

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

Katiane Abling Sartori

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE
ALGUNS COMPONENTES DE PLANTA E NA PRODUTIVIDADE FINAL
DE GRÃOS DE TRIGO**

Frederico Westphalen, RS
2023

Katiane Abling Sartori

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE ALGUNS
COMPOENTES DE PLANTA E NA PRODUTIVIDADE FINAL DE GRÃOS DE
TRIGO**

trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Agronomia da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),
campus Frederico Westphalen, RS, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma.

Aprovado em de de 2023

Claudir José Basso, Dr. (UFSM)
(Professor/ Orientador)

Volmir Sergio Marchioro, Dr. (UFSM)

Joana Arsego Trombetta, Eng. Agr^a (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2023

Katiane Abling Sartori

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE ALGUNS
COMPOENTES DE PLANTA E NA PRODUTIVIDADE FINAL DE GRÃOS DE
TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Agrônoma.**

Orientador: Prof^o Dr^o. Claudir José Basso

Frederico Westphalen, RS
2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os que estão inseridos no meio do agronegócio, tanto produtores rurais como agrônomos e técnicos, principalmente aos que querem melhorar cada vez mais a agricultura brasileira, a qualidade de vida das pessoas através da produção de alimentos com procedência e qualidade, de forma viável e sustentável para alimentar o Brasil e o mundo.

AGRADECIMENTOS

...Antes de tudo agradeço a DEUS, por conceder-me o dom da VIDA;

...Aos meus pais Evandro e Eliane pelo entendimento e compreensão de minhas faltas nos momentos de integração familiar e por todo o apoio que sempre me deram;

...Aos meus irmãos Tailane e Rafael, ao meu namorado Weslei e ao restante dos meus avós, familiares e demais amigos que sempre me incentivaram e motivaram nessa jornada dos 5 anos de graduação, em especial as minhas duas amigas Amanda e Laura;

...À Universidade Federal de Santa Maria pela educação gratuita e de qualidade;

...Ao grupo PET Ciências Agrárias e a todos os membros pelo auxílio nas avaliações do experimento e pelo desenvolvimento pessoal e profissional que me proporcionou ao longo desse período dos 5 anos de graduação;

...Ao GPPL - grupo de pesquisa de plantas de lavoura pelo auxílio na pesquisa do TCC e demais laboratórios da UFSM que contribuíram com o trabalho;

...E principalmente ao professor orientador Dr. Claudir José Basso que apesar de seus compromissos, ajudou no que foi preciso e em qualquer momento para a realização deste projeto de TCC, desde um simples material fornecido, até uma explicação importante, nunca mediu esforços para me auxiliar.

*Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores, para fazer
melhor ainda!*

- Mário Sérgio Cortella

RESUMO

PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE ALGUNS COMPOENTES DE PLANTA E NA PRODUTIVIDADE FINAL DE GRÃOS DE TRIGO

AUTOR: Katiane Abling Sartori

ORIENTADOR: Prof. Dr. Claudir José Basso

A alta exigência e demanda de nitrogênio (N) pela cultura do trigo e o elevado custo deste nutriente, torna as plantas de cobertura no período de outono/inverno uma importante alternativa para um maior aporte de nitrogênio a cultura em sucessão, buscando minimizar o uso da adubação mineral. O objetivo deste trabalho foi avaliar alguns componentes de planta e a produtividade do trigo cultivado em sucessão a plantas de cobertura (pousio, nabo forrageiro, aveia preta e trigo mourisco) doses de nitrogênio (0, 50, 150 e 200 kg de N ha⁻¹). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em um arranjo bi fatorial (4x4), sendo 4 cultivos que antecederam o trigo, 4 doses de nitrogênio no trigo e 3 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. As variáveis estudadas foram massa de mil grãos (MMG), número de grãos por espiga (NGE), altura de plantas (AP), número de espigas (NE), comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), massa seca produzida (MSP) e produtividade (produção). Pode-se concluir que não houve interação significativa entre manejos e doses de nitrogênio para todas as variáveis estudadas. Entretanto, foi verificado efeito significativo de manejo para a massa de mil grãos. Para o fator doses de nitrogênio foi observado efeito significativo para todas as variáveis estudadas.

Palavra-Chave: **Plantas de cobertura. Trigo. Nitrogênio.**

ABSTRACT

COVER CROPS AND NITROGEN DOSES ON SOME PLANT COMPONENTS AND FINAL GRAIN YIELD OF WHEAT

AUTHOR: Katiane Abling Sartori

ADVISER: Prof. Dr. Claudir José Basso

The high requirement and demand for nitrogen (N) by the culture of wheat and the high cost of this nutrient, makes the cover crops in the period of autumn/winter an alternative for a greater contribution of nitrogen to the crop in succession, seeking to minimize the use of mineral fertilization. The objective of this work was to evaluate some plant parameters and the yield of wheat grown in succession to cover crops (fallow, turnip rape, black oat and buckwheat) nitrogen doses (0, 50, 150 and 200 kg of N ha⁻¹). The experimental design was randomized block design in a bi-factorial arrangement (4x4), with 4 crops preceding wheat, 4 nitrogen doses in wheat and 3 repetitions, totaling 48 experimental units. The variables studied were mass of one thousand grains (MTG), number of grains per ear (NGE), plant height (PH), number of ears (NE), ear length (EL), number of spikes per ear (NSE), dry mass produced (DMP) and productivity (Prod.). It can be concluded that there was no significant interaction between managements and nitrogen doses for all the variables studied. However, there was a significant effect of management for the mass of thousand grains. For the nitrogen dose factor a significant effect was observed for all variables studied.

Key-words: **Cover crops. Wheat. Nitrogen.**

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Regressões ajustadas para as variáveis altura de planta (a), número de espigas (b), comprimento da espiga (c) e número de espiguetas por espiga (d) do trigo cultivado sob quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹)..... 26
- FIGURA 2 - Massa de mil grãos de trigo cultivado sob quatro manejos de cobertura (a) e regressão ajustada para quatro doses de nitrogênio (b)..... 28
- FIGURA 3 - Regressões ajustadas para as variáveis massa seca produzida (a) e produtividade (b) do trigo cultivado sob quatro doses de nitrogênio.. 29

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro para as fontes de variação e coeficiente de variação, para os componentes de rendimento do trigo..... 24

TABELA 2 - Resumo das produtividades de trigo (kg ha-1) nas diferentes plantas de cobertura e doses de nitrogênio 25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 A ASCENSÃO DA PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL	13
2.2 A IMPORTÂNCIA DO TRIGO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....	14
2.3 A ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO	15
2.4 AS PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO DE ENTRE-SAFRA	17
2.5 AVEIA-PRETA (<i>AVENA STRIGOSA</i>), NABO FORRAGEIRO (<i>RAPHANUS SATIVUS L.</i>) E TRIGO MOURISCO (<i>FAGOPYRUM ESCULENTUM</i>) COMO PLANTAS DE COBERTURA	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5. CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, o trigo é o principal cereal cultivado no período de inverno, onde seu desenvolvimento e produtividade dependem, intrinsecamente da época de semeadura, condições climáticas e manejos realizados durante todo o seu ciclo, principalmente com relação a adubação nitrogenada já que a cultura por ser uma gramínea é altamente responsiva a esse nutriente.

Fazendo um panorama sobre a produção de trigo no estado do Rio Grande do Sul, percebe-se que o cereal está em constante ascensão. A safra de 2021 foi recorde com 3,4 milhões de toneladas do grão colhidas, alta de 61,88% quando comparada ao ano anterior. Com esse volume de produção, o Rio Grande do Sul superou o Paraná e figurou como maior produtor deste cereal na safra 2021. Em 2022 o estado teve a maior safra de inverno da história onde foram colhidas 5,7 milhões de toneladas de trigo. (EMATER 2022).

Para que a produção de trigo continue em ascensão, além de aumentar a área cultivada é necessário alcançar altas produtividades, que só são possíveis através da adubação nitrogenada e a utilização de cultivares de alto potencial produtivo, atreladas aos fatores climáticos (SKORA NETO; CAMPOS, 2004). Segundo o Manual de Calagem e Adubação para os estados do RS e SC (2022) a dose de nitrogênio na semeadura do trigo é de 15 a 20 kg ha⁻¹, sendo o restante aplicado em cobertura, quando o trigo está entre os estádios de afilamento e alongamento do colmo (aproximadamente entre 30 e 45 dias após a emergência).

O alto custo dos fertilizantes nitrogenados minerais, as preocupações com a poluição ambiental e os anseios mediante uma agricultura sustentável (SÁ et al., 2017), estão impulsionando a utilização de fontes alternativas de N nos sistemas de produção. Outro fator que impactou diretamente nos altos custos foi a guerra entre Rússia e Ucrânia. Nesse sentido, o intervalo de tempo entre a colheita da cultura de verão e a semeadura da cultura de trigo (60 a 90 dias) pode ser implementada a semeadura de plantas de coberturas verdes (SKORA NETO; CAMPOS, 2004) que podem fixar e/ou ciclar nitrogênio melhorando a disponibilidade para a cultura em sucessão.

Diante disso, as plantas de cobertura desempenham um papel muito importante na ciclagem de nutrientes. Segundo Aita e Giacomini (2003), a maior parte da liberação do N após a formação da cobertura morta ocorre nos primeiros quinze dias, o que pode favorecer a

implantação da cultura do trigo logo após o manejo dessa cobertura; por outro lado, as plantas de cobertura podem liberar substâncias alelopáticas (ALMEIDA, 1991) e afetar o desenvolvimento da cultura subsequente (PURVIS, 1990). Mesmo assim, as plantas de cobertura no período de entre safra (soja/trigo) são uma boa alternativa para uma maior parte de N a cultura em sucessão, além de melhorar as características físicas e químicas do solo, evitar a erosão e o desenvolvimento de plantas daninhas neste período reduzindo o potencial de aumento no banco de semente (SKORA NETO; CAMPOS, 2004).

Por isso, a hipótese que fundamenta esse trabalho é que, o uso de plantas de cobertura de solo no outono/inverno (período de entressafra), e doses de nitrogênio impactam positivamente nos componentes de produção e na produtividade final de grãos do trigo. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade do trigo em resposta a plantas de cobertura e a doses de nitrogênio.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ASCENSÃO DA PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL

O trigo representa 30% da produção mundial de grãos, sendo o segundo grão mais consumido pela humanidade. O Brasil é o 8º maior importador de trigo do mundo, mas esta posição pode mudar nos próximos anos, pois só nos últimos cinco anos, a produção brasileira cresceu 76%, impactando diretamente no cenário da importação do cereal (CONAB, 2022).

Em 2022 (janeiro a novembro), o volume de exportações chegou a 2,5 milhões de toneladas, mais do que o dobro do volume exportado no ano anterior. Por outro lado, as importações brasileiras tiveram queda de 9,7% devido à maior oferta do cereal no mercado interno e aumento de preços internacionais (CONAB, 2022). Do total importado, 41% são de trigo argentino, 34% dos EUA, 10,9% proveniente da Rússia, 8,7% do Uruguai e 5,6% do Paraguai (CONAB, 2022).

Sobre as pesquisas com o trigo no Brasil, se observa que essas passaram a se intensificar na década de 1970, onde a produção tritícola nacional era insipiente, com cultivares de baixo rendimento e inexistência de tecnologias agrícolas apropriadas. Nessa evolução, a média de produtividade das lavouras brasileiras saiu de 800 kg ha⁻¹ em 1970 para um rendimento superior a 3000 kg ha⁻¹ em 2022. Entre 1977 e 2022, o crescimento na produtividade foi, em média, de 3,5% ao ano (CONAB, 2022).

Em 2015, o Brasil colheu 5,5 milhões de toneladas (t). Em 2020, a produção chegou a 6,2 milhões (t). Em 2021, atingiu 7,7 milhões (t). Em 2022, a safra encerrou com 9,5 milhões (t), volume que atende 76% da demanda nacional. Projeções da Embrapa Trigo indicam que, caso a produção de trigo continue crescendo 10% ao ano, o Brasil poderá chegar aos 20 milhões de toneladas até 2030, com um consumo interno estimado entre 12 e 14 milhões de toneladas. Logo, o Brasil poderá exportar para o mundo a diferença, saindo de grande importador para entrar na lista de países exportadores de trigo no mercado internacional (EMATER, 2022).

2.2 A IMPORTÂNCIA DO TRIGO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

A palavra “trigo” provém do vocábulo latino *triticum*, que significa quebrado, triturado, numa referência à atividade que se deve realizar para separar o grão de trigo da camada que o reveste. O termo destina-se tanto à planta como às sementes comestíveis dela originadas (LÉON, 2007). Ademais, pertencente à família Poaceae e ao gênero *Triticum*, e é classificado em diferentes espécies, conforme o número de cromossomos: *Triticum monococcum* com 14 cromossomos, *Triticum durum* com 28 cromossomos e *Triticum aestivum* com 42 cromossomos (POPPER et al., 2006), este último, o trigo comum.

Os cereais possuem papel fundamental na alimentação humana, a âmbito de saúde, como fonte de nutrientes e fibras e, tecnologicamente, devido às variadas formas que podem ser utilizadas para o consumo humano. Além disso, o trigo é um cereal que pode ser utilizado na elaboração de produtos, como pães, bolos, biscoitos e massas, razão pela qual seu consumo é incentivado e aumenta cada vez mais (SOUZA, 2020).

O trigo é um dos principais cereais cultivado como cultura de inverno no Rio Grande do Sul, o seu desenvolvimento e produtividade dependem intrinsecamente da época de semeadura, condições climáticas e manejos realizados durante todo seu ciclo, já que o mesmo é considerado sensível às variações de temperatura e umidade (EMATER, 2018).

Devido aos riscos climáticos, condições adversas e instabilidade dos preços, o trigo tem papel de coadjuvante dentro das propriedades do Rio Grande do Sul. O produtor precisa buscar informações que o auxiliem na tomada de decisão, e a partir dessas informações encontrar a melhor maneira de enfrentar os riscos e de beneficiar-se das potencialidades para garantir uma boa produtividade aliada a um bom preço pelo produto na hora da venda.

Sobre a área tritícola cultivada no estado do RS, esta passou de 915,7 mil hectares no ano de 2020 para 1.177.478 hectares no ano de 2021, incremento esse, que não acontecia desde 2014. Esse aumento ocorreu principalmente nas regiões do Norte, entre Santa Rosa, Ijuí, Frederico Westphalen e Passo Fundo (EMATER, 2022).

Fazendo um panorama sobre a produção de trigo no estado do Rio Grande do Sul, segundo a Emater, a safra de 2021 foi recorde com 3,4 milhões de toneladas do grão colhidas, o que representa uma alta de 61,88% quando comparada ao ano anterior. Com esse volume de produção, o Rio Grande do Sul superou o Paraná como o maior produtor do cereal na safra

2021. A colheita paranaense foi de 3,2 milhões de toneladas, segundo dados do Departamento de Economia Rural (CONAB, 2021).

Segundo Possani et. al (2019), os autores observaram que o preço do mercado do trigo na época da semeadura no RS tem relação com a área destinada à cultura. Isso mostra, que o preço acaba por ter influência na tomada de decisão do produtor pelo tamanho quanto ao tamanho da área que será destinada à cultura do trigo. Além disso, se compara a relação de troca dos insumos com o preço do cereal, ou seja, o custo de produção.

2.3 A ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO

Os fertilizantes têm a maior participação nos custos de produção na cultura do trigo (*Triticum aestivum L.*), porém, são responsáveis pelo aumento na produtividade e qualidade do produto. Entre esses fertilizantes, o nitrogênio é indispensável na cultura do trigo, sendo absorvido em maiores quantidades pela planta e atuando principalmente na fotossíntese e na formação de proteínas nos grãos. A aplicação em quantidades corretas e no momento certo pode aumentar sua eficiência de utilização pelas plantas e reduzir custos. Dentre os adubos nitrogenados disponíveis comercialmente, as principais fontes são a ureia, nitrato de amônio e o sulfato de amônio, sendo a ureia a fonte mais utilizada e conhecida pelos produtores (SÁ, 2017).

No trigo é comprovado que o uso de adubação nitrogenada resulta em maior rendimento de grãos, porém existe um limite econômico em que a quantidade aplicada não se reflete mais em benefício para a cultura, por isso a importância de aplicar a quantidade correta bem como o momento desse manejo para que isso resulte em maior eficiência e conseqüentemente, com reflexos positivos na produtividade e na qualidade final dos grãos.

Segundo o Manual de Calagem e Adubação para os estados do RS e SC (2016), considerando a expectativa de rendimento da cultura de trigo de 3 toneladas ha^{-1} , a quantidade de nitrogênio a ser aplicada pode variar de 20 até 80 Kg ha^{-1} , e para cada tonelada de rendimento maior do que 3 toneladas ha^{-1} , deve-se acrescentar 20 kg de N ha^{-1} em cultivo após leguminosa e 30 kg de N ha^{-1} em cultivo após gramínea. Além disso, devem ser levados em consideração vários fatores para definir a quantidade correta a ser utilizada, como saber se a cultura antecedente ao plantio era gramínea ou leguminosa, pelo fato de que as gramíneas possuem

uma alta reação C/N, e conseqüentemente, uma decomposição mais lenta. Por outro lado, as leguminosas integram o grupo de culturas de baixa relação C/N, apresentando rápida decomposição e alta mineralização de nutrientes, mudando assim a recomendação de nitrogênio.

Outro fator a ser considerado para a recomendação é o teor de matéria orgânica presente no solo, que só é possível conhecer com a realização de uma análise de solo, ferramenta essa imprescindível para o planejamento da adubação. Com essa análise de solo é possível realizar o cálculo da dose correta de nitrogênio a ser utilizada, sem estar usando mais do que o necessário, muitas vezes gerando custos que poderiam ser evitados.

Segundo o Manual de Calagem e Adubação para os estados do RS e SC (2016) é importante colocar uma dose de nitrogênio na sementeira do trigo (15 a 20 kg ha⁻¹) e aplicar o restante em cobertura, quando o trigo está entre os estádios de afilhamento e alongamento do colmo (aproximadamente entre 30 e 45 dias após a emergência), sendo esta a época correta, onde a planta mais necessita do nutriente para seu desenvolvimento. No caso da necessidade de doses mais elevadas, pode-se optar pelo parcelamento com duas aplicações em cobertura, sendo a primeira no início do afilhamento e a segunda no início do alongamento. Também, em alguns casos costuma-se realizar uma aplicação mais tardia, sendo realizada após o espigamento, essa última aplicação não aumenta o rendimento de grãos, mas pode favorecer uma maior concentração de proteínas no grão, podendo aumentar sua qualidade, mas não necessariamente a ponto de modificar a classificação comercial do grão (EMBRAPA, 2016)

Outro fator importante a ser levado em consideração é o momento da aplicação do nitrogênio. Em relação a ureia, vale lembrar que, dependendo das condições do ambiente, é um fertilizante muito suscetível a perdas quando aplicado em cobertura, principalmente perdas por volatilização de amônia (NH₃). Esse é ocasionado pela ação da enzima urease, que é produzida por microrganismos e está presente em todos os solos, sendo essa, uma enzima que pela hidrólise quebra a molécula de uréia, formando o NH₃, altamente volátil e facilmente perdido para a atmosfera. São muitos os fatores que interferem nas perdas de N por volatilização, como umidade do solo, temperatura, textura do solo, entre outros (AITA e GIACOMINI, 2003).

Como forma de visar um maior aproveitamento do fertilizante quando aplicado no solo, algumas medidas podem ser tomadas para diminuir a atividade da enzima uréase e a perda de NH₃ por volatilização, como preconizar a aplicação em temperaturas mais amenas e

preferencialmente no final da tarde. Os produtos da dissolução da ureia precisam ser incorporados ao solo o mais rápido possível, por isso a importância da umidade do solo para o transporte desse produto para o seu interior. Logo, o ideal seria planejar para essa aplicação da ureia ocorrer antes de uma chuva de média intensidade, diminuindo assim as perdas, mas por outro lado deve-se ter cuidado em relação a aplicação de nitrogênio antes de chuvas muito intensas e de grande volume pluviométrico onde pode acarretar em outras formas de perda do fertilizante, que seria por erosão e lixiviação. Além disso, outra alternativa que pode ajudar na diminuição das perdas de N por volatilização é o tratamento da ureia com inibidores da urease, onde trabalham diminuindo a atuação da enzima.

2.4 AS PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO DE ENTRE-SAFRA

A cobertura morta na superfície do solo é o principal componente do sucesso do Sistema Plantio Direto, atuando como reguladora de temperatura e da água do solo, no enriquecimento de matéria orgânica, na prevenção das diversas modalidades de erosão e no impedimento da emergência de plantas daninhas. A formação e a manutenção de cobertura morta nos trópicos, especialmente na região do Cerrado, no entanto, foram alguns dos principais obstáculos encontrados para o estabelecimento do sistema; altas temperaturas associadas à adequada umidade promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais incorporados ou não ao solo (KLUTHCOUSKI e STONE, 2003).

Conforme Klein (2010), a manutenção da cobertura do solo e a rotação de culturas são fundamentais para o bom funcionamento do sistema. Para a formação de palha e contribuindo com a cobertura adequada do solo, a utilização de culturas de cobertura, representa uma alternativa para os momentos em que o solo permanece em pousio. A ausência de culturas de cobertura favorece o desenvolvimento de plantas espontâneas, que podem representar um problema para o sistema, uma vez que muitas dessas plantas são de difícil controle, resultando em aumento do custo e podendo ocasionar competição com a cultura agrícola e redução de produtividade caso o controle dessas plantas espontâneas (daninhas) não seja eficiente.

Além do mais, a busca por sustentabilidade e uma agricultura mais conservacionista está diretamente ligada as plantas de cobertura, em otimizar recursos e jamais deixar o solo exposto, em pousio. Preconiza-se fortemente o processo de colher uma cultura e imediatamente semear

outra com intuito de deixar o solo o menor tempo possível descoberto. Se o produtor demorar a plantar outra cultura, a palha residual da cultura anterior poderá se decompor nesse período, descobrindo o solo. Por isso, quanto antes plantar a cultura seguinte, melhor (LOBATO, 2019).

Na região de clima temperado úmido no sul do Brasil, o intervalo de tempo entre as culturas de verão, como feijão, soja e milho, e a cultura de trigo é de aproximadamente três meses, período no qual é possível o plantio de coberturas verdes. Além dos benefícios que possam advir da ciclagem de alguns nutrientes e redução de erosão. Mori et al. (2003) verificaram ainda aumento da rentabilidade à lavoura de trigo quando foi cultivado nabo-forrageiro intercalar entre o milho e trigo.

Segundo Aita e Giacomini (2003), a maior parte da liberação do N após a formação da cobertura morta ocorre nos primeiros quinze dias, o que pode favorecer a implantação da cultura logo após a formação da cobertura; por outro lado, as plantas de cobertura podem liberar substâncias alelopáticas (ALMEIDA, 1991) e afetar o desenvolvimento da cultura subsequente (PURVIS, 1990).

2.5 AVEIA-PRETA (*AVENA STRIGOSA*), NABO FORRAGEIRO (*RAPHANUS SATIVUS L.*) E TRIGO MOURISCO (*FAGOPYRUM ESCULENTUM*) COMO PLANTAS DE COBERTURA

A presença da palha na superfície do solo é de fundamental importância na produção de resíduos vegetais com decomposição mais lenta, que mantenham o solo protegido por maior período de tempo (CERETTA et al., 2002). A cultura adequada para a cobertura do solo deve apresentar alta capacidade de produção de matéria seca, relação C/N equilibrada, não retirar N disponível para a cultura econômica em função de sua própria decomposição e decompor-se lentamente, a fim de permitir maior proteção do solo contra os efeitos do ambiente, da erosão e da emergência de plantas daninhas (CERETTA et al., 2002).

A persistência da cobertura vegetal sobre o solo depende da taxa de decomposição, que varia em função da espécie e sua composição química, de parâmetros climáticos, da forma de manejo da cobertura, da biomassa inicial e da idade do vegetal na época do manejo (ARAÚJO e RODRIGUES, 2000). Os cultivos de plantas dicotiledôneas produzem coberturas mortas de decomposição rápida, com alta porcentagem de folhagem e baixa relação C/N, com ação

alelopática mais intensa, mas de curta duração. Já os cultivos de monocotiledôneas, em especial as gramíneas, produzem coberturas mortas de decomposição mais lenta, em razão da relação C/N mais elevada (ALMEIDA, 1991).

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) é uma Brassicaceae anual de inverno com crescimento inicial muito rápido, que cobre o solo em 30 a 45 dias e compete com as plantas daninhas desde o início de seu desenvolvimento, tendo ainda a vantagem de não ser hospedeira comum dos fitopatógenos das demais espécies cultivadas, além de poder incorporar ao solo até 135 kg ha⁻¹ de N (SANTOS e REIS, 2001). É uma espécie altamente rústica, que se desenvolve bem em solos relativamente pobres e resiste a geadas tardias (SANTOS et al., 2002). O nabo tem a finalidade de proteção superficial do solo, formação de palhada e reciclagem de nutrientes (SANTOS e REIS, 2001), com a mobilização de elementos lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas mais profundas do solo (ALCÂNTARA et al., 2000).

Sobre o nabo forrageiro, Crusciol et al. (2005) infere que até o estágio de pré-florescimento, produz elevada quantidade de parte aérea em cultivo de inverno, acumulando 57,2, 15,3, 85,7, 37,4, 12,5 e 14,0 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S. O manejo do nabo forrageiro no estágio de pré-florescimento apresenta rápida degradação da palhada, liberando quantidades substanciais de macronutrientes, onde o K e N são os nutrientes disponibilizados em maior quantidade e velocidade para a cultura subsequente, e que a maior velocidade de liberação de macronutrientes pelo nabo forrageiro ocorre entre 10 e 20 dias após o manejo da fitomassa.

A aveia-preta (*Avena strigosa*) é recomendada para a rotação de culturas em semeadura direta no Sul do Brasil, em razão do seu abundante sistema radicular e alta produção de matéria seca da parte aérea, o que lhe assegura uma adequada cobertura do solo (ARAÚJO & RODRIGUES, 2000). A aveia contribui para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e apresenta lenta decomposição da palha devido à alta relação C/N e aos elevados teores de lignina, que aumentam com o desenvolvimento da cultura. O manejo da aveia deve ser efetuado na fase de floração a grãos leitosos, antes da emissão de 50% das panículas, para evitar a interferência com as culturas implantadas em sucessão.

Aos 30 dias após emergência da aveia-preta Crusciol et al. (2008), verificaram acúmulo de N, P e K respectivamente de 70,1 kg ha⁻¹, 14,7 kg ha⁻¹ e 88,4 kg ha⁻¹, os quais foram liberados ao solo a medida em que o tempo após o manejo aumentava. A máxima liberação de Nitrogênio

(N) ocorreu aos 63 dias após o manejo da aveia, enquanto a máxima liberação de Potássio (K) ocorreu aos 48 dias após o manejo. o Fósforo liberado dos tecidos orgânicos (ligados estruturalmente a moléculas proteicas e em compostos ligados ao transporte de energia), aos 35 e 53 dias após o manejo da aveia-preta, foram, respectivamente, de 9,4 e 12,7 kg ha⁻¹, caracterizando a aveia-preta como excelente recicladora desse elemento pouco solúvel (CRUSCIOL *et al.* 2008).

Um dos fatores consideráveis para utilizar a aveia-preta como planta de cobertura é o acúmulo de matéria seca, onde em 1 tonelada tem-se aproximadamente 23,7 kg de Nitrogênio por hectares, 5 kg de Fósforo e 30 de Potássio, os quais serão disponibilizados ao solo para a cultura sucessora (SANTOS, 2021). Sendo assim, Crusciol *et al.* (2008) demonstra que a aveia-preta além de ser uma excelente planta de cobertura é uma ótima cultura para inserção no sistema de produção visando reciclagem de nutrientes e sua liberação relativamente tardia para o sistema de produção.

O trigo mourisco ou trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) é uma planta dicotiledônea pertencente à família Polygonaceae, sem nenhum parentesco com o trigo comum. O trigo mourisco é uma planta rústica, de ciclo curto, de múltiplos usos. A farinha originária do trigo mourisco não possui glúten sendo recomendada para pessoas com intolerância ou alergia ao glúten. Os grãos, feno ou silagem do mourisco podem ser usados na alimentação de animais, pois alcança o mesmo valor nutritivo de gramíneas (SILVA *et al.* 2002).

Outra utilização do trigo mourisco, é como planta de cobertura (adubação verde) em função da sua grande tolerância à acidez e capacidade de utilização de sais de fósforo e potássio pouco solúveis no solo. Pasqualetto *et al.* (1999) ainda destacam o eficiente controle de plantas daninhas, tanto de espécies monocotiledôneas quanto dicotiledôneas, decorrente da utilização do trigo mourisco como cultura de cobertura. Em função dos exsudatos radiculares e pelo fato de ser uma planta de família distinta de todas as cultivadas efeitos positivos sobre doenças de plantas cultivadas devem ocorrer e ser estudados.

Segundo Klein *et al* 2010, o trigo sarraceno atinge massa verde de até 30 mg ha⁻¹ e massa seca de até 7 mg ha⁻¹ com altura de até 1,30 m aos 72 DAS.

Nesse sentido, O trigo mourisco é uma excelente opção como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes, bem como, uma alternativa de produção de grãos e forragem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2022, na área experimental do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen- RS, situada na região do Médio Alto Uruguai (noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), a 484 m de altitude. O relevo da área onde o experimento foi implantado é de topografia suave ondulado, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013). Por ocasião da instalação do experimento a análise química de solo mostrou o seguinte: teor de argila: 77%; pH (H₂O): 5,6; P: 8,0 mg dm⁻³ (Mehlich-1); K: 82,5 mg dm⁻³; Ca: 8,8 cmolc dm⁻³; Mg: 4,9 cmolc dm⁻³; e 3,7% de matéria orgânica.

As médias de temperatura e precipitação anuais da região estão entre 19,2°C e 1880 mm, o clima da região está classificado como Cfa ou subtropical úmido com verão quente (KÖPPEN-GEIGER, 1928).

A área experimental onde foi realizado o trabalho media 67 x 12,6 m, possuindo então uma área total de 844,2 m². O delineamento experimental empregado foi de blocos completos ao acaso (DBA), disposto em um bifatorial 4 X 4 em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram casualizados quatro manejos de cobertura (aveia, trigo mourisco, nabo e pousio) e nas subparcelas quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹). As coberturas que antecederam o trigo: aveia preta (AP), nabo forrageiro (NF), trigo mourisco (TM) e pousio (PO) alocadas nas parcelas principais (16 m comprimento e 3,2 m largura) e quatro doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹, nas sub parcelas de 3,2 x 4,0 m.

Para o controle de plantas daninhas foi realizada uma dessecação com o herbicida Dibrometo de Diquat na dose de de 2,0 L ha⁻¹ antes da implantação do experimento com as plantas de cobertura. Essas foram semeadas com um conjunto tratorizado por uma semeadora de inverno com 17 linhas espaçadas de 0,17 m ou 17 cm. A semeadura ocorreu no dia 19 de abril de 2022, sendo efetuado uma regulagem para distribuição de 20 kg ha⁻¹ de nabo forrageiro, 60 kg ha⁻¹ de trigo mourisco e 110 kg ha⁻¹ de aveia preta e o pousio que foi mantido livre de qualquer tipo de planta.

No dia 10 de junho de 2022 foi realizada uma aplicação com o herbicida de princípio ativo cletodim na dose de 500 ml ha⁻¹ para o controle de plantas daninhas de folha estreita nas parcelas com as plantas de cobertura e também visando manter o pousio limpo, principalmente

livre da presença de azevém e aveia. Durante todo o período foi mantido os experimentos livre de plantas daninhas, tanto de folhas largas como de folhas estreitas.

Nas plantas de cobertura em estágio de pré florescimento (08/07/2022) foi efetuada uma amostragem para avaliação da produção de matéria seca. Essas amostras foram levadas para a estufa e secas a 65°C até peso constante, após determinado a produção de matéria seca. Para isso, foi utilizado a coleta com um quadro de 50 x 50cm, equivalente a 0,25 m². No caso do trigo mourisco, ocorreu uma intempere climática (geada), no dia 15 de junho de 2022, a qual acabou antecipando a coleta para determinação da massa seca em função da morte das plantas. Após essa avaliação do trigo mourisco, foi realizada no dia 20 de julho de 2022 a dessecação das plantas de cobertura com o herbicida glifosato (dose de 3 litros ha⁻¹) e posteriormente feito a semeadura da cultura do trigo no dia 20 de julho de 2022.

A semeadura do trigo foi realizada no dia 20.07.2022 com a cultivar Tbio Toruk. A adubação utilizada na linha por ocasião da semeadura, foi de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e (super fosfato triplo), em cobertura a lanço após a semeadura foi 175 kg ha⁻¹ de K₂O sendo utilizado como fonte do cloreto de potássio. As quantidades foram calculadas para uma expectativa de rendimento de 4 ton ha⁻¹ segundo a Manual de Calagem e Adubação para os estados do RS e SC.

A quantidade de N aplicada na cultura foi de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ respectivamente sendo a ureia (45% de N) a fonte de N mineral utilizada. Nos tratamentos de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N foram aplicados 20 kg ha⁻¹ no momento da semeadura, e o restante, conforme cada tratamento, aplicado quando o trigo estava no estágio de afilhamento (aproximadamente 35 dias após a emergência).

No florescimento foi coletado uma área de 0,25 m² para determinação da matéria seca do trigo. Essas amostras foram levadas a estufa e secas a 65°C até peso constante e determinado a matéria seca da parte aérea da planta (MSPA). Na pré-colheita do trigo, foram medidas dez plantas (haste principal) aleatórias dentro da área útil de cada medindo-se a altura de plantas (AP) da superfície do solo até a base da última espiga, sem medir a arista, e também a variável número de afilhos (NA), obtido pela contagem do número de espigas em um metro linear em dois pontos de cada parcela.

Por ocasião da colheita, foram realizadas as seguintes avaliações: coleta de dez plantas (haste principal) aleatórias dentro da área útil de cada parcela e analisadas algumas variáveis

como comprimento da espiga (CE) medindo-se com o auxílio de uma régua do início até o final da espiga, número de espiguetas por espiga (NEE) contada de forma manual e produção de matéria seca das espigas de cada tratamento (MSE).

Para a avaliação final de produtividade, foi coletado dentro de cada parcela 8 linhas centrais (3m x 8 linhas), desconsiderando-se 0,5 metros das bordaduras (4,08 m²) onde procedeu-se a trilha tratorizada do material coletado, análise da umidade dos grãos, o peso corrigido a 13% de umidade e expressado em kg ha⁻¹. Dessas amostras da trilha, foi efetuada também a determinação do peso de mil grãos (PMG) através da máquina de contagem de sementes e pesado na balança de precisão e por fim, a avaliação do peso hectolítrico (PH) determinado em equipamento específico.

Os dados foram inicialmente analisados quanto a aderência dos resíduos a distribuição normal e a homogeneidade das variâncias residuais, por meio dos testes de Shapiro Wilk ($p < 0,05$) e Bartlett ($p < 0,05$), os quais identificaram o atendimento dos pressupostos estatísticos. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para determinar os possíveis efeitos de tratamentos e interação. Quando verificado efeito significativo pelo teste F ($p < 0,05$), foram procedidas as devidas análises complementares, sendo aplicado o teste de comparação múltipla de médias Scott-Knott ($p < 0,05$) para o fator manejo e, ajustados regressões polinomiais para o fator doses de nitrogênio. As análises foram realizadas e os gráficos confeccionados com o auxílio do software R (R core Team, 2022), utilizando os pacotes ExpDes (Ferreira et al., 2021), MASS (Venables & Ripley, 2002), ggplot2 (Wickham, 2016) e cowplot (Wilke, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a análise de variância (ANOVA) não houve interação significativa entre plantas de cobertura x doses de N para todas as variáveis (Tabela 1). Entretanto, ao analisar os efeitos principais, se observou significância das plantas de cobertura na MMG (massa de mil grãos). Para o fator doses de nitrogênio foi observado efeito significativo para as variáveis AP (altura de plantas), NE (número de espigas por m²), CE (comprimento de espiga), NEE (número de espiguetas por espiga), MMG (massa de mil grãos), MSP (massa seca produzida) e Prod. (produtividade de grãos).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro para as fontes de variação e coeficiente de variação, para os componentes de rendimento do trigo.

Fontes de variação	AP	NE	CE	NEE	NGE	MMG	MSP	Prod
Manejo	113.73	159.30	0.11	0.85	37.80	6.71*	1936389.00	1492764.00
Bloco	120.34	153.20	0.11	0.88	21.37	0.36	917500.00	9800195.00
Erro a	60.86	164.40	0.14	0.42	12.00	1.158	4139722.00	1367569.00
Doses	281.23*	3173.70*	1.65*	4.73*	17.27	32.18*	24087500.00*	5293214.00*
Manejo x Doses	11.06	90.70	0.09	0.32	5.08	2.80	944537.00	201931.00
Erro b	10.83	192.50	0.08	0.31	12.82	1.42	438611.00	355527.00
CV 1 (%)	10.24	12.55	5.16	4.52	10.46	10.46	30.20	34.46
CV 2 (%)	4.32	13.59	3.97	3.91	10.81	10.81	9.83	17.57

AP: altura de planta (cm); NE: número de espigas (m l⁻¹); CE: comprimento da espiga (cm); NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; MMG: massa de mil grãos (g); MSP: massa seca produzida (kg ha⁻¹); e Prod: produtividade (kg ha⁻¹).

*Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

A variável NGE (número de grãos por espiga) não foi influenciada significativamente pelos fatores estudados, sendo obtido média geral de 33,12 grãos por espiga de trigo.

A massa seca produzida pelas plantas de cobertura foi de 3,5 ton ha⁻¹ (3507 kg) para a aveia preta, 5,1 ton ha⁻¹ (5093 kg) de massa seca para o nabo forrageiro e 0,5 ton ha⁻¹ (520 kg) para o trigo mourisco. O acúmulo de nitrogênio na parte aérea dessas culturas é descrito por alguns autores, Pereira et. al (2017) onde encontraram um acúmulo de 68,83 kg ha⁻¹ de nitrogênio na parte aérea do trigo mourisco, com uma produção de 6,78 toneladas por hectare de massa seca. Já Ziech et al. (2014) verificaram que o nabo forrageiro com uma massa seca de 3177 kg ha⁻¹ o acúmulo foi de 65 kg ha⁻¹ de N, e que a aveia preta com uma massa seca de 4562 kg ha⁻¹ acumulou 60 kg ha⁻¹ de N por hectare, enquanto Calegari et al. (1992), trabalhando em

solo rico em MO, encontraram um acúmulo de N pelo nabo de 112 kg ha⁻¹ e Crusciol et al. (2008) avaliou a aveia-preta, onde a matéria seca produzida por hectare foi de 2953 kg e o acúmulo de N foi 69,99 kg ha⁻¹, então o autor afirma que uma tonelada de matéria seca de aveia-preta acumula aproximadamente 23,7 kg de N por hectare.

Segundo as literaturas consultadas, para o presente experimento o acúmulo de N na massa seca para a aveia preta foi de 83,1 kg ha⁻¹, para o nabo forrageiro foi de 104,2 kg ha⁻¹, e para o trigo mourisco de 5,07 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A menor produção de matéria seca do trigo mourisco deve-se principalmente ao fator geada que ocorreu e acabou impactando na produção da cobertura. Tratando-se da disponibilidade desse nutriente, Ziech et al. (2014) diz que a velocidade de liberação do nitrogênio acumulado por plantas de cobertura para o sistema de produção, pode variar em função de uma série de fatores, desde condições ambientais até a fauna microbiana do solo, e que, de modo geral, pode-se dizer que Poaceas (gramíneas) tendem a apresentar liberação mais lenta do N dos resíduos culturais em comparação a Fabaceas, fato atribuído principalmente a relação C/N das plantas.

Mesmo no pousio, com a dose de 0 kg N ha⁻¹ se observa uma boa produtividade de 2.718 kg ha⁻¹, equivalente a 45,3 sacas por hectare (tabela 2). Segundo Prando et al. (2013), isto demonstra que grande parte do N extraído e utilizado pela planta, possivelmente, foi oriundo dos restos culturais da soja e da mineralização da matéria orgânica do solo, e que, nestas condições, doses menores de N são suficientes para a obtenção de boas produtividades. Prando et al. (2012), em outra condição edafoclimática, obtiveram produtividade de trigo superior a 4.000 kg ha⁻¹, sem a aplicação de N em cobertura, e com apenas 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura.

Tabela 2 – Resumo das produtividades de grãos de trigo (kg ha⁻¹) em função das plantas de cobertura e doses de nitrogênio.

	Produtividade (kg ha ⁻¹):			
	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹
AVEIA PRETA	1815,773	4038,388	2995,937	3308,54
TRIGO MOURISCO	2579,69	4297,451	3889,684	3875,294
NABO	2424,902	3802,07	3010,37	3070,37
POUSIO	2718,094	4317,723	4026,961	3282,396

O trigo semeado sobre o nabo forrageiro quando comparado ao pousio não teve incremento de produtividade, podendo ser justificado pelo restrito intervalo de tempo disponível para a cultura de nabo forrageiro entre a colheita de soja e a semeadura de trigo, circunstância que impossibilitou o pleno desenvolvimento vegetativo das coberturas. O mesmo

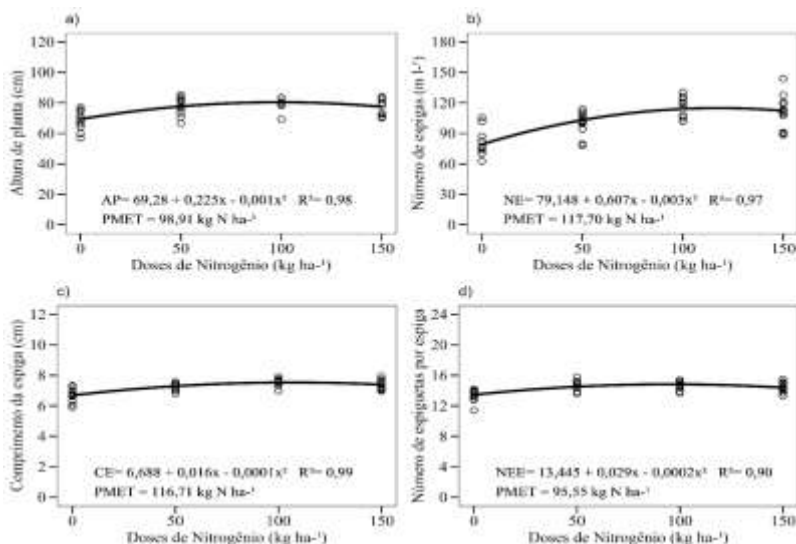
resultado foi encontrado por o Kochhann et. al (2003), onde afirmaram que a produção limitada de fitomassa gerada pelo nabo forrageiro manifestou efeito similar ao pousio nas respostas da cultura de trigo às doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

Os resultados de produtividades obtidos sobre a semeadura na cobertura de aveia preta foram inferiores ao pousio, podendo ser relacionado com a alta relação C/N e imobilização temporária do nitrogênio no solo para a decomposição da palhada da aveia. Resultados esses encontrados em pastagens com excesso de resíduos orgânicos que aumentam a quantidade de N imobilizado em forma não-disponível (ROBBINS et al., 1989).

O trigo semeado sob o trigo mourisco teve as maiores produtividades se comparado aos tratamentos com nabo forrageiro e aveia preta. Esse resultado pode estar relacionado a rápida ciclagem de nutrientes, principalmente do nitrogênio. Klein et. al (2010) observaram elevada capacidade do trigo mourisco em reciclar nutrientes como o N e o K, chegando a 112 kg ha⁻¹ de N e 214 kg ha⁻¹ de K, nutrientes estes que estão mais sujeitos a perdas por lixiviação, enxurrada ou volatilização.

Ao analisar a influência das doses de nitrogênio sob as variáveis altura de planta, número de espigas, comprimento de espiga e número de espiguetas por espiga, foi observado resposta quadrática ao incremento das doses aplicadas, com valores de máxima eficiência técnica variando de 95,5 a 114,7 kg de N ha⁻¹ (Figura 1).

Figura 1 – Regressões ajustadas para a variáveis altura de planta (a), número de espigas (b), comprimento da espiga (c) e número de espiguetas por espiga (d) do trigo cultivado sob quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹).



Para a altura de plantas, a máxima eficiência técnica foi observada quando se utilizou a dose de 98,91 kg N ha⁻¹, mostrando que doses acima de 100 kg N ha⁻¹ não incrementaram essa variável, contudo, favoreceu o acamamento (observação visual). Almeida et al. (2002) observaram efeito positivo do N na emissão, desenvolvimento e sobrevivência de perfilhos. Logo, este aumento no acamamento, em função da adubação nitrogenada, deve-se, possivelmente, ao aumento no número de perfilhos e não a massa da planta, que poderia estar reduzindo a resistência do colmo. Para Fornasieri Filho (2008), o acamamento de plantas de trigo pode ocorrer em maior intensidade, dependendo do genótipo, que determina a altura de planta, a resistência do colmo e o sistema radicular, sendo influenciado, principalmente, pelas doses de N e pelo excesso de chuvas, ao final do ciclo da cultura. Uma alternativa para minimizar a ocorrência do acamamento é a utilização de redutores de crescimento que proporcionam diminuição na altura de plantas (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

Para a variável número de espigas de trigo por área, quantificou-se um efeito positivo com o incremento da dose de nitrogênio, sendo o ponto de máxima eficiência técnica na dose de 117,70 kg N ha⁻¹.

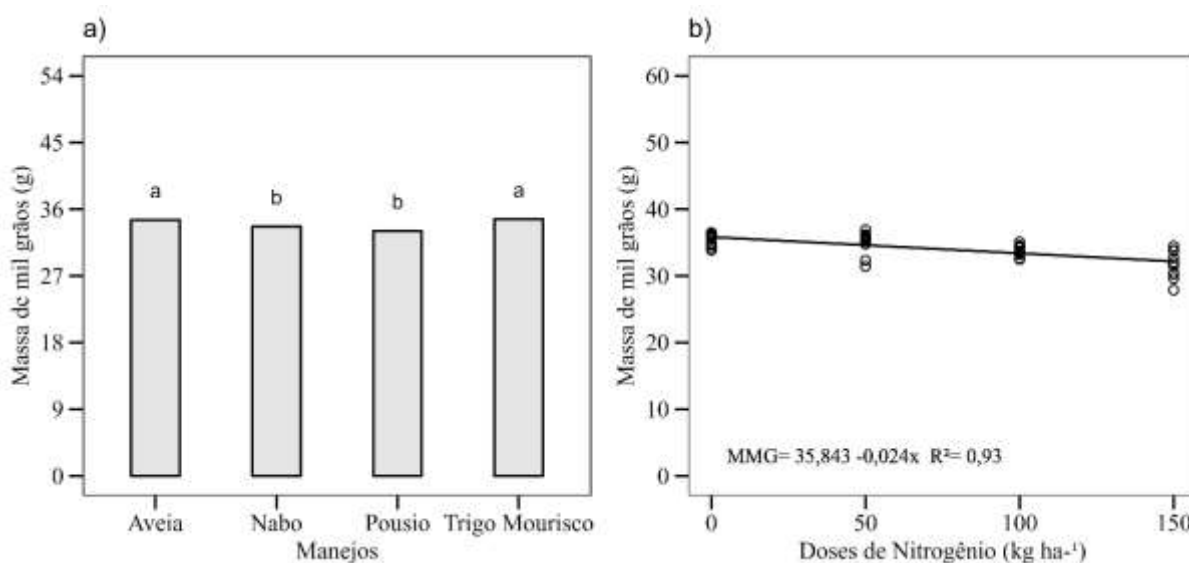
Para a variável comprimento de espiga, verifica-se interação positiva com o aumento das doses de nitrogênio, sendo o mesmo observado por Freitas et al. (1994), que ao estudarem as respostas da produção de grãos e outras características agronômicas de diferentes cultivares de trigo à adubação nitrogenada, para as doses 0; 60 e 120 kg ha⁻¹, também observaram efeitos significativos para doses de nitrogênio em relação ao comprimento de espiga e número de espiguetas por espiga. Por outro lado, Pettinelli Neto et al. (2002), constataram que não houve efeito das doses de N sobre o número de grãos por espiga. Para Filho et al. (2007), essas respostas contraditórias, podem estar associadas aos diferentes materiais utilizados, às condições do solo e clima, à época de aplicação do nitrogênio e ao manejo da cultura.

Quanto ao número de espiguetas por espiga, houve incremento positivo com o aumento da dose do nitrogênio, sendo observado o ponto de máxima eficiência técnica para a dose de 95,55 kg N ha⁻¹. Nesse sentido, Bredemier e Mundstock (2001), caracterizando o período do desenvolvimento crítico para suplementação de N em cobertura em duas cultivares de trigo e avaliando os componentes do rendimento de grãos, concluíram que o tratamento em que o nitrogênio foi aplicado no início do ciclo (emissão da terceira folha) estimulou o aumento no número de espiguetas por espiga. Silva e Goto (1991), também investigando o comportamento de 3 cultivares de trigo de sequeiro após a soja precoce, na região do Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais, sem aplicação e com aplicação de todo N no plantio, também verificaram que a

adubação nitrogenada promoveu maior número de espiguetas por espiga, resultados esses, que vão de encontro o observado no presente estudo.

As plantas de cobertura influenciaram significativamente na MMG, sendo as maiores médias observadas quando o trigo foi cultivado em sucessão ao mourisco e aveia preta (Figura 2a). Além disso, foi verificado que a massa de mil grãos reduziu linearmente com o incremento nas doses de nitrogênio (Figura 2b), resultados esses, que não corroboram como os encontrados por Braga et al. (2005), onde o cultivo do trigo em sucessão às gramíneas, as produtividades foram menores. Esse comportamento foi observado em razão da baixa disponibilidade de N para o trigo cultivado em sucessão a gramíneas, que promovem a imobilização desse nutriente, durante o processo de decomposição. Desse modo o fornecimento de N é fundamental para compensar a imobilização, resultando em incrementos na produtividade.

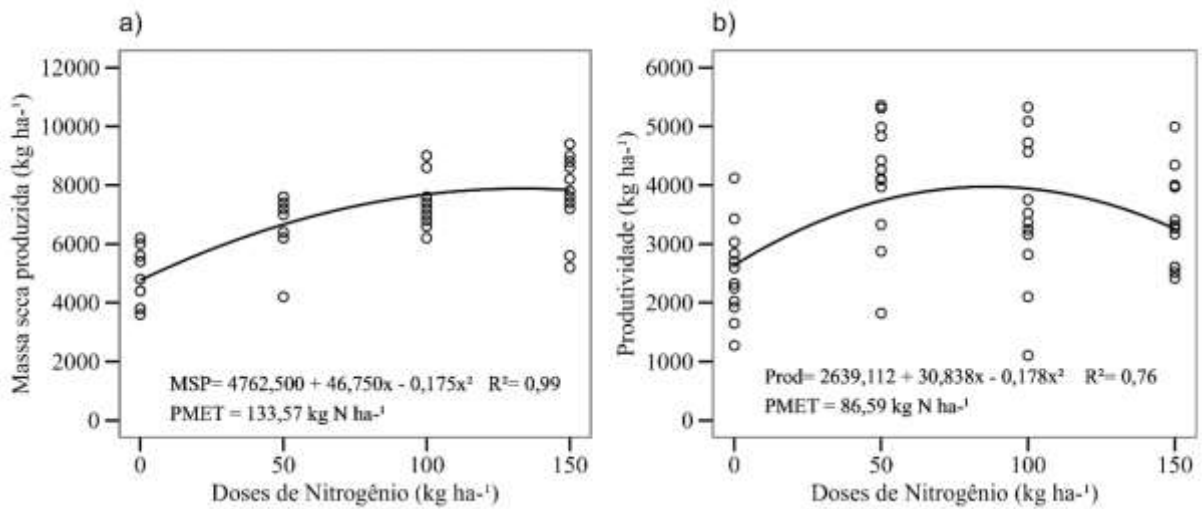
Figura 2 – Massa de mil grãos (MMG) de trigo cultivado sob quatro manejos de cobertura (a) e regressão ajustada para quatro doses de nitrogênio (b).



*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre sí, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade de erro (a).

A produção de matéria seca e a produtividade de grãos do trigo responderam de forma quadrática ao incremento das doses de nitrogênio aplicado, sendo verificados valores de máxima eficiência técnica de 133,6 kg N ha⁻¹ e 86,6 kg N ha⁻¹, respectivamente (Figura 3). O efeito benéfico do nitrogênio na produtividade da cultura do trigo é amplamente relatado na literatura (ZAGONEL et al., 2002; TRINDADE et al. 2006; TEIXEIRA FILHO et al., 2007).

Figura 3 – Regressões ajustadas para as variáveis massa seca produzida (a) e produtividade (b) do trigo cultivado sob quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹).



Segundo Zagonel & Fernandes (2007), quanto a produtividade de grãos de trigo, nas doses muito altas de nitrogênio ocorreu o acamamento, o qual prejudica o rendimento de grãos, pois as plantas acamadas recebem menor luminosidade e a translocação da seiva pelo colmo é prejudicada, reduzindo a massa de 1.000 grãos e, conseqüentemente, a produtividade. Doses menores de N limitam a produtividade, enquanto doses maiores podem levar ao acamamento de plantas, dificultando a colheita e reduzindo a produtividade (ZAGONEL et al. 2002).

5. CONCLUSÕES

Não houve resposta significativa do cultivo do trigo em sucessão as plantas de cobertura. Quanto a dose de nitrogênio, o ponto de máxima eficiência técnica na produtividade de grãos foi observado com aplicação de 86,5 kg ha⁻¹ não sendo necessário aplicação de doses maiores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.601- 612, 2003.

ALMEIDA, F.S. A alelopatia e as plantas. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1988. 60 p. (Circular Técnica, 53).

ALMEIDA, F.S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.2, p.221-223, 1991.

ALMEIDA, M. L. et al. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de afilhos e acumulação de massa seca. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 377-383, 2002.

BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 91p. (Tese de Mestrado)

BAZZO, José Henrique Bizzarri *et al.* Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Revista Cultura Agrônômica*. v.30, n.1, p.39-50, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1132105/1/Bazzo.et.al.2021.Rev.Cultura.Agron-Vigor.sem.Trigo.UEL.pdf>. Acesso em: 29 dez 2022.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 25, n. 2, p. 317-323, 2001.

CONAB. **Análise mensal de trigo – outubro de 2022.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-eextrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/19439-trigo-analise-mensal-outubro-2022>. Acesso em: 29 dez 2022.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/74D7J4CYbJtmCkqbSyJN9Cj/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 29 dez 2022.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a24v67n2.pdf>. Acesso em: 26 dez 2022.

EMATER/RS. **Estimativa inicial da safra de inverno 2022 porto alegre, junho de 2022. estimativa inicial da safra de inverno 2022.** Disponível em: https://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_07062022.pdf. Acesso em 29 dez 2022.

EMBRAPA. **Trigo, uma safra para ficar na história.** Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77085844/trigo-uma-safra-para-ficar-na-historia?p_auth=s8uXUYXL. Acesso em: 29 dez 2022.

EMBRAPA. **Agricultura conservacionista: conheça os preceitos e práticas para o Cerrado.** Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48440960/agricultura-conservacionista-conheca-os-preceitos-e-praticas-para-o-cerrado>. Acesso em: 26 dez 2022.

FERREIRA, Eric Batista; CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves (2021). *ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs*. R package version 1.2.2.

FILHO, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira *et al.* Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio. *Acta Sci. Agron. Maringá*, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/471/283>. Acesso em: 04 jan 2023.

FORNASIERI FILHO, D. *Manual da cultura do trigo*. Jaboticabal: Funep, 2008.

KLEIN, Vilson Antônio *et al.* Trigo mourisco: uma planta de triplo propósito e uma opção para rotação de culturas em áreas sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*, maio, 2010. Passo Fundo - RS. Disponível em <https://www.plantiodireto.com.br/storage/files/117/7.pdf>. Acesso em 29 dez 2022.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Palhada de braquiária no sistema plantio direto. In: KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F. (Ed.). Integração lavoura pecuária: agregação de valores, custo e sustentabilidade. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 499-522.

KOCHHANN, Rainoldo Alberto et. al. Rendimento de grãos de trigo cultivado em seqüência ao adubo verde nabo forrageiro. Circular Técnica 116 Embrapa trigo, dezembro, 2003, Passo Fundo, RS. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co116.pdf. Acesso em 27 jan 2023.

MANUAL de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de química e fertilidade do solo. Porto Alegre, 2004. 400p.

MONTEIRO, Héliida Christine de Freitas et. al. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. Revista brasileira zootécnica, v.31, n.3, p.1092-1102, 2002 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/mxzhRHGF5cTnGD6rK4QW4dk/?lang>. Acesso em: 27 jan 2023.

NETO, Francisco Skora; CAMPOS, Antonio Carlos Campos. Plantas de cobertura antecedendo a cultura de trigo. Scientia Agraria Parana. Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 4, out./dez., p. 463-467, 2017. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/download/15748/12131/0>. Acesso em: 26 dez 2022.

PEREIRA, Alan Pedro et. al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. Revista de Ciências Agrárias, 2017,40(4): 799-807. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16523/13464>. Acesso em: 27 jan 2023.

PRANDO, Andre Mateus et al. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 1, p. 34-41, jan./mar. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/CjYQ5VmpTmxZCPXYp/?lag=pt&format=pdf>. Acesso em 05 jan 2023.

PIRES, J. L. F.; CASTRO, R. L. de; GUARIENTI, E. M.; EICHELBERGER, L.; TIBOLA, C. S.; REMOR, C. Momento de aplicação de nitrogênio em cobertura em trigo: qualidade tecnológica e rendimento em grãos. Passo Fundo, 2011.

R Core Team 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing.

RIZZARDI, Mauro Antônio *et al.* Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. Revista Plantas daninhas. Dez, 2006. Passo Fundo - RS. Disponível em <https://www.scielo.br/j/pd/a/pBQz9nvQTBFVXGw76SGRwfg/?format=html&lang=pt#>. Acesso em 29 dez 2022.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S. E. Redutores de crescimento. Passo Fundo: EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica, 14).

SÁ, João Carlos de Moraes *et al.* Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. Environment international, v.98, p.102-112, 2017. Disponível em: <https://climatescience.ru/uploads/pubs/9/99/990/9902d558085834c.pdf>. Acesso em 26 dez 2022.

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

SANTOS, H. P. *et al.* Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142 p.

SKORA NETO, F.; CAMPOS, A.C. Alteração populacional da flora infestante pelo manejo pós-colheita e ocupação de curtos períodos de pousio com coberturas verdes. In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, São Pedro, SP. Resumos expandidos. Londrina: SBCPD, 2004

SOUZA, Débora Livia Marcolino de. **Elaboração de biscoito funcional, tipo amanteigado à base da farinha do feijão caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*)**. 2020. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do sertão pernambucano campus Salgueiro. Pernambuco, 2020. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/bitstream/123456789/667/1/2020%20D%C3%89BORA%20LIVIA%20MARCOLINO%20DE%20SOUZA.pdf>. Acesso em 26 dez 2022.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D (2002). Modern Applied statistics with S. 4ª edição. Springer, New York.

WICKHAM, H (2016). Ggplot2: Elegant grafics for data analysis. Springer-Verlag, New York, 2016.

WILKE, Orcide (2020). Cowplot: Streamlined plot theme and plot annotations for ‘ggplot2’. R package version 1.1.1.

ZAGONEL, J.; KUNZ, R.P. Doses de nitrogênio e de regulador de crescimento (Moddus) afetando o trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 20., 2005, Londrina. Resumos e atas. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p. 135-140.

ZIECH, Ana Regina Dahlem. Plantas de cobertura do solo na melhoria do Sistema Plantio Direto. Revista Plantio Direto, 2011, ed.141. Disponível em: <https://www.plantiodireto.com.br/storage/files/141/7.pdf>. Acesso em 27 jan 2023.