS), a maior média de produção foi observada no tratamento: Ervilha (E) + Aveia preta (AP) + Centeio (C) + Nabo forrageiro (Nf).

Os achados do presente estudo são fundamentados por Balbinot Junior *et al.* (2004) que observaram que em consórcios onde há utilização de poáceas com fabácea e crucífera, o acúmulo de matéria fresca e seca é elevado.

Balbinot Junior *et al.* (2004) mencionam que quando se trata de trabalhos envolvendo plantas de cobertura do solo em rotação de culturas, se avalia unicamente o rendimento final de massa verde e seca de cultivos de espécies isoladas. Os autores comentam a falta de estudos referentes à determinação de curvas de acúmulo de massa em espécies cultivadas isoladamente e sob consórcio que contemplem o cultivo simultâneo de duas ou mais espécies. Perante essa narrativa, conduziram o trabalho, sob a hipótese de que o consórcio de plantas de cobertura produziria maior quantidade de massa em relação aos cultivos isolados, ou seja, seriam mais eficientes. Determinaram o acúmulo de massas fresca e seca da parte aérea e a cobertura do solo proporcionada por culturas de cobertura do solo, cultivadas isoladamente e em consórcios. A conclusão atingida pelos autores foi de que plantas de nabo forrageiro apresentam rápido acúmulo de massa e elevada cobertura do solo desde o início do ciclo de desenvolvimento e, que consórcios de aveia preta + ervilhaca e entre aveia preta + azevém + centeio + ervilhaca + nabo forrageiro conferem elevado acúmulo de massa fresca e seca.

As espécies de Poaceas utilizadas no presente estudo, como o centeio e a aveia preta tiveram um desenvolvimento mais acelerado do que as fabáceas (ervilhaca, a ervilha e tremço) e, a Crucífera nabo forrageiro. A escolha dos consórcios foi assertiva, uma vez que, muitos deles apresentaram plantas com alta relação C/N como por exemplo, o centeio, ficando uma boa palhada remanescente para o milho que veio a ser a cultura sucessora. Pela ampla adaptação a diferentes tipos de solos e condições climáticas, centeio é excepcional opção para cultivo objetivando cobertura de solo. A decomposição do colmo do centeio é mais lenta que a dos demais cereais de inverno, constituindo vantagem para o sistema plantio direto (Nascimento Júnior, *et al.*, 2023). Também, o nabo forrageiro é eficiente na reciclagem de nutrientes do perfil subsuperficial, contribuindo para a disponibilidade de N à cultura seguinte (Wallenhammar *et al.*, 2024). E a ervilhaca ou ervilha que fazem fixação biológica do N atmosférico, nutriente essencial para o milho. Estudos recentes (2024–2025) mostram quantificação de FBN em Ervilhaca (*Vicia sativa*) e discutem variação genética na taxa de fixação; trabalhos clássicos

com N confirmam que vagens/ervilhaca contribuem significativamente com N para a cultura seguinte (López-Román *et al.*, 2025).

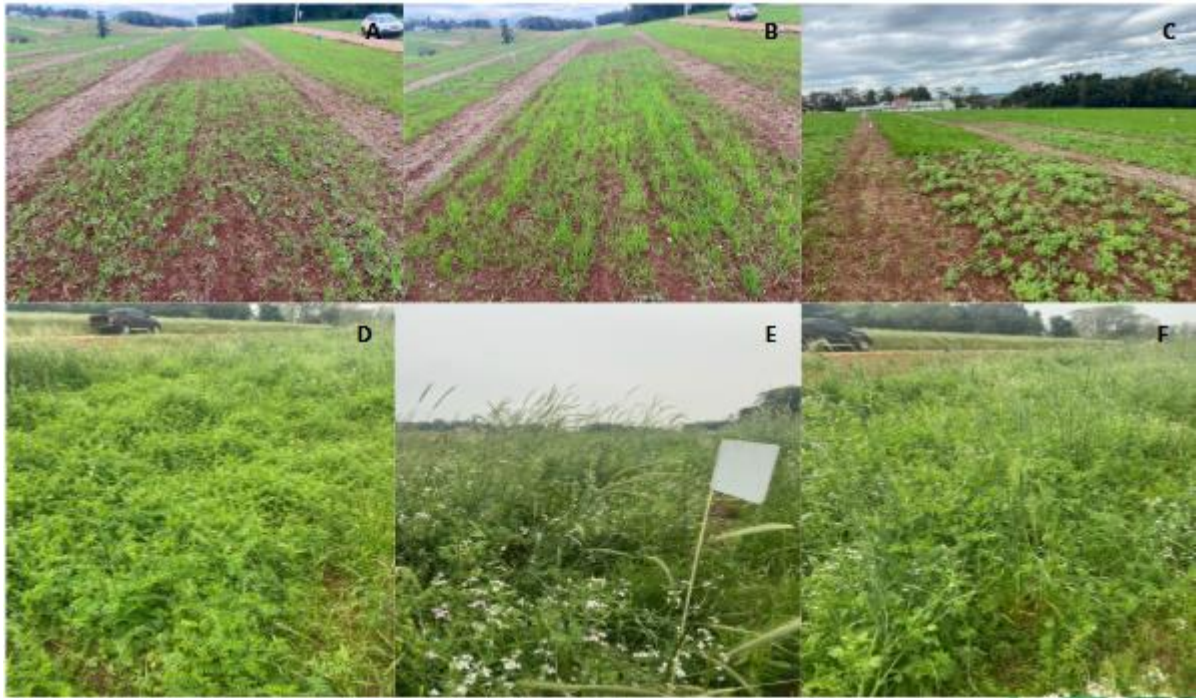
Revisões e estudos experimentais de plantas de cobertura relatam produções de matéria seca muito variáveis por espécie / época / clima, como por exemplo 3 a 12 t ha<sup>-1</sup>, motivo pelo qual as recomendações 4 a 6 t/ha são usadas como meta prática mínima em muitos guias (Borghini, *et al.*, 2021). De maneira geral, resíduos vegetais de leguminosas (como ervilhaca, feijão-guandu, trevo e mucuna) mineralizam mais rápido e liberam mais nitrogênio (N), enquanto resíduos de gramíneas (como aveia-preta, centeio, milho e azevém) demoram mais para decompor, liberando menos N a curto prazo, mas contribuindo mais com carbono (C) e formação de matéria orgânica.

Restos culturais de fabáceas que tem como característica possuir baixa relação C/N (10 - 20), dessa forma, apresentam rápida mineralização, liberando nitrogênio em sincronia com a demanda das culturas em sucessão, como o milho (Coelho França, 2020). Valores médios de fixação biológica de N em *Vicia sativa* (ervilhaca) são reportados em torno de 80–150 kg N ha<sup>-1</sup> (López-Román *et al.*, 2025).

O nabo forrageiro (relação C/N intermediária, de 20 a 30) atua como planta recicladora de nutrientes, absorvendo N mineral de camadas profundas e liberando-o gradualmente durante sua decomposição (Wallenhammar *et al.*, 2024). Sua capacidade de reciclagem de nutrientes é dita por valores de 40–80 kg N ha<sup>-1</sup> (Wallenhammar *et al.*, 2024). Já os resíduos com elevada relação C/N (30 - 60), como os de poáceas, imobilizam temporariamente o nitrogênio, podendo causar deficiência inicial no milho (CQFS-RS/SC, 2016).

Trazendo de maneira complementar, quando semeados tanto os consórcios quanto o milho, a área estava livre de plantas daninhas, fator o qual fez com que durante o estabelecimento dos consórcios de cobertura daninhas não fossem grandes problemas. No entanto, pode-se destacar que nas parcelas de pousio e também de tremoço isolado e aveia preta, houve a presença de azevém. Constantemente o desenvolvimento das plantas foi acompanhado a fim de avaliar visualmente a uniformidade das parcelas, conforme figura 8.

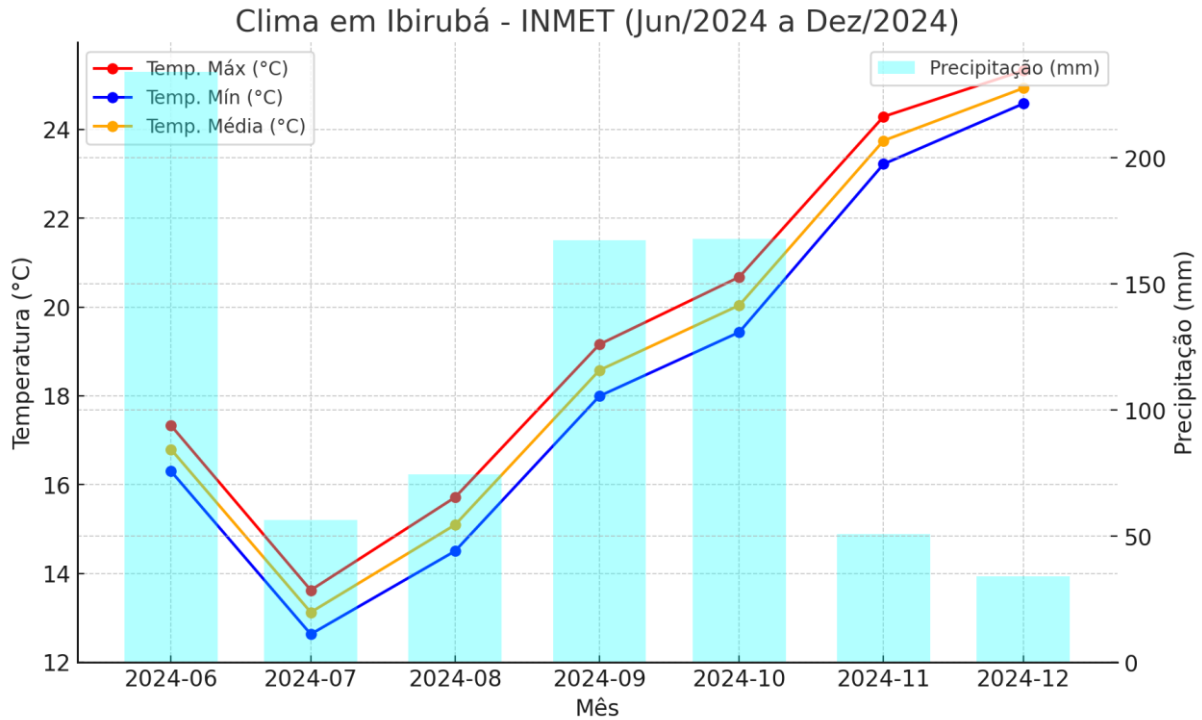
**Figura 8.** Avaliação visual do desenvolvimento das plantas de cobertura no decorrer dos seus ciclos: T5- Ervilhaca + aveia + centeio + nabo (16/06/24) (A); T12 – Aveia (16/06/24) (B); T3- Tremoço (30/06/24) (C); T2 - Ervilhaca (25/09/24) (D); T6- Tremoço + aveia + centeio + nabo (25/09/24) (E) e T9 - Ervilhaca + Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo (25/09/24) (F).



*Fonte: Autor, 2025*

De acordo com os dados climatológicos (Figura 9), nos meses de junho e outubro, onde foram semeadas as plantas de cobertura e o milho, respectivamente, ocorreram os maiores valores de precipitação pluviométrica (mm). Houve bom estabelecimento dos consórcios e plantas de cobertura isoladas, também da cultura do milho.

**Figura 9.** Temperaturas máximas, médias, mínimas e precipitação pluviométrica em Ibirubá/RS no período que o experimento esteve a campo.



Fonte: INMET

A região de Ibirubá–RS está inserida no clima subtropical úmido característico da faixa centro-norte do Rio Grande do Sul, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e temperaturas médias moderadas (Wrege *et al.*, 2012; INMET, 2024a). As séries climatológicas para Ibirubá mostram que o mês mais frio normalmente é julho, com médias mínimas em torno de 10 °C e médias máximas cerca de 19 °C, enquanto o mês mais quente é janeiro, com médias mínimas próximas de 20 °C e máximas em torno de 28 °C, e precipitação em janeiro típica da ordem de ~165 mm (CLIMATEMPO, 2025).

A Figura 11 traz somente os dados de junho a dezembro de 2024, pois as séries completas para o período de junho/2024 a fevereiro/2025 não estão totalmente disponíveis no site do Inmet devido a um erro nos registros da estação de Ibirubá no BDMEP/INMET para o período de janeiro a março de 2025. Houve a tentativa de mesclar dados das estações correspondentes a Cruz Alta e Soledade para obter dados climatológicos, no entanto, não se obteve sucesso, pois estas não efetuaram registro total do período de interesse também.

Considerando esse contexto, pode-se dizer que no inverno de 2024, na região de Ibirubá o solo permaneceu com umidade elevada e temperaturas mais baixas do que na primavera/verão, o que pode ter reduzido o ritmo de crescimento da cobertura verde. Em

contrapartida, a primavera e o início do verão apresentaram temperaturas maiores e chuvas mais irregulares, o que influencia o momento ideal de semeadura e o desempenho da cobertura e da cultura subsequente de milho.

Essas condições climáticas têm implicações diretas para o uso de coberturas de inverno e para o estabelecimento subsequente de milho: em solos frios e com excesso de água ao final da estação fria, a germinação ou crescimento inicial das plantas de cobertura pode se dar de forma retardada; a produção de fitomassa e a fixação de nitrogênio podem ficar condicionadas à boa drenagem, já para o milho, se a palhada da cobertura não se decompõe adequadamente devido ao frio ou excesso de água, a disponibilidade de nutrientes no início do ciclo pode ficar limitada.

No que tange o efeito dos tratamentos (cultura antecessora e fornecimento de N) sobre os componentes de rendimentos da cultura do milho, safra 2024/2025, a influência dos tratamentos sobre as variáveis estão resumidos no quadro de ANOVA (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente ao efeito dos tratamentos plantas de cobertura (A); doses de N (B) e a interação entre eles (A x B) sobre as variáveis Número de plantas por hectare (pl.ha<sup>-1</sup>); Altura aos 50 DAS (H50); Altura final de plantas (Hf/pl); Inserção da espiga (Ie); Espigas por m<sup>2</sup> (Esp/m<sup>2</sup>); Espigas por planta (Esp/pl); Grãos por espiga (Gr/esp) e Rendimento de grãos (rend/gr).

Fonte de variação	GL	Valores de p							
		Pl.ha <sup>-1</sup>	H50	Hf/pl	Ie	Esp/m <sup>2</sup>	Esp/pl	Gr/esp	Rend/gr
<b>Bloco</b>	3	0,000	0,081	0,006	0,0000	0,056	0,165	0,128	0,007
<b>Plantas de cobertura (A)</b>	12	0,824	0,057	0,961	0,038	0,030	0,135	0,411	0,059
<b>Doses de N (B)</b>	1	0,788	0,964	0,398	0,002	0,753	0,817	0,016	0,000
<b>A x B</b>	12	0,838	0,054	0,156	0,512	0,895	0,802	0,875	0,303
<b>Erro</b>	75								
<b>CV (%)</b>		12,49	7,87	4,82	5,35	17,88	22,89	12,79	17,46

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Pode-se perceber (Tabela 4) que as plantas de cobertura apresentaram influência sobre a inserção da espiga e espiga por m<sup>2</sup>; enquanto que a adubação nitrogenada influenciou na inserção da espiga, número de grão por espiga e rendimento de grãos (Tabela). Não foi observada influência do fatorial sobre as variáveis.

Em média, o fator plantas de cobertura apresentou os seguintes valores: 63.678 plantas por hectare; 106,47 cm de altura aos 50 DAS; 219,89 cm de altura final de planta; 0,93 espigas por planta; 624,22 grãos por espiga e 7703,61 kg.ha<sup>-1</sup> rendimento de grãos para o fator dose de nitrogênio, nas demais variáveis analisadas foram obtidos valores médios de: 63.678 plantas

por hectare; 106,47 cm altura 50 DAS; 219, 89 cm altura final de plantas; 0,93 espigas por planta e 5,78 espigas por m<sup>2</sup>. No presente estudo será apresentado a comparação de média das variáveis que mostraram-se alteradas pelo consórcio de plantas de cobertura (Tabela 4) conforme indicação da ANOVA (Tabela da anova).

**Tabela 4.** Altura de inserção da espiga (cm) e número de espiga por m<sup>2</sup> de milho em função do consórcio de plantas de cobertura antecedendo à cultura.

<b>Consórcio de plantas de cobertura</b>	<b>IE, cm</b>	<b>Esp/m<sup>2</sup></b>
<b>E</b>	103,49 A	4,86 A
<b>Er</b>	98,83 A	5,92 A
<b>T</b>	97,48 A	5,65 A
<b>E+Ap+C+Nf</b>	100,90 A	5,64 A
<b>Er+Ap+C+Nf</b>	102,31 A	6,16 A
<b>T+Ap+C+Nf</b>	99,63 A	5,41 A
<b>E+Er+Ap+C+Nf</b>	101,41 A	6,16 A
<b>E+T+Ap+C+Nf</b>	104,36 A	6,02 A
<b>Er+T+Ap+C+Nf</b>	95,72 A	6,11 A
<b>E+Er+T+Ap+C+Nf</b>	102,77 A	6,02 A
<b>Ap+C+Nf</b>	98,37 A	6,06 A
<b>Ap</b>	102,80 A	6,43 A
<b>P (pousio)</b>	97,87 A	4,67 A
<b>Médias</b>	100,46	5,78
<b>CV (%)</b>	5,35	17,88

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%

*Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.*

De acordo com a tabela 4 nota-se que em média a altura de inserção de espiga foi de 100,46 cm. Os tratamentos E+T+Ap+C+Nf e E apresentaram-se 3,88 % e 3,01% acima da

média respectivamente e, quanto a espigas por m<sup>2</sup>, o tratamento Ap demonstrou - se 11,24% acima da média.

A altura de inserção da espiga (AIE) é um dos caracteres morfológicos que merece atenção nos sistemas de produção de milho, pois interage estreitamente com a densidade de plantio, espaçamento entre linhas e o tipo de híbrido. Segundo Marchão *et al.* (2005), em estudo conduzido com diferentes híbridos de milho sob espaçamento de 0,45 m, a AIE apresentou resposta significativa ao aumento da densidade de plantas, evidenciando que densidades elevadas promovem incremento linear na altura da inserção da espiga. Isso ocorre porque, em altas densidades, as plantas competem por luz, o que estimula dominância apical e crescimento vertical, inclusive da espiga, conforme observado no mesmo estudo.

Ainda se tratando da altura de inserção da espiga, Takasu *et al.* (2013), avaliando arranjos de plantas (densidades e espaçamentos) no milho safrinha, mostrou que a redução do espaçamento entre fileiras (0,45 m) elevou tanto a altura da planta quanto a AIE, além de melhorar rendimento (número de grãos por espiga, massa de grãos, produtividade).

Silva *et al.* (2014), realizou estudo que objetivou avaliar o desempenho agrônômico do milho para produção de silagem, cultivado em sucessão a plantas de cobertura, com experimento conduzido em Assis Chateaubriand/PR. Dentre as variáveis analisadas pelos autores, estão a altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro do colmo abaixo e acima da inserção da espiga, no cultivo de milho sobre a palhada de diferentes plantas de cobertura, como aveia; aveia + nabo forrageiro; aveia + tremoço branco; crambe e pousio.

Para Silva *et al.*, não houve diferença significativa para a altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro do colmo, tanto abaixo quanto acima da inserção da espiga e número de espigas por planta. Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo para os aspectos avaliados, tendo influência pela ANOVA, mas não diferiram.

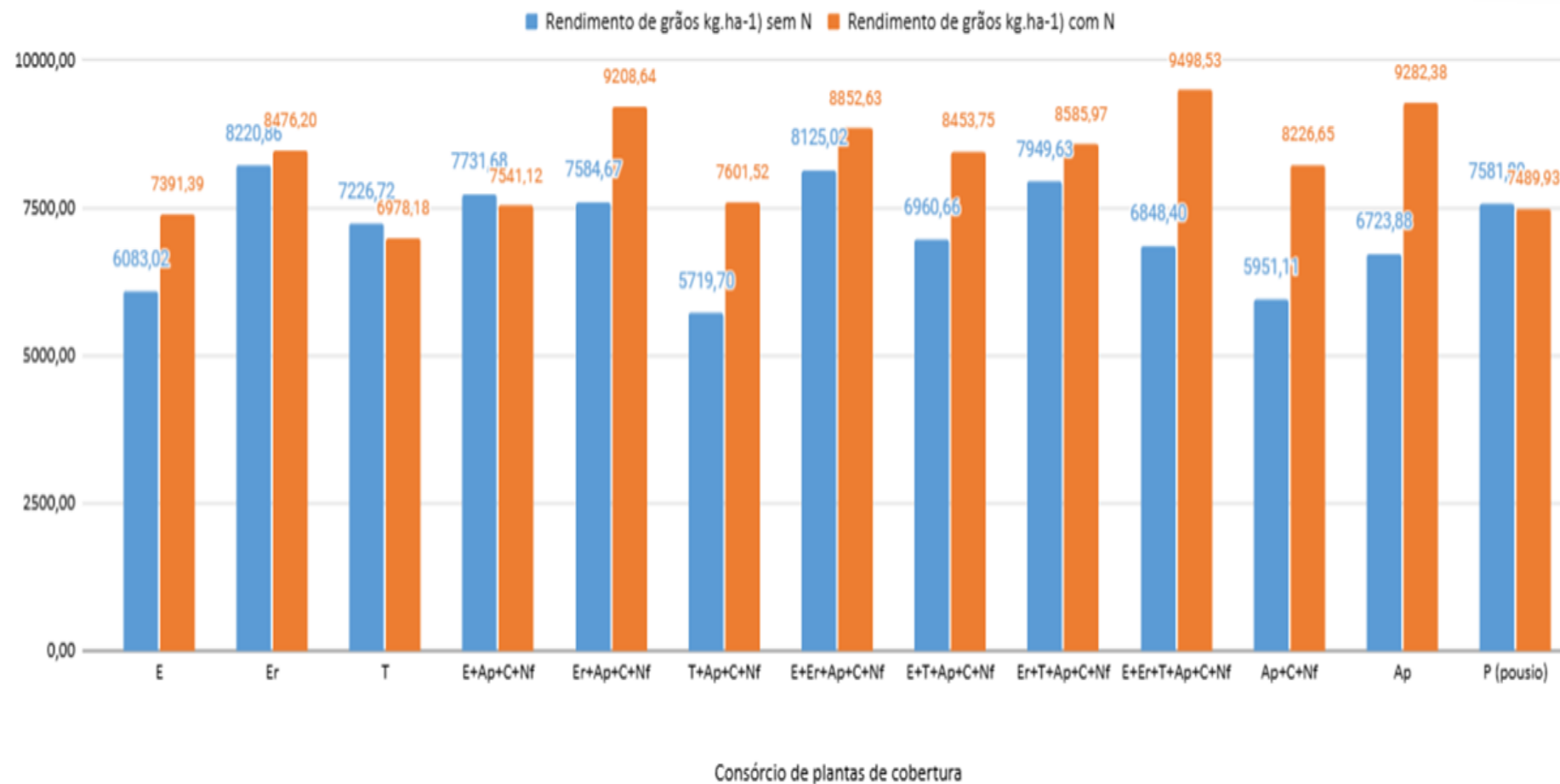
Como conclusão, os autores destacam que a produção de biomassa para silagem do milho cultivado sob a palhada de diferentes plantas de cobertura, não é influenciada de forma significativa, independentemente da espécie utilizada (Silva *et al.*, 2014). Os resultados obtidos neste trabalho mostram que as plantas de cobertura não influenciaram sobre o rendimento de grãos, ainda que alguns tratamentos apresentaram valores maiores.

No que diz respeito aos valores de espigas por m<sup>2</sup> obtidos no trabalho, os valores variaram de 4,67 a 6,43. Para Cardoso, *et al.*, (2010) em seu trabalho que avaliou o rendimento de espigas verde de milho em relação ao espaçamento entre fileiras e a densidade de plantas, os melhores resultados foram obtidos na maior densidade de plantas (6,25 pl/m<sup>2</sup>). Pode-se

comparar a tabela 7 e a figura 12 e notar que os dados obtidos vêm de encontro com o exposto pelo autor.

Com relação aos resultados obtidos quanto a rendimento de grãos (Figura 10), apesar de estatisticamente não apresentarem diferença significativa quanto às diferentes plantas de cobertura que antecederam o milho, numericamente entre a maior e a menor produção a diferença obtida foi de 1.828,21 kg por hectare, o que representa quase 30,5 sacas de milho, analisando somente os diferentes consórcios, sem análise da aplicação ou não do nitrogênio. Conforme pode ser visualizado no gráfico abaixo, fazendo a análise dentro de um mesmo consórcio, como E + Er + Ap + C + Nf, o uso dessas plantas de cobertura, trouxe excelentes rendimentos de grão de milho tanto com aplicação de N quanto sem aplicação de N, superiores às médias gerais apresentadas na sequência na Tabela 5. Vale a ressalva ao tratamento E, que com e sem aplicação de N apresentou elevada produção de milho e, o tratamento Ap como planta de cobertura, que utilizando o nitrogênio no milho que veio como cultura sucessora, a produção foi de aproximadamente 42 sacos por hectare de milho superior em vista da não aplicação.

**Figura 10.** Rendimento de grãos do milho em função de cada consórcio de plantas de cobertura e aplicação ou não de nitrogênio



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Michelon *et al.* (2019) conduziram estudo onde avaliam atributos do solo e produtividade do milho em sucessão a plantas de cobertura de inverno. O objetivo foi avaliar os efeitos das diferentes plantas de cobertura de inverno na fertilidade do solo e produtividade da cultura do milho, em três safras agrícolas de 2011 a 2014. Os tratamentos utilizados pelos autores foram ervilhaca, aveia preta, tremoço azul, nabo forrageiro, azevém e ervilha forrageira cultivadas isoladamente e, também algumas consorciadas: aveia preta + ervilhaca; aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca; aveia preta + nabo forrageiro e uma parcela controle sem plantas de cobertura (pousio). Os autores encontraram efeitos positivos no rendimento da cultura do milho em sucessão a espécies da família Fabaceae.

Giacomini *et al.* (2004), verificaram em três safras consecutivas rendimento 40% maior de grãos de milho quando sucessão a plantas da família Fabaceae, do que aquelas da família Poaceae, justificado pelo aumento na disponibilidade de N no solo e consequente aumento no acúmulo de N na cultura do milho.

O valor mais elevado de rendimento foi constatado no tratamento E+Er+Ap+C+Nf, com 8490 kg ha<sup>-1</sup>. O consórcio de diferentes plantas de cobertura aumenta a possibilidade do manejo do solo ser bem sucedido, pois o uso simultâneo de plantas com diferentes taxas de decomposição, principalmente devido à inclusão de espécies com alto teor de lignina, como a aveia favorece o incremento no teor de MO (Michelon, *et al.*, 2019, apud, Calegari 2008). Assim, ao associar Poaceae e Fabaceae ou Brassicaceae pode-se aumentar a presença de resíduos na superfície do solo, o que beneficia simultaneamente a ciclagem de nutrientes e a acumulação de MO.

Fazendo a análise de dados em relação a aplicação de nitrogênio, em 2006, Kluthcouski, *et al.*, conduzirão um estudo onde avaliou o manejo de nitrogênio nas principais culturas anuais e os impactos que sua antecipação poderia causar, o trabalho foi conduzido no estado de Goiás, no cerrado brasileiro. O autor destaca que muitos são os equívocos cometidos na hora da aplicação desses fertilizantes, especialmente em relação a doses, épocas e métodos de aplicação. Comenta, referenciando Yamada & Abdalla (2000), que o nitrogênio é muito importante para o milho a partir da primeira semana após a emergência das plantas. Nessa fase, o sistema radicular, ainda está se desenvolvendo e já mostra considerável quantidade de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, sendo que a adição de N estimula ainda mais sua proliferação, com o seguinte desenvolvimento da parte aérea. Também nesse estágio tem início o processo de diferenciação floral, o qual dá origem aos primórdios da panícula e da espiga e define o potencial de produção.

Baseado na colocação feita, é bastante comum por parte dos produtores de milho reforçar a adubação nitrogenada no momento da semeadura, fato que não ocorreu no presente trabalho, onde a formulação utilizada na semeadura foi a NPK 2-23-23, com mínima porcentagem de N, objetivando observar se haveria diferença significativa na aplicação ou não do nitrogênio em cobertura. O manejo nitrogenado foi realizado neste experimento conduzido no IFRS - Campus Ibirubá, aplicando um mês após a semeadura do milho, na dose única de 100 kg de N por hectare, o que correspondeu a 222 kg de ureia protegida por hectare, quando a cultura se encontrava no estágio fenológico V6, se houvesse o parcelamento de aplicação poderia ser feita em V4 e V8.

Pode ser observado na tabela abaixo o efeito da aplicação nitrogenada sobre a altura de inserção de espiga, número de grãos por espiga e no rendimento de grãos por hectare.

**Tabela 5** - Relação entre as doses de N e a inserção da espiga (Ie); Grãos por espiga (Gr/esp) e Rendimento de grãos (Rend/gr)

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Ie	Gr/esp	Rend/gr
0	98,42 B	616,72 B	7131,32 B
100	102,5 A	643,37 A	8275,91 A
<b>Média</b>	100,46	624,22	7703,61
<b>CV (%)</b>	5,35	12,79	17,46

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%  
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em relação ao rendimento de grãos, pode se dizer que é a variável mais importante, sendo que o resultado obtido mostra que a aplicação de nitrogênio pode trazer um ganho produtivo de significância, a tabela 5 traz uma média geral do rendimento de grãos com aplicação de N (100 kg.ha<sup>-1</sup>) e sem aplicação, onde a diferença chega a 19 sacos por hectare, aproximadamente 1.140 quilos. Silva, *et al*, (2022) conclui em seu trabalho que, a massa de grãos por espiga e a produtividade são influenciadas pela adubação nitrogenada em cobertura. A máxima produtividade de milho em Latossolo Vermelho-Amarelo franco-arenoso, no Acre, é obtida com a dose de 152,9 kg de N ha<sup>-1</sup> em cobertura.

A adubação nitrogenada se faz necessária e traz resultados, porém, no presente trabalho é possível observar que diferentes consórcios de plantas de cobertura com variabilidade de espécies e um manejo adequado do solo são fatores que por sua vez podem superar os resultados obtidos com a ureia e, se mostrarem muito interessantes se usados em conjunto com o nitrogênio, fazendo uma soma aos ganhos produtivos.

Portanto, um sistema bem manejado, otimizado, faz com que se maximizem os ganhos sem que o investimento seja, em sua totalidade para a obtenção do fertilizante nitrogenado que, em certas regiões o preço da tonelada chega próximo a R\$ 3.000,00.

### 3 CONCLUSÃO

O consórcio de ervilha + aveia preta + centeio + nabo forrageiro produziu a maior quantidade de matéria seca na safra avaliada.

As plantas de cobertura apresentaram influência sobre a inserção da espiga e espiga por m<sup>2</sup>; enquanto que a adubação nitrogenada influenciou na inserção da espiga, número de grãos por espiga e rendimento de grãos.

A repetição do estudo é interessante, com outras condições climáticas, em outro ano agrícola. O milho está novamente na área experimental na safra 25/26 onde será mais uma vez avaliado sobre os mesmos consórcios de plantas de cobertura de inverno, para observar se os mesmos resultados serão obtidos ou se irão diferir dos encontrados na safra 24/25.

## REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, E. A. **Avaliação da dinâmica do nitrogênio do solo em sistema de plantio direto e convencional em função da forma de aplicação da adubação nitrogenada.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA, 15., 2011, Belém. Anais... Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/899695/1/EdwinAlmeidaAssuncaoorigido.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2025.
- ALBUQUERQUE, A. W. et al. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 721–728, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/jLVVbjmZSrmywzC6W5gv9kv/>. Acesso em: 9 nov. 2025.
- ALCÂNTARA, F. A. et al. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277–288, 2000.
- ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. **Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 19, p. 127–132, 1995.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A. et al. **Desempenho de plantas invernais na produção de massa e cobertura do solo sob cultivos isolados e em consórcios.** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 3, n. 1, p. 38–42, 2004.
- BELLIDO, L. L. **Cultivos herbáceos: cereales.** Madrid: Mundi-Prensa, 1991. v. 1, 539 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BORGHI, E. et al. **Avaliação agrônômica de plantas de cobertura para o sistema plantio direto de soja na região Central de Minas Gerais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 229). Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>. Acesso em: 12 nov. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA, 2009. 398 p.
- BRIEGER, F. G. et al. **Races of maize in Brazil and other eastern South American countries.** Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1958. 593 p. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87208486/PDF>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- BUCKLER, E. S.; STEVENS, N. M. **Maize origins, domestication, and selection.** In: TUBEROSA, R.; PHILLIPS, R. L.; GALE, M. (ed.). *Proceedings of the International Congress The Genetics and Genomics of Maize*. Bologna: Springer, 2005. p. 1–14.
- CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1990. 37 p. (Boletim Técnico, 35).
- CARDOSO, M. J. et al. **Rendimento de espigas verdes de milho em relação ao espaçamento entre fileiras e à densidade de plantas.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.

28, n. 2, supl., p. S1432–S1435, 2010. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/859814/1/MiltonCBO2010A2778T4458Comp.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.

CLIMATEMPO. **Climatologia – Ibirubá (RS)**. 2025. Disponível em:

<https://www.climatempo.com.br/climatologia/2983/ibiruba-rs>. Acesso em: 31 out. 2025.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed.

Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul, 2016. Disponível em:

[https://www.sbcnsrs.org.br/docs/Manual\\_de\\_Calagem\\_e\\_Adubacao\\_para\\_os\\_Estados\\_do\\_RS\\_e\\_de\\_SC-2016.pdf](https://www.sbcnsrs.org.br/docs/Manual_de_Calagem_e_Adubacao_para_os_Estados_do_RS_e_de_SC-2016.pdf). Acesso em: 10 nov. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra de grãos 2024/25 é estimada pela Conab em 350,2 milhões de toneladas**. Brasília: Conab, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias>. Acesso em: 5 nov. 2025.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161–168, 2005.

DEMETRIO, T. **Efeito da adubação nitrogenada combinada com aveia preta e ervilha forrageira como plantas de cobertura**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. **Sistema de plantio direto**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1101765/1/Sistemaplantio.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2025.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FAO. **FAO production yearbook**. Rome: FAO, 2013.

FAO. **FAO statistical yearbook**. Rome: FAO Statistics Division, 2019. Disponível em:

<https://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 8 jul. 2024.

FORNASIERI FILHO, D. et al. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 574 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/110133>. Acesso em: 17 jul. 2024.

GIACOMINI, S. J. **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*, Viçosa, 2003.

GIACOMINI, S. J. et al. **Consortiação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II – nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, p. 751–762, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Gq3rsMgCy5fNwYvCpSVZhfr/>. Acesso em: 27 out. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP).** Brasília: INMET, 2025. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 31 out. 2025.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Manejo antecipado de nitrogênio nas principais culturas anuais.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 64 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/214909/1/doc188.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

LIMA, E. do V. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e à calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta.** 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/940dfc7e-00bd-4661-b4e5-c7e234a9b63e/content>. Acesso em: 25 jul. 2024.

LÓPEZ-ROMÁN, M. I. et al. **Optimizing nitrogen fixation in *Vicia sativa*: the role of host genetic diversity.** *Agronomy*, Basel, v. 15, n. 6, p. 1479, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/15/6/1479>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 17 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/243576/1/COL20003.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2024.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748755/1/Milho-Ecofisiologia.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2025.

MARCHÃO, R. L. et al. **Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93–101, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77641/1/marchao-01.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2025.

MICHELON, C. J. et al. **Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 18, n. 2, p. 230–239, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/download/9872/pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó: Edição do autor, 1991. 336 p.

MUZILLI, O. et al. **Adubação nitrogenada em milho no Paraná.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 23–27, 1983.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. do et al. **Cultivo de centeio**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2023. 21 p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155365/1/Cultivo-de-Centeio.pdf>.

Acesso em: 21 jul. 2023.

OLIVEIRA, P. de et al. **Sistema Santa Brígida: tecnologia Embrapa – consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2010. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/888019/1/circ88.pdf>. Acesso em: 9

nov. 2025.

PAULETTI, V. **A importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo**.

In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 3., 1999, Cruz Alta. Palestras... Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 56–66.

PITOL, C. **A cultura da aveia no Mato Grosso do Sul**. Maracaju: COTRIJUI, 1988. 34 p. (Boletim Técnico, 2).

RESENDE, Á. V. **O sistema plantio direto proporciona maior eficiência no uso de fertilizantes**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23 p. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/908228/1/doc118.pdf>. Acesso em: 9

nov. 2025.

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*, Viçosa, v. 27, p. 355–362, 2003.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SILVA, K. F. da et al. **Desempenho agronômico do milho para produção de silagem cultivado em sucessão a plantas de cobertura**. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 3, p. 210–218, 2014. Disponível em: [https://e-](https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7331)

[revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7331](https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7331). Acesso em: 15 jun. 2025.

SILVA, R. F. da; SILVA, V. R. da; FRANZONI, J. A. **Desempenho produtivo do milho em resposta às adubações nitrogenada e potássica em cobertura no Acre**. Rio Branco: Embrapa, 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1145986)

[/publicacao/1145986](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1145986). Acesso em: 25 nov. 2025.

SOUZA, C. A. et al. **Exigências edafoclimáticas e manejo do solo para o cultivo do milho**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 18, n. 3, p. 489–501, 2019.

TAKASU, A. T. et al. **Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas**. *Agrarian*, Dourados, v. 6, n. 22, p. 302–313, 2013. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/2270/>. Acesso em: 26 nov.

2025.

WALLENHAMMAR, A. C. et al. **Susceptibility of oilseed radish (*Raphanus sativus* subsp. *oleiferus*)**. *Scientific Reports*, London, 2024. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11434798/>. Acesso em: 12 nov. 2025.

WREGGE, M. S. et al. **Atlas climático da Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2012.

## ANEXOS

## Anexo I

Croqui experimento milho - plantas de cobertura x N

Estrada																										
B1	T6		T2		T7		T9		T8		T1		T11		T4		T10		T13		T5		T12		T3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
B2	T3		T11		T9		T5		T10		T13		T4		T2		T8		T1		T6		T12		T7	
	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27
B3	T10		T2		T13		T7		T9		T6		T1		T8		T3		T4		T11		T12		T5	
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
B4	T11		T8		T5		T12		T6		T10		T7		T3		T9		T13		T2		T4		T1	
	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79

Com N	T1- Ervilha T2 - Ervilhaca T3 – Tremoço	U.E. 8m x 4m Plantas de coberturas	U.E. 4m x 3,15m Milho
Sem N	T4 – Ervilha + Aveia + Centeio + Nabo T5 - Ervilhaca + Aveia + Centeio + Nabo T6 - Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo T7 – Ervilha + Ervilhaca + Aveia + Centeio + Nabo T8 - Ervilha + Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo T9 - Ervilhaca + Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo T10 - Ervilha + Ervilhaca + Tremoço + Aveia + Centeio + Nabo T11 - Aveia + Centeio + Nabo T12- Aveia T13 – Pousio		