

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE AGRONOMIA**

Alexandre Wahlbrinck Volz

**PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) EM  
FUNÇÃO DE DIFERENTES CULTURAS ANTECESSORAS E  
FONTES NITROGENADAS**

Frederico Westphalen, RS

2022

**Alexandre Wahlbrinck Volz**

**PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) EM  
FUNÇÃO DE DIFERENTES CULTURAS ANTECESSORAS E  
FONTES NITROGENADAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Santa Maria, *campus* Frederico  
Westphalen (UFSM, RS), como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Engenheiro Agrônomo.**

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luis Santi

Frederico Westphalen, RS

2022

**Alexandre Wahlbrinck Volz**

**PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) EM FUNÇÃO DE  
DIFERENTES CULTURAS ANTECESSORAS E FONTES NITROGENADAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo.**

**Aprovado em 15 de Julho de 2022:**

---

**Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Diecson Ruy Orlosin da Silva, Dr. (UFSM)**

---

**Caroline Montanari Giraldi, Mestranda (UFSM)**

Frederico Westphalen, RS

2022

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão deste trabalho só foi possível devido a colaboração de diversas pessoas com apoio, paciência, e compreensão ao longo desta trajetória. A partir deste trabalho, surgirá uma nova trajetória, a qual trará novos desafios e dificuldades para mim ao longo do tempo, mas sei que boas pessoas entrarão no meu caminho para tornar essa nova jornada menos árdua, assim como as que estiveram junto comigo neste período, e é a elas que eu dedico toda minha gratidão.

Agradeço a Deus por sempre estar presente na minha vida, me guiando durante a trajetória da graduação do curso.

Agradeço a toda a minha família, minha mãe, Lovani Volz, meu padrasto, Gerson Schwade, e aos meus irmãos, Kamile Wahlbrinck, Poliana Volz, Arthur Schwade e Renan Schwade por sempre estarem me apoiando nos momentos bons e nos difíceis que ocorreram no período da graduação, sem a ajuda deles nada seria possível.

Aos meus amigos Eduardo Manfio, Gabriel Pasinato e Henrique Santi que estiveram presentes desde o primeiro semestre da graduação, e que ajudaram a tornar esta jornada menos árdua e difícil.

Ao professor Antônio Luis Santi, que além de aceitar ser meu orientador neste trabalho também é o coordenador do LAPSul, o qual me acolheu como membro desde o primeiro semestre da graduação, e que me proporcionou participar de eventos com palestrantes internacionais, e conhecer o lado de quem faz a pesquisa dentro das universidades brasileiras.

A Universidade Federal de Santa Maria – campus de Frederico Westphalen, aos seus docentes, direção, administração e aos demais funcionários que trabalham com dedicação e empenho em prol do ensino superior de qualidade ali ofertado.

## RESUMO

### **PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CULTURAS ANTECESSORAS E FONTES NITROGENADAS**

AUTOR: Alexandre Wahlbrinck Volz  
ORIENTADOR: Antônio Luís Santi

O milho (*Zea mays*) é uma cultura de grande importância, sendo que no Brasil são cultivados cerca de 20.895,6 mil hectares com uma produção estimada de 112.342,8 mil toneladas, sendo assim, o cereal mais cultivado do país. A uréia é o principal fertilizante nitrogenado utilizado mundialmente, porém apresenta perdas consideráveis por volatilização e lixiviação de nitrato, não sendo totalmente aproveitado pelas plantas. O solo manejado da forma incorreta acarreta na exaustão de suas reservas orgânicas e minerais, transformando desta forma solos com bom potencial de produção em solos e baixa fertilidade, desta forma, as plantas de cobertura atuam como melhoradoras das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo. Neste estudo objetivou-se avaliar a influência de plantas de cobertura de forma solteira e consorciadas e de uma fonte de nitrogênio convencional e uma protegida sobre alguns componentes de rendimento e produtividade do milho. Foram semeadas plantas de cobertura durante o inverno de 2020 em pré-safra ao cultivo do milho na safra 20/21, para avaliar posteriormente os componentes de rendimento de diâmetro de espiga, comprimento de espiga, número de fileiras na espiga, número de grãos na fileira e a produtividade do milho, sobre sete diferentes plantas de cobertura e de uma fonte protegida e outra convencional de nitrogênio (N). O delineamento utilizado foi o de faixas subdivididas com 14 repetições, onde cada repetição com plantas de cobertura foi subdividida em duas, para a avaliação de duas fontes de N. As plantas de cobertura eram compostas pelas parcelas solteiras de aveia preta, nabo, azevém, e os consórcios de coberturas 1 (aveia preta + nabo + centeio), consórcio 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio), consórcio 3 (nabo + centeio + ervilhaca) e consórcio 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo). A fonte de N convencional utilizada foi a uréia, enquanto a fonte protegida foi a Unera. As plantas de cobertura têm influência direta sobre os componentes e a produtividade da cultura do milho. A fonte de N protegida (Unera) apresentou resultados semelhantes a fonte de N convencional (uréia).

Palavras chave: Plantas de cobertura. Milho. *Zea mays*. Fontes de nitrogênio.

## ABSTRACT

### PRODUCTIVITY OF CORN (*Zea mays*) CULTURE AS A FUNCTION OF DIFFERENT PRECEDENT CROPS AND NITROGEN SOURCES

AUTHOR: Alexandre Wahlbrinck Volz

ADVISOR: Antônio Luís Santi

Corn (*Zea mays*) is a crop of great importance, and in Brazil about 20,895.6 thousand hectares are cultivated with an estimated production of 112,342.8 thousand tons, thus being the most cultivated cereal in the country. Urea is the main nitrogen fertilizer used widely, however it presents all the considerable characteristics by volatilization and nitrate leaching, not being used by the plants. Soil managed in the way designed to realize them, as potential soil production plants, transforming them into natural plants and taking advantage of them as potential soil production plants and cultivated plants, such as biological plants and productive plants, designed to improve the form of soil reserves, such as production plants, biological plants and cultivated plants. . In this study, the objective of this study was the influence of single cover crops and an adequate source of conventional food and a protection on yield components and maize productivity. Coverage was sown during the winter of 2020 in pre-harvest when evaluating corn in the 20/21 crop, for later the components of ear length diameter, ear length, number of extensions on the ear, number of grains on the ear, number of grain tolerance and corn yield, on seven different cover crops and a protected and a conventional source of nitrogen (N). The design used was that of subdivided strips with 14 plants of plants from two sources, each repetition with cover was subdivided into two, for a cover they were for the single plots of black oat, turnip, ryegrass, and the intercropping of covers 1 (black oat + turnip + rye), intercrop 2 (white oat + vetch + rye), intercrop 3 (turnip + rye + vetch) and intercrop 4 (white oat + vetch + turnip). The conventional N source used was urea, as a protected source of Unera. Cover crops have a direct influence on the components and productivity of the maize crop. A protected N source (Unera) showed similar results to a conventional N source (urea).

Keywords: Cover crops. Corn. *Zea mays*. Nitrogen sources.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
3.1 A CULTURA DO MILHO ( <i>Zea mays</i> ).....	11
3.2 NITROGÊNIO.....	11
<b>3.2.1 Perdas por volatilização .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2.2 Perdas por nitrificação.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2.3 Perdas por lixiviação .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.4 Imobilização do nitrogênio .....</b>	<b>13</b>
3.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO .....	13
3.4 PLANTAS DE COBERTURA.....	14
<b>3.4.1 Aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.) .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4.2 Nabo Forrageiro (<i>Raphanus sativus</i> L.).....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.3 Centeio (<i>Secale cereale</i>).....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.4 Ervilhaca Comum (<i>Vicia sativa</i> L.) .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.5 Aveia Branca (<i>Avena sativa</i> L.).....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.6 Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>).....</b>	<b>16</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>20</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande importância, sendo que no Brasil são cultivados cerca de 20.895,6 mil hectares com uma produção estimada de 112.342,8 mil toneladas, sendo assim, o cereal mais cultivado do país, e que apenas no estado do Rio Grande do Sul são cultivados cerca de 824,1 mil hectares, produzindo cerca de 2.984,1 mil toneladas do grão, representando cerca de 3,94% da área plantada e 2,85% da produção do país (CONAB, 2022).

Entre alguns sistemas de manejo do solo que vem sendo difundidos na agricultura, está o plantio direto, que visa a proteção do solo através do acúmulo de material vegetal em sua superfície, abolindo do sistema algumas operações de preparo do solo como a gradagem, aração, subsolagem e escarificação, para que então seja semeada a cultura seguinte, porém o mesmo não deve ser visto como uma receita única e universal, devendo-se realizar adaptações locais. (BERTIN et al., 2005).

O uso do termo plantas de cobertura começou a ser mais utilizado a partir de 1980, pois o termo comumente utilizado era adubação verde, mas que visava a incorporação dos resíduos vegetais ao solo, sendo essa uma das premissas que o plantio direto visava abolir. Desta forma, as plantas de cobertura englobam desde o uso de espécies de leguminosas, gramíneas, crucíferas e entre outras para o uso no sistema plantio direto, almejando a formação de uma camada de palha sob o solo visando a sua proteção, pois desta forma se diminui os efeitos negativos da erosão, e reduzir os impactos das gotas de chuvas, que desagregam e arrastam as partículas de solo iniciando o processo erosivo (WUTKE et al., 2014).

Os consórcios de espécies de plantas de cobertura devem, além de proteger o solo e de adicionar nitrogênio, proporcionar uma produção de massa seca (MS) cuja relação carbono/nitrogênio (C/N) seja intermediária à aquelas das espécies em cultivos isolados, e com isso obtendo uma taxa de decomposição dos resíduos culturais menor que com leguminosas ou com nabo, e proporcionando uma cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de nitrogênio pelas culturas comerciais (GIACOMINI et al., 2003).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes no solo e um dos mais requeridos pelas plantas cultivadas, contudo, a uréia que é a fonte de nitrogênio mais empregada no

Brasil apresenta algumas desvantagens, como a possibilidade de perdas de nitrogênio por volatilização de amônia  $\text{NH}_3$ , e perdas por lixiviação. (CANTARELLA, 2007).

A uréia convencional, quando aplicada em superfície, pode apresentar perdas importantes por volatilização de nitrogênio, reduzindo sua eficiência. Uma forma de reduzir essas perdas é recobrir ou incorporar aditivos à uréia, como por exemplo, inibidores de urease e de nitrificação ou o recobrimento dos grânulos com coberturas físicas proporcionando menor solubilidade conferindo uma estabilidade temporária ao produto. (SBCS, 2016).

A Unera é um fertilizante nitrogenado granulado, revestido com carbono orgânico e estimulantes biológicos, que aumentam a atividade microbiana ao redor do grânulo, melhorando a eficiência no uso dos fertilizantes aplicados. A Unera possui proteção física, química e biológica, diminuindo as perdas de nitrogênio por volatilização em solos secos e por lixiviação em solos com alto teor de umidade, possuindo uma concentração de 45% de nitrogênio em sua composição (ZARCOS Fertilizantes, 2022).

Da mesma forma que se buscam por plantas de cobertura com relação C/N equilibrada, o uso de fertilizantes nitrogenados que possam oferecer alguma forma de proteção as perdas de nitrogênio ao ambiente e liberação gradual, podem contribuir positivamente as plantas pois irão fornecer nitrogênio ao longo do ciclo da cultura ao invés de todo este nutriente ficar disponível logo após a aplicação do mesmo. Esta liberação gradual do nitrogênio pode contribuir para que o mesmo não sofra a ação de enzimas como a urease e microrganismos que possam imobiliza-lo, aumentando as perdas ou tornando o mesmo temporariamente indisponível para a cultura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a resposta de duas diferentes formulações de fertilizantes nitrogenados associados com os cultivos anteriores de diferentes plantas de cobertura de inverno na produtividade da cultura do milho.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Quantificar a influência de diferentes plantas de cobertura sobre a produtividade da cultura do milho.

Avaliar a influência de uma fonte nitrogenada convencional e uma protegida sobre a produtividade da cultura do milho.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A CULTURA DO MILHO (*Zea mays*)

A cultura do milho é um produto fundamental para a agricultura brasileira, sendo cultivado em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários, abrangendo todas as regiões do país, sendo que apenas nas últimas décadas a cultura passou por transformações profundas, deixando de ser cultivado apenas por pequenos produtores como cultura de subsistência, para o aumento no seu papel de agricultura comercial eficiente (CONTINI et al., 2019). Devido as suas características fisiológicas, a cultura do milho tem potencial para altas produtividades, sendo que no Brasil já foram obtidas produtividades superiores a 16 t/ha<sup>-1</sup> em concursos de produtividade de milho conduzidas por órgãos de assistência técnica, extensão rural e por empresas produtoras de sementes (EMBRAPA, 2010).

#### 3.2 NITROGÊNIO

Vários compostos bioquímicos importantes presentes nas células vegetais possuem nitrogênio, sendo encontrado nos nucleotídeos e nos aminoácidos que formam as estruturas dos ácidos nucleicos e das proteínas. Nas plantas, apenas os elementos como o oxigênio (O), carbono (C), e o hidrogênio (H) são mais abundantes que o nitrogênio (N). Na maioria dos ecossistemas naturais e agrários fertilizados com N apresentam um ganho expressivo na produtividade, atestando a importância deste elemento e o fato de que ele está presente em quantidade abaixo do ideal no solo (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de N quase sempre é um fator limitante, influenciando o crescimento das plantas mais do que qualquer outro nutriente, e devido a isso, este nutriente vem sendo amplamente estudado, visando o aumento da eficiência do seu uso e maneiras de diminuir suas perdas no solo, já que normalmente menos de 50% do N aplicado como fertilizante é de fato utilizado pelas culturas (BREDEMEIER et al., 2000).

As perdas de N no solo são devido aos inúmeros processos aos quais o mesmo está sujeito a sofrer, sendo que este nutriente é perdido principalmente pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e outros óxidos de N (ANGHINONI, 1986).

As duas fontes nitrogenadas utilizadas neste trabalho foram a uréia e a Unera, sendo que a uréia tem uma alta concentração de N (45%), que proporciona um bom custo benefício para seu uso e apresenta rápida absorção pelas plantas, sendo o fertilizante nitrogenado mais utilizado, aplicado normalmente em gramíneas, pastagens, milho, trigo, etc., enquanto a Unera também possui uma alta concentração de N (45%), porém apresenta proteção química, física e biológica, diminuindo suas perdas por volatilização e lixiviação para o ambiente.



Imagem: Uréia (a esquerda), e Unera (a direita).

Fonte: BRFétil e Zarcos Fertilizantes.

### 3.2.1 Perdas por volatilização

A volatilização é a perda de nitrogênio na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ), que pode ocasionar uma baixa eficiência na utilização de fertilizantes nitrogenados, sendo que esta amônia pode ser perdida por volatilização proveniente tanto do fertilizante aplicado quando da mineralização da matéria orgânica presente no solo. A uréia, quando aplicada na superfície do solo, é hidrolisada pela ação da enzima urease consumindo íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) e provocando o aumento localizado do pH do solo, sendo que este aumento transitório do pH altera o equilíbrio entre o amônio e a amônia no solo, e quanto maior o pH na zona de aplicação, maior o potencial de volatilização da amônia (VIEIRA, 2017).

### 3.2.2 Perdas por nitrificação

A nitrificação nada mais é do que um processo de oxidação do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) para nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), e subsequentemente, para nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo realizado por microrganismos quimioautotróficos, que obtém o C do  $\text{CO}_2$  e a energia da oxidação química para a síntese de seus constituintes celulares (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O uso dos inibidores de nitrificação, além de promover uma menor perda de N por lixiviação, também pode ser usado para reduzir o acúmulo de nitrato nas plantas, principalmente as de consumo *in natura* (IRIGOYEN et al. 2006).

### 3.2.3 Perdas por lixiviação

As perdas do N por lixiviação ocorrem quando a perlocação do elemento se dá através de fluxo de água no perfil do solo a uma profundidade além daquela explorada pelo sistema radicular da planta, tendo como consequência a diminuição da eficiência da adubação e contaminação do lençol freático. O N lixiviado se encontra quase que exclusivamente na forma de  $\text{NO}_3^-$  (SOUTHWICK et al., 1995).

### 3.2.4 Imobilização do nitrogênio

A imobilização do nitrogênio é definida como a transformação do N inorgânico ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) em N orgânico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O N é absorvido pelas plantas e microrganismos tanto na forma reduzida ( $\text{NH}_4^+$ ) como na forma oxidada ( $\text{NO}_3^-$ ). Para que este nitrato seja utilizado, ele primeiro deve ser reduzido dentro da célula, e é um processo que requer energia, que faz com que o  $\text{NH}_4^+$  seja preferencialmente absorvido pelos microrganismos (VIEIRA, 2017).

A predominância do processo de imobilização ou mineralização depende da relação C/N dos constituintes orgânicos do solo, sendo que os resíduos com relação C/N maiores promovem a imobilização de N, enquanto a relação C/N abaixo de 20 frequentemente levam ao aumento dos níveis de N mineral no solo (VIEIRA, 2017).

## 3.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO

No Brasil, o estabelecimento do primeiro sistema plantio direto (SPD), como sistema sem revolvimento do solo, ocorreu em 1972, realizado pelo agricultor Herbert Bartz em Rolândia, no norte do Paraná (CASÃO JUNIOR et al., 2012). Posteriormente o sistema foi difundido em Cornélio Procópio e Campo Mourão, espalhando-se pela região dos Campos Gerais e outras regiões do estado e do Brasil, consolidando a adoção desta importante estratégia para a conservação do solo e incremento de produtividade (MELLO et al., 2008).

Estimativas demonstram que no Brasil, a área no sistema de plantio direto ultrapassa os 33 milhões de hectares até o ano de 2018 (FEBRAPDP, 2021).

Conforme foi ocorrendo a substituição do preparo convencional do solo pelo uso do SPD, juntamente com a expansão deste manejo conservacionista, houve o aumento no interesse pelas plantas de cobertura, devido principalmente, aos benefícios proporcionados em relação ao controle da erosão hídrica, além de resultar na melhoria dos atributos de qualidade do solo (TRABUCO, 2008). No entanto, vencida a fase inicial de implantação desse sistema, percebe-se atualmente uma menor preocupação com sistemas de manejo que integrem o uso de plantas de cobertura (FEBRAPDP, 2010).

### 3.4 PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura estão sendo utilizadas como uma alternativa de diversificação de sistemas de cultivos anuais, semiperenes e perenes nas diferentes regiões do Brasil, e diante da diversidade das condições edafoclimáticas encontradas no país e de diferentes manejos encontrados de norte a sul, faz com que tenha uma ampla variedade de plantas de cobertura que possam ser cultivadas em diferentes épocas do ano agrícola. Além disso, estas plantas podem ser cultivadas tanto solteiras com uma única espécie, como em consórcios ou mixes de duas ou mais espécies (CHERUBIN et al. 2022).

O uso de consórcios com gramíneas e leguminosas é benéfico e recomendável, pois a decomposição lenta dos resíduos das gramíneas pode determinar a formação de uma cobertura com características favoráveis a proteção do solo, e também para a nutrição do milho, proporcionado pelo maior aporte de N através das leguminosas (BORTOLINI et al. 2000).

#### 3.4.1 Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.)

Pertencente à família das gramíneas (Poaceae), a aveia tem como centros de origem a Ásia e Europa. Possui ciclo anual, com desenvolvimento uniforme e bom perfilhamento (KICHEL e MIRANDA, 2000). De forma geral, essa gramínea é utilizada para produção de grãos destinados a alimentação animal, como forrageira para pastagem, silagem e feno, e rotineiramente, como planta de cobertura, oferecendo rápida cobertura do solo (BURLE et

al., 2006). É uma espécie de outono/inverno, amplamente difundida na região Sul do Brasil (DERPSCH e CALEGARI, 1985).

#### **3.4.2 Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus* L.)**

Pertencente à família das brássicas (Brassicaceae), originário do Sul da Europa, o nabo forrageiro é uma planta anual, herbácea, ereta, muito ramificada, dotada de pelos ásperos. Seu sistema radicular é pivotante e profundo, em alguns casos, com raiz tuberosa (DERPSCH e CALEGARI, 1992; BURLE et al., 2006). Uma das suas principais características é a elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente N e fósforo, contribuindo para o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo (BURLE et al., 2006; GIACOMINI et al., 2004; CALEGARI, 2004).

#### **3.4.3 Centeio (*Secale cereale*)**

Pertencente à família das gramíneas, o centeio é uma planta anual com sistema radicular fasciculado, hábito de crescimento cespitoso, colmos cilíndricos eretos e glabros. O seu cultivo é uma boa opção para o inverno brasileiro, pois em relação aos outros cereais cultivados na mesma época, o centeio destaca-se pela rusticidade e capacidade de adaptação em condições de ambiente menos favoráveis. Sua palhada em cobertura, contribui para manter a matéria orgânica, reduzir perdas de solo por erosão e intensificar a penetração e retenção de água no solo (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2006).

#### **3.4.4 Ervilhaca Comum (*Vicia sativa* L.)**

As raízes da ervilhaca comum são profundas e ramificadas, possui bom potencial de crescimento e eficiência na cobertura de solo, dessa forma é considerada melhoradora dos solos agrícolas. Apresentando bom desenvolvimento em solos já corrigidos e sem problemas com acidez. Espécie de ciclo longo, com estágio de florescimento ocorrendo aos 100 a 130 dias, após a semeadura. Seu cultivo é recomendado em rotação de culturas, principalmente antecedendo o milho, devido ao potencial de aporte de N ao solo (80 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N), mas também pode ser antecessora a cultivos de soja, arroz, sorgo, entre outras. Devido à característica da baixa relação C/N das leguminosas, a velocidade de decomposição e

liberação de N dos resíduos é bastante rápida, comparada a outras espécies de cobertura do solo, tais como as gramíneas (CALEGARI, 2004).

#### **3.4.5 Aveia Branca (*Avena sativa* L.)**

A aveia branca (*Avena sativa* (L)) é umas das principais culturas de inverno da região sul do Brasil, sendo somente no Rio Grande do Sul uma área de dois milhões de hectares, utilizado tanto para a cobertura do solo, quanto na interação lavoura-pecuária (EMBRAPA, 2016). Utilizada como cobertura morta, a aveia branca é uma boa alternativa no manejo de espécies plantas de daninhas, sendo muitas vezes utilizada em substituição aos herbicidas. No Brasil estão registradas mais de cinquenta cultivares de aveia branca e cerca de nove cultivares de aveia preta, sendo que o efeito alelopático depende do genótipo, podendo assim selecionar cultivares com maior ou menor efeito sobre outras plantas (HAGEMANN et al., 2010).

#### **3.4.6 Azevém (*Lolium multiflorum*)**

O azevém possui características de cultivo anual, sendo principalmente utilizada como forrageira e como planta de cobertura em pomares e lavouras em sistema de plantio direto (GALVAN et al., 2010), por ser uma planta que apresenta rusticidade e capacidade de perfilhamento com excelente cobertura do solo, porém com crescimento inicial mais lento em relação à aveia (BITTENCOURT, 2008).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2020/2021, no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil, (27°23'26''S, 53°25'43''W e 481 metros de altitude), na área experimental da UFSM-FW. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al. 2013). O clima é caracterizado como Cfa, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al. 2013).

A análise de solo realizada na área de condução do experimento no período anterior a semeadura das plantas de cobertura demonstrou que a mesma tem as seguintes características químicas: argila 50%; pH H<sub>2</sub>O 5,9, índice SMP 6,0; matéria orgânica 3,5%, fósforo (Mehlich-I) 6,3 mg dm<sup>-3</sup>, potássio (Mehlich-I) 155 mg dm<sup>-3</sup>, alumínio 0,0 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, cálcio 8,1 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, magnésio 4,2 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, saturação de bases 79% e CTC 15,9 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>.

O delineamento utilizado no experimento foi de faixas em parcelas subdivididas com 14 repetições. O arranjo experimental foi bifatorial, sendo a parcela principal composta pelas plantas de cobertura, sendo: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.); nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e azevém (*Lolium multiflorum*) de forma solteira e as plantas de cobertura de forma consorciadas, sendo eles: (consórcio 1) aveia preta + nabo + centeio (*Secale cereale*); (consórcio 2) aveia branca (*Avena sativa* L.) + ervilhaca + centeio; (consórcio 3) nabo + centeio + ervilhaca (*Vicia sativa* L.); (consórcio 4) aveia branca + ervilhaca + nabo; e as subparcelas foram compostas por diferentes formulações de fertilizantes nitrogenados, sendo uma a uréia convencional (NPK 45-0-0), e a fonte protegida com nome de Unera (NPK 45-0-0), que é recoberta com substâncias que lhe conferem menores pedras de N ao ambiente. As dimensões das parcelas eram de 7m x 3,5m para plantas de cobertura e subdivididas em 3,5m por 3,5m para as fontes de N.

O experimento com as mesmas plantas de cobertura já estava sendo conduzido no ano anterior, com plantas de cobertura e posteriormente avaliando-se a influência das mesmas sobre a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill).

As plantas de cobertura foram semeadas em 13 de abril de 2020 com uma semeadora de inverno com espaçamento entre linhas de 17 centímetros, sem nenhuma adubação durante seu ciclo, e foram dessecadas no dia 10 de setembro de 2020 com o herbicida glifosato na dose de 1440 g e.a ha<sup>-1</sup>, cerca de 35 dias antes da semeadura do milho.

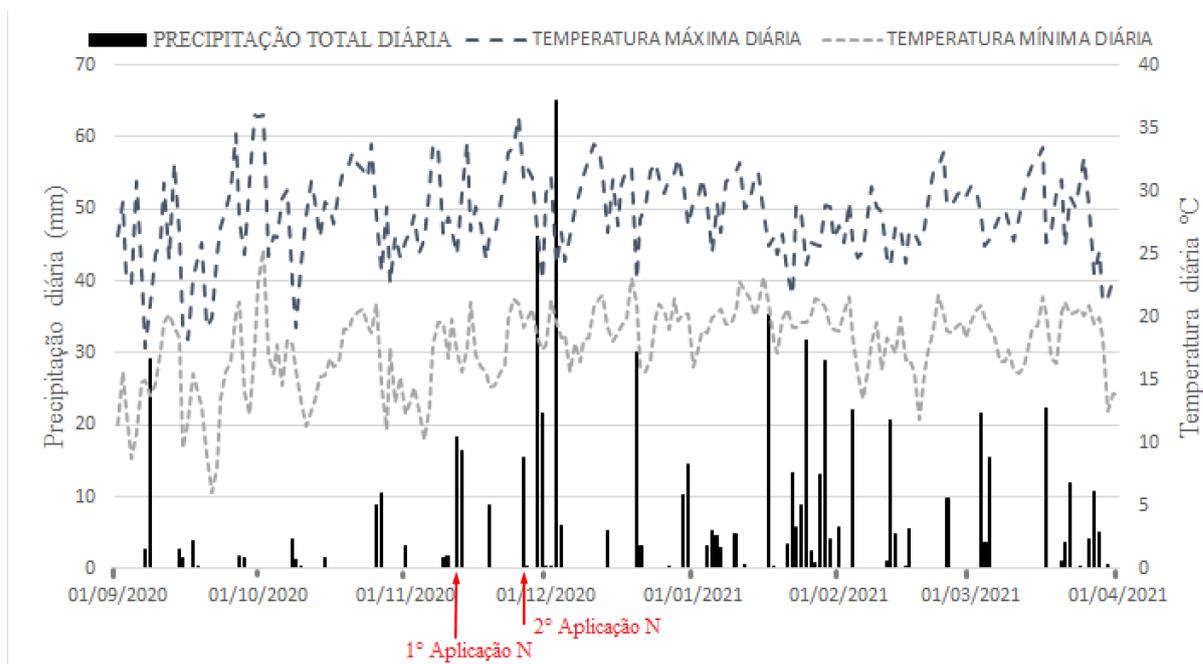
A semeadura do milho (*Zea mays*) ocorreu no dia 15 de outubro de 2020, com uma semeadora mecânica de 5 linhas, a colheita ocorreu no dia 18 de março de 2021 e o híbrido

utilizado foi o Dekalb 255 VT PRO3, de ciclo superprecoce. A população desejada na semeadura foi de 3,2 sementes por metro linear, com uma população final de aproximadamente 71 mil plantas por hectare. A adubação de base utilizada foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> de adubo formulado 10-20-20 (NPK). Quando a cultura se encontrava entre os estádios V2-V3, foi realizada a aplicação de atrazina na dose de 2000 g i.a ha<sup>-1</sup> para evitar a matocompetição de plantas daninhas com o milho.

As aplicações das duas diferentes fontes de N foram feitas em dois estádios fenológicos diferentes, sendo a primeira entre V4 e V6 e a segunda entre V7 e V8, onde em ambas aplicações foram utilizadas 90 kg N ha<sup>-1</sup> dos adubos nitrogenados, totalizando 180 kg N ha<sup>-1</sup> nas duas aplicações para cada fonte de N. A primeira aplicação de uréia e unera foram realizadas no dia 12 de novembro de 2020, seguida de uma chuva com um volume aproximado de 18 mm, e a segunda aplicação foi realizada no dia 26 de novembro de 2020, seguida de uma chuva com um volume aproximado de 15mm. Esta precipitação pluviométrica logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados pode ter influenciado de certa forma para que não houvesse uma perda considerável de N ao ambiente por volatilização.

A precipitação pluviométrica teve um total acumulado de 569 mm durante o período que compreende desde a semeadura do milho em 15 de outubro de 2020 até a colheita em 18 de março de 2021 (Figura 1). Segundo Cruz (2006), o milho é uma cultura muito exigente em água, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm, mas a ocorrência de déficit hídrico na cultura do milho pode ocasionar danos em todas as fases, principalmente nos parâmetros reprodutivos. Devido ao período de La Niña em que a cultura estava a campo, a precipitação pluviométrica (Figura 1) ocorrida durante o ciclo da cultura foi abaixo do ideal para o milho.

Figura 1 –Precipitação pluviométrica (mm) e temperaturas mínimas e máximas do ar (°C) diárias durante a condução do experimento. Frederico Westphalen, RS, 2020/2021.



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados obtidos do INMET, Estação de Frederico Westphalen/RS.

A colheita foi realizada de forma manual, coletando as espigas em duas linhas centrais com comprimento de três metros, para a determinação da produtividade. Para a avaliação dos componentes de rendimento foram coletadas 10 espigas de forma aleatória dentro das parcelas e avaliadas em laboratório, com auxílio de uma balança de precisão, paquímetro, réguas e um contador de sementes automático da marca MOTOMCO®. A umidade média dos grãos foi corrigida para 13%.

Os dados coletados nas avaliações foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste Scott-Knott (SCOTT & KNOTT, 1974) de comparação de médias, com 95% de confiabilidade, sendo avaliados com o auxílio do software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O coeficiente de variação (CV) variou de 6,58% a 20,00% para as características avaliadas (Tabela 1), onde segundo a classificação de Pimentel Gomes (2000), esses resultados apresentam acurácia alta a média, indicando que os resultados são confiáveis.

Tabela 1 - Análise de variância (ANOVA) das variáveis de diâmetro de espiga (DE), comprimento de espiga (CE), número de fileiras na espiga (NFE), número de grãos na fileira (NGF) e produtividade (PROD). Frederico Westphalen, RS, 2020/2021.

Fontes de variação	<sup>1</sup> GL	Quadrado médio				
		DE	CE	NFE	NGF	PROD
Bloco	13	8,25	3,75	2,21	21,22	5.438.473,56
Plantas de cobertura	6	20,41 <sup>ns</sup>	15,00*	1,54 <sup>ns</sup>	98,30*	7.852.994,09*
Fonte N	1	2,99 <sup>ns</sup>	19,27*	4,10 <sup>ns</sup>	88,28*	3.363.377,84 <sup>ns</sup>
PlantasCobertura*FonteN	6	15,01 <sup>ns</sup>	3,80 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	12,41*	1.533.852,35 <sup>ns</sup>
Resíduo	169	9,50	2,20	1,15	4,81	1.050.106,24
Total	195					

<sup>2</sup>CV (%) 7,77 10,81 6,58 8,27 20,0

<sup>1</sup>GL= Graus de liberdade; <sup>2</sup>CV (%) = Coeficiente de variação; \*: valores significativos para teste F a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Para a variável diâmetro de espiga, verifica-se que o milho após as diferentes plantas de cobertura não diferiu entre si quando associadas com uréia (Tabela 2). Porém ao se utilizar a Unera os consórcios 1 (aveia preta + nabo + centeio) e 3 (nabo + centeio + ervilhaca) apresentaram resultados estatisticamente inferiores aos demais. Ao comparar as diferentes fontes de N associadas a cada sistema, observa-se diferença estatística inferior somente com o consórcio 3 (nabo + centeio + ervilhaca), onde o diâmetro de espiga foi 2,5 mm maior quando se empregou o uso de uréia em comparação à utilização da Unera.

Tabela 2 – Análise dos componentes de diâmetro de espiga e comprimento de espiga, em função de diferentes plantas de cobertura e fontes nitrogenadas. Frederico Westphalen, RS, 2020/2021.

Plantas de cobertura	Diâmetro de espiga (mm)		Comprimento de espiga (cm)	
	Uréia	Unera	Uréia	Unera
Aveia preta	41,1 Aa	40,5 Aa	12,9 Aa	13,6 Ca
Azevém	39,8 Aa	40,2 Aa	13,7 Ab	15,1 Aa

Nabo	38,6 Aa	40,8 Aa	14,1 Aa	14,5 Ba
Consórcio 1	38,2 Aa	38,6 Ba	12,9 Aa	12,6 Ca
Consórcio 2	40,1 Aa	40,5 Aa	13,3 Aa	13,9 Ca
Consórcio 3	40,0 Aa	37,5 Bb	13,0 Aa	13,1 Ca
Consórcio 4	39,1 Aa	40,4 Aa	13,8 Aa	14,6 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade de erro. Consórcio 1= aveia preta + nabo + centeio; Consórcio 2= aveia branca + ervilhaca + centeio; Consórcio 3= nabo + centeio + ervilhaca; Consórcio 4= aveia branca + ervilhaca + nabo.

Com exceção dos consórcios 1 (aveia preta + nabo + centeio) e 3 (nabo + centeio + ervilhaca) adubados com Unera que obtiveram resultados estatísticos inferiores, todos os outros não tiveram diferenças significativas para a variável de diâmetro de espiga (Tabela 2). Segundo Goes et al. (2012), o diâmetro da espiga está estreitamente relacionado com o enchimento de grãos e com o número de fileiras na espiga, e que são influenciados principalmente pela genética da planta. Este mesmo autor não observou efeito significativo para esta variável no milho safrinha adubado com uréia e sulfato de amônio, nas doses de 0, 20, 40, 60 e 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Ohland et al. (2005) em um trabalho realizado com milho após ervilhaca peluda, nabo forrageiro e cinco doses de N, não obteve diferença significativa para as doses de N, apenas para as culturas antecessoras, sendo que a ervilhaca peluda teve uma diferença ligeiramente melhor em relação ao nabo forrageiro, e esta mesma autora não observou diferenças significativas para a variável de comprimento de espiga em função das culturas antecessoras e das doses de N.

As plantas de cobertura quando associadas com uréia, não interferiram no comprimento de espiga, enquanto nas plantas de cobertura associados a Unera, as plantas de cobertura que apresentaram os melhores resultados para o milho foram o azevém e o consórcio 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) (Tabela 2). Ao comparar as duas fontes de N em função das plantas de cobertura, o comprimento de espiga foi menor na associação de azevém e uréia, nas demais situações não houve diferenciação.

Segundo De Souza et al., (2003), em um experimento conduzido com aveia preta e nabo com doses de 0, 60, 90 e 120 kg N ha<sup>-1</sup>, as variáveis de diâmetro de espiga e comprimento de espiga não tiveram diferenças estatísticas tanto para plantas de cobertura como para as diferentes doses de N, e Ohland et al., (2005) também não observou diferenças significativas para o comprimento de espiga, sob culturas antecessoras e 5 doses de N, corroborando desta forma com os resultados deste trabalho. Tormen et al. (2016) em trabalho

com milho conduzido após aveia, nabo, canola e o consórcio entre as três plantas não obteve diferenças significativas para a variável comprimento de espiga.

O comprimento da espiga é diretamente influenciado pelo número de grãos na fileira, e é determinado nas últimas semanas antes do pendoamento, e o estresse hídrico neste momento pode reduzir o número de grãos produzidos em cada fileira, entretanto, o número de grãos final só será determinado durante e após a polinização (PIONEER SEMENTES, 2018).

Desta forma, provavelmente o comprimento de espiga foi influenciado pela polinização dos grãos durante esta fase, sendo que esta variável não foi influenciada pelas plantas de cobertura associadas com uréia, já o milho adubado com Unera após azevém e o consórcio 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) apresentaram os melhores resultados estatísticos em relação as outras plantas de cobertura adubadas com Unera (Tabela 2).

Para a variável de número de fileiras na espiga, o milho após as plantas de coberturas adubados tanto com uréia como Unera não apresentaram diferenças estatísticas, enquanto analisando as fontes de N entre as plantas de cobertura, o único tratamento que obteve resultado inferior foi o milho após o consórcio 3 (nabo + centeio + ervilhaca) adubado com uréia convencional (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise dos números de fileiras na espiga e número de grãos na fileira, em função de diferentes plantas de cobertura e fontes nitrogenadas. Frederico Westphalen, RS, 2020/2021.

Plantas de cobertura	Nº fileiras na espiga		Nº Grãos na fileira	
	Uréia	Unera	Uréia	Unera
Aveia preta	16 Aa	16 Aa	25,2 Ba	25,6 Ba
Azevém	16 Aa	16 Aa	25,8 Ab	29,7 Aa
Nabo	16 Aa	16 Aa	27,4 Ab	29,4 Aa
Consórcio 1	15 Aa	16 Aa	23,4 Ba	24,7 Ca
Consórcio 2	16 Aa	16 Aa	27,4 Aa	28,5 Aa
Consórcio 3	16 Ab	17 Aa	24,5 Ba	24,1 Ca
Consórcio 4	16 Aa	16 Aa	27,3 Aa	28,4 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade de erro. Consórcio 1= aveia preta + nabo + centeio; Consórcio 2= aveia branca + ervilhaca + centeio; Consórcio 3= nabo + centeio + ervilhaca; Consórcio 4= aveia branca + ervilhaca + nabo.

Ainda para número de fileiras na espiga, os resultados corroboram com os mesmos encontrados por Albuquerque et al., (2013), onde o milho cultivado em sucessão a três espécies de leguminosas como plantas de cobertura e doses de 0 e 80 kg N ha<sup>-1</sup> também não houve diferença estatística. Ziech et al. (2016) também não obteve resultados significativos para número de fileiras na espiga em função de doses de N e sob cultivo de leguminosas, porém teve uma redução desta variável para milho cultivado após gramíneas e sem adição de N, tendo uma redução de até 30% nesta variável.

Segundo Magalhães e Durães (2006), durante o estágio vegetativo V8 é definido o número de fileiras de grãos na espiga, entretanto, conforme descrito por Ciampitti et al. (2016), esta variável é definida entre os estádios V6 a V10, sendo que a mesma pode ser afetada pelo potencial genético e por fatores ambientais neste período e também é muito responsiva a adubação nitrogenada, sendo que no presente trabalho a segunda aplicação nitrogenada foi realizada entre os estádios V6 a V8, e que portanto o fornecimento de N nesta fase pode ter influenciado para que não houvesse diferença significativa nesta variável, independente das melhorias que as plantas de cobertura possam ter agregado ao solo.

O milho tende a ter sempre um número par de fileiras na espiga, devido a divisão celular que ocorre durante o processo reprodutivo (PIONEER SEMENTES, 2018).

Ao avaliar a variável de número de grãos na fileira, os melhores tratamentos adubados com uréia foram após azevém, nabo, e os consórcios 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio) e 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) (Tabela 3). Ao se utilizar da Unera, os melhores tratamentos também foram após as plantas de cobertura com azevém, nabo e os consórcios 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio) e 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo). Ao comparar as diferentes fontes de N dentro das plantas de cobertura, os tratamentos após azevém e nabo tiveram diferença estatística entre as duas adubações nitrogenadas, sendo que as parcelas com Unera obtiveram os melhores resultados em relação a uréia com uma diferença de 13,1% e 7,3% no número de grãos na fileira para azevém e nabo, respectivamente, enquanto as outras plantas de cobertura não tiveram diferenças estatísticas entre as fontes de N.

Sichocki et al., (2014) observaram que o número de grãos por fileira teve um aumento linear conforme houve o aumento da dose de N, assim como De Godoy et al., (2011), onde houve aumento de número de grãos por fileira até a dose máxima de 130 kg N ha<sup>-1</sup>.

Valderrama et al. (2014), em um estudo realizado com uréia convencional e três diferentes tipos de uréia revestidas por polímeros, tanto para milho safra quanto safrinha, não obteve diferenças estatísticas para a variável de número de grãos na fileira, sendo que as

fontes de N não apresentaram diferenças entre a fonte convencional e as revestidas, enquanto que neste trabalho os tratamentos que apresentaram diferenças entre as fontes nitrogenadas foram após azevém e o nabo (Tabela 3), porém todos os outros tratamentos independente das plantas de cobertura obtiveram resultados estatísticos iguais para as diferentes fontes de N.

Segundo Magalhães e Durães (2006), o número de grãos na fileira só é definido cerca de uma semana antes do florescimento, sendo uma fase crítica em relação a deficiência de umidade no solo e de nutrientes, desta forma, as plantas de cobertura influenciaram diretamente no número de grãos na fileira, conseguindo melhorar os atributos do solo e contribuindo para os resultados, com o nabo e os consórcios 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio) e 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) fornecendo nutrientes através da reciclagem e fixação de N, e o azevém provavelmente devido a boa cobertura de palhada no solo, retendo mais água à cultura no período de stress hídrico, mesmo imobilizando parte do N aplicado em cobertura.

Tabela 4 – Análise da produtividade, em função de diferentes plantas de cobertura e fontes nitrogenadas. Frederico Westphalen, RS, 2020/2021.

Plantas de cobertura	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Uréia	Unera
Aveia preta	5.081 Ba	5.138 Aa
Azevém	5.635 Aa	5.068 Aa
Nabo	5.543 Aa	5.626 Aa
Consórcio 1	4.071 Ba	4.269 Ba
Consórcio 2	5.014 Ba	5.402 Aa
Consórcio 3	4.741 Ba	3.956 Bb
Consórcio 4	5.627 Aa	4.816 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade de erro. Consórcio 1= aveia preta + nabo + centeio; Consórcio 2= aveia branca + ervilhaca + centeio; Consórcio 3= nabo + centeio + ervilhaca; Consórcio 4= aveia branca + ervilhaca + nabo.

Os tratamentos adubados com uréia que obtiveram as melhores produtividades foram após plantas de cobertura de azevém, nabo e o consórcio 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo), enquanto nos tratamentos adubados com Unera as plantas de cobertura que proporcionaram

os melhores resultados para o milho foram após a aveia preta, azevém, nabo e os consórcios 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio) e 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) (Tabela 4). Ao comparar cada planta de cobertura com as duas fontes de N, os piores resultados foram obtidos dentro dos consórcios 3 (nabo + centeio + ervilhaca) e 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) adubados com Unera, obtendo produtividades 16,55% e 14,41% inferiores em relação aos tratamentos adubados com uréia, respectivamente, já as outras plantas de cobertura não apresentaram diferenças estatísticas para as diferentes fontes de N.

O milho apresentou as melhores produtividades após as plantas de cobertura com azevém, nabo e o consórcio 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) para ambas as fontes nitrogenadas, possivelmente devido a uma influência positiva destas plantas de cobertura independente da fonte de N, enquanto que a aveia preta e o consórcio 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio) obtiveram os melhores resultados dentre as plantas de cobertura adubadas apenas com a Unera.

Valderrama et al., (2014), em experimento conduzido com milho safra e milho safrinha não observou diferenças estatísticas para a produtividade entre o milho adubado com uréia convencional e outras três uréias revestidas por diferentes fontes de polímeros.

Corroborando parcialmente para os resultados obtidos no trabalho, Giacomini (2004), encontrou resultados semelhantes onde as plantas de cobertura eram leguminosas ou para o nabo solteiro, porém no seu trabalho os resultados para a produtividade do milho em sucessão a gramíneas como a aveia preta foram inferiores, enquanto neste trabalho os tratamentos após aveia preta adubados com a fonte de N protegida, e os tratamentos após azevém adubados com ambas as fontes de N obtiveram os melhores resultados.

Pela boa capacidade de reciclagem de nutrientes como fósforo e N, o nabo forrageiro se torna uma planta de cobertura vantajosa antecedendo a produção de milho (Crochemore e Piza, 1994), e segundo Santos & Reis (2001), o nabo pode reciclar até 135 kg N ha<sup>-1</sup>, contribuindo positivamente para a produtividade de milho independente da fonte de N. Da mesma forma, as leguminosas presentes nos consórcios 2 (aveia branca + ervilhaca + centeio) e 4 (aveia branca + ervilhaca + nabo) também podem ter contribuído com os resultados, enquanto o azevém e aveia preta proporcionaram boa cobertura de solo neste período de estresse hídrico.

A principal justificativa para que as plantas de cobertura que possuíam gramíneas obtenham resultados superiores em relação à parcelas com consórcios de plantas com leguminosas, é de que o período de stress hídrico e o baixo teor de umidade no solo tenham contribuído para que o milho não expressasse um bom potencial produtivo, sendo então que

a água foi o fator limitante, e possivelmente o N não foi utilizado em sua totalidade devido ao milho não conseguir fazer o uso do mesmo devido as adversidades climáticas.

## **6 CONCLUSÃO**

As plantas de cobertura têm influência direta sobre os componentes e a produtividade da cultura do milho.

A fonte de N protegida (Unera) apresentou resultados semelhantes a fonte de N convencional (uréia).

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W. de et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.I. p.1-18.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F.; Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BITTENCOURT, H.H. **Culturas de cobertura de inverno na implantação de sistema de plantio direto sem uso de herbicidas**. 2013,73p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2013.

BORTOLINI, C.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M.; Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.

BURLE, M.L.; CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p.71-142.

CALEGARI, A. Alternativas de culturas para rotação em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, p. 62-70, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G. de; LLANILLO, R.F. **Plantio direto no Sul do Brasil**: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012. 77p.

CIAMPITTI, I. A.; ELMORE, R.W.; LAUER, J. Fases de desenvolvimento da cultura do milho. **Manhattan**: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 2016. 1 p.

CHERUBIN, M.R. **Guia prático de plantas de cobertura**: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. 126 p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos**. Quinto Levantamento, fevereiro de 2022, safra 2021/22. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>

CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Brasília**: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2), 2019.

CROCHEMORE, M. L.; PIZA, S. M. T. Germinação e sanidade de sementes de nabo forrageiro conservadas em diferentes embalagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 677-680, 1994.

CRUZ, J. C. et al. **Manejo da cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica, 87).

DE GODOY, J.C.S. et al. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. **Revista Campo Digital**, v. 6, n. 1, 2011.

DE SOUZA, L.C.F. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 03, 2003.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), 96p. (Documentos IAPAR, 9). 1985.

DERPSCH, R. **Importância da cobertura de solo e do preparo conservacionista**. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, 3., Passo Fundo, 1984, Anais. Passo Fundo, UPF/PIUCS/Faculdade de Agronomia, 1984. p.153-166.

DERPSCH, R; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 80p. (Circular, 73). 1992.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Embrapa Trigo**. Londrina, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo/cultivos>>

Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 6ª edição. Set./2010. **Cultivo do Milho**, José Carlos Cruz.

FEBRAPDP. **Evolução da área sob plantio direto no Brasil**. 2021. Disponível em <<https://febrapdp.org.br/download/14588evolucao-pd-no-bbasil-2021-jpg.jpg>>

FEBRAPDP. **Plantio Direto – tecnologia que mudou a visão do produtor**. Boletim Informativo, 2010. n.39. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/download/informativo/bol39.2010.pdf>>

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

GALVAN, J.; RIZZARDI, M.; CARNEIRO, C.M. Caracterização anatômica de órgãos vegetativos de *Lolium multiflorum* Lam. sensível e resistente ao glifosato. **XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto, SP, p. 870-874. 2010.

GIACOMINI, S.J. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II-Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOES, R.J. et al. Nitrogênio em cobertura para o milho em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2012.

HAGEMANN, T.R. et al. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia branca sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, Campinas, SP, v.69, n.3, p.509-518, 2010.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.9. n.20, p.1021-1030, 1985.

IRIGOYEN, I. et al. The influence of 3,4 dimethylpyrazole phosphate and dicyandiamide on reducing nitrate accumulation in spinach under Mediterranean conditions. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 555-562, 2006.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. Uso da aveia como planta forrageira. **Embrapa Gado de Corte-Séries anteriores (INFOTECA-E)**, 2000.

MAGALHAES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Fisiologia da produção de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

MELLO, N.A. de; CONCEIÇÃO, P.C. Evolução de sistema de manejo do solo e produtividade agropecuária no estado do Paraná. 2008. In: MARTIN, T.N.; ZIECH, M.F. **Sistemas de Produção Agropecuária**, p.336, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

NASCIMENTO JUNIOR, A. et al. Cultivo de centeio. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2006. (Embrapa Trigo. Sistema de Produção, 1).

OHLAND, R.A.A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000.

PIONEER SEMENTES, **Fenologia do Milho**, 2018. Disponível em <<https://www.pioneersementes.com.br/blog/Documents/FenologiaDoMilho.pdf>>

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013, 353p.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. Rotação de culturas em plantio direto. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2001. 212 p.

SANTOS, P.A. et al. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010.

SCOTT, A.J., KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SICHOCKI, D. et al. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Núcleo Regional Sul. **Manual de Calagem e Adubação** para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11 ed. RS/SC, 2016, 376p.

SOUTHWICK, L.M. et al. Leaching of Nitrate, Atrazine, and Metribuzin from Sugarcane in Southern Louisiana. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.684-690. 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TORMEN, B.A. **Desempenho do milho cultivado sobre diferentes plantas de cobertura e doses de nitrogênio**. 2016. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, 2016.

TRABUCO, M. **Produção de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. 2008. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Ciência do solo) – Universidade Estadual Paulista ‘Julio de Mesquita Filho’, Jaboticabal, SP, 2008.

VALDERRAMA, M. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 659-669, 2014.

VIEIRA, R.F., **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. Embrapa Meio Ambiente, Distrito Federal-DF, 1ª ed., 2017. 163 p.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.59-168.

Conheça a Unera, o fertilizante nitrogenado mais eficiente do Brasil, **ZARCOS Fertilizantes**, 2021. Disponível em <<https://www.zarcos.com.br/produto/unera/>>

ZIECH, A.R.D. et al. Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 195-201, 2016.