

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: AGRICULTURA  
E AMBIENTE

Eveline Ferreira Soares

**INTERAÇÃO ENTRE FONTES NITROGENADAS E PLANTAS DE  
COBERTURA DE OUTONO/INVERNO: IMPACTO NO DESEMPENHO  
AGRONÔMICO DE TRIGO E NA DIVERSIDADE DA FAUNA  
EDÁFICA**

Frederico Westphalen, RS  
2022

**Eveline Ferreira Soares**

**INTERAÇÃO ENTRE FONTES NITROGENADAS E PLANTAS DE COBERTURA  
DE OUTONO/INVERNO: IMPACTO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE  
TRIGO E NA DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso  
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Ferreira da Silva

Frederico Westphalen, RS  
2022

Soares, Eveline Ferreira

Interação entre fontes nitrogenadas e plantas de cobertura de outono/inverno: impacto no desempenho agrônômico de trigo e na diversidade da fauna edáfica / Eveline Ferreira Soares. - 2022.

75 p.; 30 cm

Orientador: Claudir José Basso

Coorientador: Rodrigo Ferreira da Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2022

1. Cama de aves 2. Colêmbolos 3. Sistema Plantio Direto 4. Qualidade do solo I. Basso, Claudir José II. da Silva, Rodrigo Ferreira III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

©2022

Todos os direitos autorais reservados a Eveline Ferreira Soares. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só pode ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: soares.eveline@yahoo.com

**Eveline Ferreira Soares**

**INTERAÇÃO ENTRE FONTES NITROGENADAS E PLANTAS DE COBERTURA  
DE OUTONO/INVERNO: IMPACTO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE  
TRIGO E NA DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

**Aprovado em 14 de fevereiro de 2022:**



---

**Claudir José Basso, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



---

**Danni Maisa da Silva, Dra. (UERGS)**



---

**Jackson Ernani Fiorin, Dr. (UNICRUZ/CCGL)**

Frederico Westphalen, RS  
2022

*À minha mãe, Marta, aos meus irmãos  
Caroline e João Victor e ao meu  
namorado Cleber, pelo incentivo e apoio  
em todos os momentos*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida, por sempre estar ao meu lado guiando meus passos e me mostrando o caminho.

Agradeço a minha mãe, Marta, pelo exemplo e incentivo em todos os momentos. Aos meus irmãos, Caroline e João Victor, pelo apoio, carinho e compreensão. Agradeço a toda minha família (avó, tios, primos) por ajudarem e estarem ao meu lado durante essa etapa da minha vida.

Ao meu namorado, Cleber, pelo amor, incentivo, companheirismo e apoio financeiro e emocional.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade para realização do Mestrado. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Claudir José Basso, pela orientação, amizade, confiança e apoio em mim depositados durante a realização deste trabalho e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao meu co-orientador professor Dr. Rodrigo Ferreira da Silva, pela orientação, amizade e confiança.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente por todo o conhecimento compartilhado.

Ao laboratorista Lucindo Somavilla pelo auxílio, dicas e materiais disponibilizados para realização das análises.

Aos amigos do Gupo de Pesquisa em Plantas de Lavoura: Chaiane Basso, Fernanda Marcolan, Gabriel Pasinato, Guilherme Manzano, Janine Feltes, Denise Maria, Eduarda Vargas, Mateus Sangiovo, Rian Mello e Taylene Marinho.

A todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para a realização desse sonho.

Enfim, a todos aqueles não citados, que contribuíram diretamente e indiretamente para que eu vencesse mais esta importante etapa de minha vida.

A todos vocês, muito obrigada!

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”*

(José de Alencar)

## RESUMO

# INTERAÇÃO ENTRE FONTES NITROGENADAS E PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO: IMPACTO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE TRIGO E NA DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA

AUTORA: Eveline Ferreira Soares  
ORIENTADOR: Claudir José Basso

As informações com relação a utilização de plantas de cobertura de solo no outono/inverno, com uso de cama de aves como fonte de nitrogênio (N) na cultura do trigo, são escassas e os estudos na maioria dos casos, bastante segmentados. Com a alta nos preços dos fertilizantes minerais nitrogenados e a perspectiva da falta de insumos para a próxima safra, faz-se necessário pensar em estratégias capazes de atenuar possíveis impactos. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar a contribuição do cultivo isolado e/ou consorciado de plantas de cobertura de solo no outono/inverno e da utilização da cama de aves como fonte de N na cultura do trigo em sucessão sobre a comunidade da mesofauna e macrofauna do solo, nos parâmetros de planta e na produtividade final de grãos de trigo. O estudo foi conduzido nos anos agrícolas de 2019 e 2020 em um Latossolo Vermelho Distroférrico, na Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos, nas parcelas, constituíram-se das culturas de cobertura de solo no outono/inverno: aveia-preta, nabo forrageiro, consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e o pousio (sem nenhuma cobertura vegetal). Nas subparcelas, os tratamentos constituíram-se de quatro estratégias de manejo de N na cultura do trigo: 100% da recomendação de N via fonte mineral (ureia), 100% do N via cama de aves, 50% do N via cama de aves + 50% do N via mineral e a testemunha (sem aplicação de N). A aplicação de cama de aves incrementou a produtividade de grãos de trigo, sendo uma alternativa para substituição parcial quando associada à ureia, ou em substituição total do N-mineral. Para os tratamentos com plantas de cobertura de solo, os cultivos de nabo solteiro e o consórcio de aveia-preta + nabo influenciou positivamente no desempenho agrônômico e produtividade de grãos de trigo. Para a fauna edáfica, a utilização de plantas de cobertura de solo no outono/inverno induziu a abundância de organismos que foi representada em sua maioria, pela ordem Collembola, pertencentes a família Entomobryidae. O cultivo isolado ou consorciado de plantas de cobertura de solo, associado a utilização do N via cama de aves possibilitou uma maior diversidade de espécies e uma distribuição mais estável na comunidade de organismos edáficos.

**Palavras-chave:** Cama de aves. Colêmbolos. Sistema Plantio Direto. Qualidade do solo.



## ABSTRACT

### INTERACTION BETWEEN NITROGEN SOURCES AND AUTUMN/WINTER COVER PLANTS: IMPACT ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF WHEAT AND ON THE DIVERSITY OF EDAPHIC FAUNA

AUTHOR: Eveline Ferreira Soares

ADVISOR: Claudir José Basso

Information regarding the use of ground cover plants in autumn/winter, with the use of poultry litter as a source of nitrogen (N) in wheat, is scarce and the studies, in most cases, are quite segmented. With the rise in the prices of mineral nitrogen fertilizers and the prospect of a lack of inputs for the next harvest, it is necessary to think of strategies capable of mitigating possible impacts. Thus, the objective of this study was to determine the contribution of isolated and/or intercropped cultivation of ground cover plants in autumn/winter and the use of poultry litter as a source of N in the wheat crop in succession on the mesofauna and macrofauna soil community, plant parameters and final wheat grain yield. The study was conducted in the 2019 and 2020 crop years in a Distroferric Red Latosol, at the Federal University of Santa Maria campus of Frederico Westphalen, in a randomized block design with split plots and three replications. The treatments, in the plots, consisted of the autumn/winter ground cover crops: black oat, forage turnip, black oat + forage turnip intercropping and fallow (without cover plants). In the subplots, the treatments consisted of four N management strategies in the wheat crop: 100% of N recommendation via mineral source (urea), 100% of N via poultry litter, 50% of N via poultry litter + 50% of N via mineral and the treatment control (without N application). The application of poultry litter increased the productivity of wheat grains, being an alternative for partial replacement when associated with urea, or in total replacement of N-mineral. For treatments with ground cover plants, single forage turnip crops and the intercropping of black oat + forage turnip positively influenced the agronomic performance and wheat grain yield. For the edaphic fauna, the use of ground cover plants in autumn/winter induced the abundance of organisms that were represented mostly by the order Collembola, belonging to the Entomobryidae family. The isolated or intercropped cultivation of ground cover plants, associated with the use of N via poultry litter, allowed a greater diversity of species and a more stable distribution in the community of edaphic organisms.

**Key Words:** Poultry litter. Springtails. Tillage System. Soil quality.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (°C), média de sete em sete dias, durante o período de condução do experimento, nos anos de 2019 (a) e 2020 (b)..... 26

### ARTIGO II

- Figura 1 – Variáveis meteorológicas coletadas através da estação automática no período de 01/12/2020 a 18/12/2020, Frederico Westphalen, 2020.....62
- Figura 2 – Frequência relativa de famílias de Collembola encontrados no solo em diferentes plantas de cobertura A) aveia-preta, (B) consorciação aveia-preta + nabo forrageiro, (C) nabo forrageiro e (D) pousio, para as fontes nitrogenadas, adubação 100% do N via cama de aves (CA), adubação 100% do N via mineral (Mi), adubação 50% do N via cama de aves e 50% do N via mineral mineral (CAMi) e testemunha sem adubação (Test).....65
- Figura 3 – Representação gráfica da análise de componentes principais (PCA), relacionando as dimensões 1 e 2, referentes à abundância da fauna do solo, índice de dominância de Simpson, índice de diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou e número de colêmbolos, sob a influência das plantas de cobertura e fontes nitrogenadas. 1 Aveia-preta + CA, 2 Aveia-preta + Mi, 3 Aveia-preta + CAMi, 4 Aveia-preta + Test, 5 Aveia-preta + Nabo forrageiro + CA, 6 Aveia-preta + Nabo forrageiro + Mi, 7 Aveia-preta + Nabo forrageiro + CAMi, 8 Aveia-preta + Nabo forrageiro + Test, 9 Nabo forrageiro + CA, 10 Nabo forrageiro + Mi, 11 Nabo forrageiro + CAMi, 12 Nabo forrageiro + Test, 13 Pousio + CA, 14 Pousio + Mi, 15 Pousio + CAMi, 16 Pousio + Test.....66

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabela 1 – | Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre a estatura de plantas (EP) no trigo, em dois anos agrícolas.....  | 29 |
| Tabela 2 – | Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre a massa de mil grãos (MMG) no trigo, em dois anos agrícolas.....  | 30 |
| Tabela 3 – | Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre a produtividade de grãos (PG) no trigo, em dois anos agrícolas.....   | 32 |
| Tabela 4 – | Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre o acúmulo de nitrogênio no tecido da parte aérea (NT) no trigo, em dois anos agrícolas.....   | 33 |
| Tabela 5 – | Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre o número de espigas por planta (NEP) e matéria seca da parte aérea (MS) no trigo, no ano de 2020.....   | 34 |
| Tabela 6 – | Efeito de plantas de cobertura sobre o número de espigas por planta (NEP) número de espiguetas por espiga (NEE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE), matéria seca da parte aérea (MS) e número de grãos por espiga (NGE) no trigo, em dois anos agrícolas..... | 35 |
| Tabela 7 – | Efeito de fontes nitrogenadas sobre o número de espigas por planta (NEP), número de espiguetas por espiga (NEE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE), matéria seca da parte aérea (MS) e número de grãos por espiga (NGE) no trigo, em dois anos agrícolas..... | 38 |

### ARTIGO II

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabela 1 – | Número médio de organismos distinguidos por grupos funcionais, total de grupos, identificação dos grupos (classe/ordem), abundância, total e frequência relativa (FR), sob diferentes plantas de cobertura de solo e fontes nitrogenadas..... | 63 |
|------------|---|----|

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2 – Índice de diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equabilidade de Pielou da fauna edáfica sob diferentes plantas de cobertura e fontes nitrogenadas..... | 64 |
|---|----|

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | <b>16</b> |
| 2.1 A CULTURA DO TRIGO .....   | 16        |
| 2.2 O NUTRIENTE NITROGÊNIO (N) .....   | 17        |
| 2.3 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO NO OUTONO/INVERNO.....  | 18        |
| 2.4 FONTE ALTERNATIVA DE NITROGÊNIO: CAMA DE AVES.....   | 19        |
| 2.5 FAUNA EDÁFICA E A QUALIDADE DO SOLO .....  | 20        |
| <b>3 ARTIGO I – PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO E CAMA DE AVES NA CULTURA DO TRIGO: IMPACTO SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO E A PRODUTIVIDADE</b> ..... | <b>23</b> |
| 3.1 INTRODUÇÃO .....   | 23        |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 25        |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 28        |
| 3.4 CONCLUSÕES .....   | 40        |
| REFERÊNCIAS .....  | 40        |
| <b>4 ARTIGO II – PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO E FONTES NITROGENADAS E SEU EFEITO SOBRE A COMUNIDADE DA FAUNA EDÁFICA</b> .....                     | <b>44</b> |
| 4.1 INTRODUÇÃO .....   | 45        |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 47        |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 49        |
| REFERÊNCIAS .....  | 56        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....  | <b>67</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO GERAL</b> .....   | <b>68</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>69</b> |
| <b>APÊNDICES</b> .....   | <b>73</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal amplamente cultivado no mundo com destaque na economia global. Com base nos dados da CONAB (2021), atualmente no Brasil, a triticultura apresenta um cenário positivo, com incremento de 5,4% na produtividade em relação ao ano anterior, chegando a 2.663 kg ha<sup>-1</sup>, com uma produção total de 6,23 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 20,9%. Na região Sul do Brasil, é onde se concentra a maior parte do cultivo desse cereal, devido as condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento e à produtividade final de grãos.

Dentre os custos associados à produção de trigo, os fertilizantes utilizados durante o ciclo da cultura, representam em média, 25% do valor total, constituído principalmente pela adubação nitrogenada (CONAB, 2016). O manejo da adubação nitrogenada faz-se necessário em virtude dos solos, em geral, não suprirem a quantidade de nitrogênio (N) necessária para atender a demanda nos diversos estágios de desenvolvimento da planta (LOBO et al., 2018). A disponibilidade de N é um fator determinante no potencial rendimento da cultura de trigo visto que possui papel fundamental na síntese de proteínas, clorofila, co-enzimas, fitohormônios, ácidos nucleicos e metabólitos secundários (MARSCHNER, 2012), além disso é o nutriente encontrado em maior concentração nos tecidos vegetativos e nos grãos (BONA, et al., 2016).

A utilização de altas doses de fertilizantes nitrogenados elevam os custos de produção tornando a cultura economicamente inviável, além de representar um risco sob o ponto de vista ambiental, pelo potencial de lixiviação de nitrato para os lençóis freáticos (SANGOI et al., 2007). Uma alternativa eficiente para a sustentabilidade do sistema solo-planta é a utilização de plantas de cobertura de solo no período de outono/inverno que pode influenciar na disponibilidade e capacidade de fixação e/ou ciclagem de nutrientes para o trigo em sucessão.

As plantas de cobertura de solo proporcionam aumento no potencial produtivo da cultura em sucessão, promovendo a ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para superficial, além de melhorar os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (FIORIN, 2007). Entre as espécies de cobertura de solo mais utilizadas no Brasil, as gramíneas, a aveia-preta (*Avena strigosa*), por possuir elevada relação C/N (carbono/nitrogênio), alta produção de massa seca e eficiência na ciclagem de N tem sido a mais utilizada (SILVA et al., 2007). O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), pertencente a família Brassicáceas, devido a sua alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas, possuir sistema radicular agressivo, rápido desenvolvimento inicial, alta produção de massa seca, ciclo curto e rusticidade também tem sido usado para cobertura de solo (SILVA et al., 2007). Em muitas lavouras com cultivo de

cereais de inverno como o trigo, ou aveia-branca em sucessão, o nabo forrageiro tem sido usado como uma opção de cobertura de solo, com o propósito de aumentar o aporte de nitrogênio para essas culturas. Neste contexto, a implantação de aveia-preta e nabo forrageiro de forma isolada ou consorciada, pode representar um maior ou menor aporte de N no solo para o desenvolvimento do trigo cultivado em sucessão.

Outra alternativa que pode reduzir os custos com a adubação nitrogenada na cultura do trigo é a utilização de resíduos orgânicos como a cama de aves, rica em nutrientes especialmente o N, que, com seu elevado teor de matéria orgânica promove melhorias nos atributos físicos, químicos e na biota do solo (GASPARIN et al., 2017). Desse modo, a aplicação desse resíduo orgânico na produção agrícola, repõem os nutrientes extraídos pela cultura, incrementa o rendimento de grãos, contribui para a preservação ambiental, sustentabilidade dos sistemas agrícolas e ainda gera acréscimo na lucratividade (CARVALHAL et al., 2014).

A adição de resíduos vegetais e resíduos orgânicos em um sistema de produção pode beneficiar a fauna do solo devido o fornecimento, em quantidade e qualidade, de alimento para os organismos (BARETTA et al., 2003). A fauna edáfica é sensível as alterações de manejo e responde significativamente ao impacto de diferentes tipos de sistemas de produção, possibilitando seu uso como bioindicador na análise da qualidade do solo. A diversidade biológica e a qualidade do solo são diretamente proporcionais. A fragmentação, decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos dependem da fauna edáfica e favorecem a disponibilidade de nutrientes para plantas e outras espécies (BROWN & SAUTTER, 2009).

Portanto, a hipótese que fundamenta esse trabalho é que a utilização da cama de aves como fonte alternativa de nitrogênio associada ou não à adubação mineral combinada com diferentes plantas de cobertura de solo pode aumentar a eficiência das plantas na absorção do nitrogênio e elevar o rendimento de grãos de trigo, além de aumentar a quantidade e a diversidade da fauna edáfica. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da interação entre fontes nitrogenadas e plantas de cobertura sobre a composição e diversidade da fauna edáfica, parâmetros de planta e produtividade de grãos de trigo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é originário do sudeste da Ásia, de ciclo anual, pertencente à família das gramíneas – Poaceae, ao gênero *Triticum* e possui vasta adaptação edafoclimática, sendo cultivado em diversas regiões. É uma cultura amplamente difundida utilizada na forma de grão ou de seus inúmeros derivados obtidos pela industrialização, como a farinha para fabricação de pães, massas, biscoitos e farelo. É empregado também na alimentação animal como complementos vitamínicos, além do gérmen ser utilizado na indústria farmacêutica, para produção de óleos e dietéticos (WENTZ, 2010).

Dentre os maiores produtores destacam-se a União Europeia, China, Índia, Rússia e Estados Unidos. A produção mundial de trigo foi de 764,4 milhões de toneladas na safra 2019/2020 segundo o Departamento de Agricultura Americano – USDA. No Brasil, foram cultivados 2,34 milhões de hectares, representando aumento de 14,8% em comparação à safra anterior. Contudo, para suprir o volume de demanda interna existe uma necessidade de importação deste cereal proveniente da Argentina, Estados Unidos, Paraguai e França. A região sul do Brasil se destaca como a principal região produtora do país, sendo os estados do Rio Grande do Sul (RS) e Paraná (PR) responsáveis por mais de 84% da produção brasileira (CONAB, 2020).

As tecnologias de desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a diversas condições de cultivo têm proporcionado ganhos na produtividade e qualidade industrial do trigo (NETO; SANTOS, 2017). Entretanto, é necessário fomentar o uso de práticas culturais mais eficientes, elevando o potencial produtivo da cultura e trazendo maior rentabilidade ao produtor e qualidade aos grãos produzidos.

O nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura, sendo um fator limitante para seu desenvolvimento. A disponibilidade de N está vinculada, entre outros aspectos, à relação C/N dos resíduos culturais depositados na superfície do solo (NUNES et al., 2011). As espécies de plantas utilizadas como cobertura de solo que antecedem a cultura do trigo proporcionam efeito residual variável, e a quantidade de N residual que será aproveitada dependerá do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a demanda da cultura (AITA et al., 2001).

Desse modo, o conhecimento das interações entre plantas de cobertura de solo, manejo de fertilizantes nitrogenados e exigências nutricionais da cultura em sucessão torna-se



imprescindível ao desenvolvimento de estratégias de manejo que aumentem seu aproveitamento pelas culturas (NUNES et al., 2011).

O plantio de trigo no estado do RS é fundamental para o sistema de produção, além da sua importância alimentar e econômica, proporciona benefícios como a incorporação de matéria orgânica, conservação e otimização do uso do solo e máquinas, formação de palhada para a cultura em sucessão exercendo também controle de pragas, melhorias na qualidade do solo, além de promover a rotação de culturas e a cobertura do solo durante o inverno, fatores primordiais para o Sistema Plantio Direto (SPD) (NETO; SANTOS, 2017).

## 2.2 O NUTRIENTE NITROGÊNIO (N)

O N é o elemento mineral que as plantas requerem em maiores quantidades, indispensável para a realização de todas as funções fisiológicas na planta em razão de ser constituinte de muitos componentes celulares vegetais, incluindo clorofila, aminoácidos, proteínas, coenzimas e ácidos nucleicos (TAIZ et al., 2017). Uma menor disponibilidade de N em solos limita a produtividade das plantas na maioria dos sistemas agrícolas, e sua deficiência além de inibir o crescimento vegetal também reduz a qualidade do grão.

De modo geral, o N é absorvido pelas raízes das plantas, em sua maioria, nas formas de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), e em menores quantidades na forma de  $\text{N}_2$ , ureia ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) e aminoácidos solúveis em água (LOPES, 1998; MALAVOLTA, 2006). Em condições naturais, a forma predominantemente de N mineral absorvida é a nítrica em razão da proporção que se encontra na rizosfera, enquanto algumas culturas absorvem grandes quantidades de amônio, devido a forma amoniacal ser incorporada às proteínas com menor gasto energético (LOPES, 1998). A escolha da fonte de N, orgânica ou mineral, para a cultura em cultivo deve ser analisada conforme a resposta das plantas à este nutriente. Após a liberação inicial do N, este pode ser absorvido ou sofrer perdas por volatilização, lixiviação, erosão, desnitrificação ou permanecer no solo, na forma orgânica (BOLOGNA et al., 2006).

A definição da dose de N para o trigo é estabelecida pelo potencial produtivo da cultura sobre a expectativa de rendimento, teor de matéria orgânica do solo e a cultura antecessora (CQFS, 2016). Uma maior ou menor disponibilidade de N mineral no solo para a cultura em sucessão pode estar associado a quantidade e a qualidade do resíduo presente na superfície do solo. A qualidade desse resíduo é fator determinante na maior ou menor imobilização do N pelos microrganismos responsáveis pela sua decomposição e posterior mineralização (WENTZ, 2010). Desse modo, Monteiro et al. (2002) enfatizam que o déficit de nitrogênio acentua-se com

o declínio nos teores de matéria orgânica no solo, com a grande quantidade de N retida nos resíduos vegetais de elevada relação C/N depositados e a imobilização desse N mineral pelos microrganismos durante a decomposição destes resíduos.

O N é requerido conforme o estágio de desenvolvimento da cultura. Geralmente, a demanda de N pelas plantas é crescente, ao longo do estágio vegetativo até o reprodutivo, onde após atingir o ápice ocorre posterior declive, na fase de enchimento de grãos até a maturação fisiológica (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Demari et al. (2016) relatam que o manejo de adubação nitrogenada altera as características morfológicas e os componentes de rendimento na cultura do trigo. A deficiência desse nutriente provoca redução no crescimento e clorose, sobretudo, nas folhas mais velhas próximas à base da planta acarretando em perda de área foliar fotossinteticamente ativa e menor absorção de radiação solar (TAIZ et al., 2017).

Além disso, a disponibilidade de N está relacionada com a capacidade de maior perfilhamento e maior altura de plantas, o que conseqüentemente gera uma maior área foliar para absorção da radiação solar, promovendo aumento no número de espiguetas e espigas resultando em um acréscimo no rendimento de grãos (FORNASIERI, 2008).

Diante da necessidade de eficiência da adubação nitrogenada para alcançar produtividade na cultura do trigo, considerando sua instabilidade no solo através do grande número de reações e a velocidade com que as mesmas ocorrem, torna o nitrogênio um nutriente de alta complexidade no sistema solo-planta.

### 2.3 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO NO OUTONO/INVERNO

As plantas de cobertura de solo podem impactar positivamente sob diversos aspectos as espécies cultivadas em sucessão contudo, estudos que correlacionem a adubação nitrogenada em cereais de inverno com a qualidade dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo no outono/inverno ainda são escassos. É fundamental o conhecimento desses processos para que os cultivos de cobertura sejam eficientemente introduzidos no sistema de produção de trigo, aliando a máxima persistência dos resíduos culturais no solo com o fornecimento adequado de N (AITA & GIACOMINI, 2003). As espécies utilizadas nos sistemas de produção possuem relação C/N característica em sua palhada, fator este que influencia na disponibilidade e capacidade de fixação e/ou reciclagem de nutrientes para a cultura em sucessão.

Entre as espécies de cobertura de solo, a aveia-preta (*Avena strigosa*) é a mais cultivada no Sul do Brasil. Seu uso intenso é em decorrência da facilidade de aquisição de sementes e implantação, alto rendimento de massa seca e eficiente reciclagem de N (SILVA et al., 2007).

Contudo, as gramíneas possuem elevada relação C/N, dessa forma, a liberação de N é lenta e ocorrerá gradualmente, podendo resultar em um menor desenvolvimento inicial da planta semeada sobre esta palhada (WENTZ, 2010). O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) possui alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo, além disso, possui rápido desenvolvimento inicial, alto rendimento de massa seca, ciclo curto e rusticidade (SILVA et al., 2007). Contudo, a baixa relação C/N dos resíduos desta espécie torna-se uma grande limitação, visto que possui rápida taxa de decomposição e, além disso, o manejo inadequado do nabo pode contribuir para o seu estabelecimento como uma importante planta daninha no sistema produtivo.

Apesar dos benefícios da utilização de aveia-preta e do nabo forrageiro como plantas de cobertura de solo, para o máximo aproveitamento dos seus benefícios, é necessária a otimização das práticas culturais associadas ao manejo destas culturas.

As espécies de cobertura, quando semeadas em cultivos solteiros, apresentam vantagens e desvantagens para o trigo em sucessão, o que conseqüentemente dificulta na indicação de uma espécie que reúna apenas os aspectos desejáveis. O uso de plantas de diferentes espécies consorciadas pode promover a formação de uma quantidade ideal de resíduos de coberturas de solo resultando em benefícios para o sistema produtivo e aumento no rendimento da cultura do trigo, cultivado em sucessão. Em vista disso, os sistemas consorciados de gramíneas com espécies brássicas podem proporcionar adequada cobertura vegetal no solo e maior fixação e/ou reciclagem de N (SILVA et al., 2007).

#### 2.4 FONTE ALTERNATIVA DE NITROGÊNIO: CAMA DE AVES

O principal suprimento de N às culturas se dá através da aplicação de fertilizante mineral que é altamente solúvel, aumentando de forma rápida seus teores no solo e conseqüentemente, sua disponibilidade às plantas. Os principais fertilizantes nitrogenados minerais normalmente utilizados são a ureia, o sulfato de amônio e o nitrato de potássio, dentre outros (REETZ, 2017). Na cultura do trigo, a adubação com fertilizante nitrogenado ocorre em dois momentos de aplicação: na semeadura e no início do perfilhamento (ESPINDULA et al., 2010).

Como uma alternativa ao uso exclusivo de adubação mineral, a utilização de resíduos orgânicos como fonte de N às plantas, especialmente via cama de aves, possibilita uma maior lucratividade ao produtor devido o baixo custo aliado a alta oferta de esterco de aves na unidade de produção. A cama de aves consiste na mistura de excrementos com material absorvente (casca de arroz ou maravalha) geralmente as mais utilizadas, além de penas, descamações da

pele das aves e restos de ração dos comedouros (VIRTUOSO et al., 2015). Os resíduos são ricos em nutrientes, especialmente N, e seu elevado teor de matéria orgânica promove melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

O Brasil se destaca como um grande produtor e exportador de aves. Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2020), a produção brasileira de carne de frango perfez um total de 13,84 milhões de toneladas, constituindo o rebanho de aves como o maior rebanho nacional, em número de cabeças. Conforme dados do IBGE (2017), no estado do RS, 80,5% estabelecimentos rurais, o que representa 294 mil estabelecimentos, são classificados como de agricultura familiar caracterizados por pequenas propriedades rurais, que representam 25,3% das áreas, cuja criação de aves tem sido mais uma alternativa de renda a essas famílias. A criação de aves cada vez mais intensiva devido à conversão alimentar baixa e o curto período de produção para frangos de corte, resulta numa grande quantidade de resíduos que, quando bem manejados, podem ser reaproveitados como fonte alternativa de nutrientes no solo, contribuindo para uma produção mais sustentável (ORRICO JUNIOR et al., 2010).

A disponibilidade de N às plantas, via cama de aves, ocorre de forma lenta e gradual, após o processo de mineralização do N-orgânico, com a liberação ao longo do ciclo da cultura. Nesse sentido, autores recomendam o uso da associação entre fontes minerais e orgânicas à fim de que exista sincronismo entre a disponibilidade de N e a demanda pela planta (DEMARI et al., 2016). Em trabalho realizado com o mesmo resíduo, Demari et al. (2016) demonstraram que a adubação orgânica associada à mineral incrementou o rendimento de grãos na cultura do trigo, no estado do PR. Também em um estudo no PR, com a cultura do milho, Santos et al. (2014) mostraram que a substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango elevou os índices de produtividade. Além disso, a aplicação de fontes orgânicas em cultivos agrícolas, proporciona efeito imediato e também efeito residual no solo, característico nesse modelo de fertilização (BRIEDIS et al., 2011). Segundo CQFS (2016), a eficiência agrônômica dos nutrientes N, fósforo (P) e potássio (K) para a primeira cultura é de 50, 80 e 100 % respectivamente, enquanto para o segundo cultivo essa eficiência cai para 20% tanto para o N como para o P.

## 2.5 FAUNA EDÁFICA E A QUALIDADE DO SOLO

A biodiversidade edáfica é um importante componente do ecossistema terrestre e contribui com importantes funções, como aumento da decomposição da matéria orgânica do solo (RÓZEN et al., 2010), regulação da atividade microbiana (PEY et al., 2014; RÓZEN et

al., 2010), transformação e sequestro de carbono (C) (PEY et al., 2014), dinâmica de nutrientes do solo (BREVIK et al., 2015), mineralização de compostos orgânicos (RUSEK; MARSHALL, 2000) e melhoria de atributos físicos, como agregação, porosidade e infiltração de água no solo (BARETTA et al., 2011).

As mudanças no uso e manejo do solo podem afetar diretamente a composição e diversidade dos organismos da fauna edáfica, em razão do fornecimento de alimento, criação de microclimas e competição intra e interespecífica (ASSAD, 1997). Desse modo, práticas agrícolas inadequadas podem ocasionar mudanças nas comunidades do solo e reduzir sua biodiversidade, ameaçando a multifuncionalidade e sustentabilidade dos ecossistemas (WAGG et al., 2014).

A fauna edáfica desempenha importantes funções na manutenção do equilíbrio do agroecossistema, atuando no fluxo energético e na manutenção da cadeia alimentar (SANTANA et al., 2019). Devido a influência direta na qualidade do solo e a sensibilidade às alterações provocadas pelo uso e manejo, apresentam importante papel como bioindicadores da qualidade do solo (FERREIRA et al., 2018). Dentre os indicadores de qualidade do solo, destacam-se organismos como os pertencentes ao grupo Collembola, integrantes da mesofauna e amplamente distribuídos no solo, que têm influência significativa na ciclagem de nutrientes e fertilidade do mesmo e, por apresentarem sensibilidade às alterações químicas, físicas e biológicas do ambiente são caracterizados como importantes bioindicadores de qualidade do solo (ROVEDDER et al., 2009).

O uso de diferentes espécies de coberturas vegetais e de práticas de manejo do solo, como adubação com resíduos orgânicos, atua diretamente sobre a população da fauna edáfica (GATIBONI et al., 2009). A permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo (ANTONIOLLI et al., 2006), através do sistema plantio direto com técnicas conservacionistas que preservam a estrutura e fertilidade do mesmo, refletem diretamente sobre as comunidades edáficas e sobre os grupos funcionais atuantes no solo (ALMEIDA et al., 2017). As respostas da fauna edáfica à adubação, relacionam-se especialmente à disponibilidade de nutrientes em função das alterações no carbono da biomassa microbiana, e da disponibilidade dos macronutrientes N, P, K (WANG et al., 2016). Da mesma forma, a manutenção de uma cobertura vegetal na superfície do solo impede a perda da diversidade e favorece a atividade dos organismos do ecossistema (SANTOS et al., 2008), devido a palhada que fica acumulada pelas plantas de cobertura de solo de outono/inverno e restos culturais do cultivo em sucessão que proporcionam um ambiente favorável à comunidade edáfica (SILVA et al., 2013).

Desse modo, a caracterização da composição e da diversidade do solo nos sistemas de

produção que utilizam plantas de coberturas e manejos nitrogenados com cama de aves pode auxiliar na compreensão da dinâmica da estrutura do solo e o fluxo de nutrientes no sistema solo-planta.

### **3 ARTIGO I – PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO E CAMA DE AVES NA CULTURA DO TRIGO: IMPACTO SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO E A PRODUTIVIDADE**

#### **RESUMO**

A utilização da cama de aves como fonte de nitrogênio (N) e de plantas de cobertura de solo podem ser uma alternativa e uma importante estratégia no manejo do N na cultura do trigo cultivado em sucessão. Objetivou-se neste estudo avaliar o efeito do cultivo isolado e/ou consorciado de plantas de cobertura de solo no outono/inverno e da utilização da cama de aves sobre alguns parâmetros de planta e produtividade de grãos de trigo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos nas parcelas principais foram compostos pelas plantas de cobertura aveia-preta, aveia-preta + nabo forrageiro, nabo forrageiro e pousio e nas subparcelas, pelos manejos de N na cultura do trigo com 100% do N via cama de aves (CA), 100% do N via mineral (ureia), 50% via CA + 50% mineral (ureia) e a testemunha, sem aplicação de N. O manejo da adubação nitrogenada e o uso de plantas de cobertura de solo alteraram os componentes de rendimento da cultura do trigo cultivado em sucessão. A utilização da CA incrementou a produtividade de grãos, sendo uma alternativa para a substituição parcial e/ou total do N. O nabo forrageiro e a consorciação deste com a aveia-preta influenciaram significativamente o desempenho agronômico e a produtividade de grãos da cultura do trigo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubação orgânica, nutrição mineral, rendimento de grãos, *Triticum aestivum*.

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

O manejo nutricional na cultura do trigo é um fator determinante para o aumento na produtividade de grãos. De todos os nutrientes exigidos pela cultura do trigo, o nitrogênio (N) é o que apresenta maior resposta e incremento na produtividade (Silva et al. 2015). A utilização de altas doses de N mineral eleva os custos de produção, logo, a utilização de plantas de

cobertura de solo no período de outono/inverno combinada à adubação orgânica pode representar uma eficiente alternativa de suprimento de N para a cultura do trigo em sucessão.

A avicultura brasileira apresentou altos índices de crescimento nas últimas décadas, conquistando os mercados mais exigentes. Nesse período, o país se estabeleceu como segundo produtor mundial e líder na exportação, atingindo 137 países, principalmente da Ásia e Oriente Médio (ABPA 2020). A região Sul, segundo dados do IBGE (2021), respondeu por 60,4% do abate nacional de frangos e 79,5% da exportação. A elevação na produção propicia o acúmulo de um importante resíduo que é a cama de aves, formada pela mistura de excrementos, penas, restos de ração e maravalha (Virtuoso et al. 2015).

A adição ao solo da cama de aves aumenta o pH, devido ao aumento da matéria orgânica e diminui o teor de alumínio trocável e, conseqüentemente, diminui os efeitos tóxicos deste elemento para as plantas (Gianello & Ernani 1983). Além disso, contribui na melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Gasparin et al. 2017). O N presente na cama de aves, encontra-se em sua maior parte na forma orgânica, devendo passar por um processo de mineralização para tornar-se disponível às plantas (Briedis et al. 2011), sendo sua dinâmica muito complexa no solo, onde a liberação pode ocorrer de forma lenta e gradual ao longo do ciclo da cultura.

A utilização de plantas de cobertura de solo promove a redução da erosão, o incremento de matéria orgânica e proporciona a ciclagem de nutrientes (Aita & Giacomini 2003). Neste cenário, o uso de plantas de cobertura de outono/inverno que forneçam nutrientes ao solo para serem utilizados pela cultura de trigo em sucessão e a utilização da cama de aves como estratégia de substituição total e/ou parcial da adubação mineral de N na cultura do trigo, pode minimizar o custo de produção e contribuir com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, como aumento na eficiência de utilização do N pela cultura.



Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do cultivo isolado e/ou consorciado de plantas de cobertura de solo no outono/inverno e da utilização da cama de aves sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade de grãos de trigo.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2019 e 2020 na área experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, RS. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (Santos et al. 2018), com os seguintes atributos químicos e físicos quantificados na camada de 0,00-0,20 m: 570 g kg<sup>-1</sup> de argila; 320 g kg<sup>-1</sup> de silte; 70 g kg<sup>-1</sup> de areia; 35 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; 5,7 pH (H<sub>2</sub>O); 5,7 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich); 165 mg dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 8,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 4,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; H + Al de 4,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC de 14,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O clima da região é classificado como Cfa (subtropical úmido), com temperatura média anual de 19,1 ° C e temperatura máxima e mínima de 38 ° C e 0 ° C, respectivamente (Alvares et al. 2013). Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar observados durante a condução do experimento são apresentados na Figura 1.

A área experimental possuía um histórico com utilização de plantas de cobertura de solo no outono/inverno e cama de aves como fonte de N, em Sistema Plantio Direto (SPD), desde o ano de 2016 com rotação de cultura (milho, feijão, milho, soja, trigo, soja e trigo). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x4) com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos, nas parcelas, constituíram-se das culturas de cobertura de solo no outono/inverno: aveia-preta, nabo forrageiro, consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e o pousio (sem nenhuma cobertura vegetal). Nas subparcelas, os tratamentos constituíram-se de quatro estratégias de manejo de N na cultura do trigo cultivado em sucessão às plantas de cobertura do solo: 100% da recomendação de N via fonte mineral (ureia), 100%

do N via cama de aves, 50% do N via cama de aves + 50% do N via mineral e a testemunha (sem aplicação de N). O trigo, cultivar Certero, foi semeado no dia 18/06/2019 (1º ano) e 04/07/2020 (2º ano), com o auxílio de uma semeadora dez dias após a dessecação das plantas de cobertura, em fileiras espaçadas em 0,17 m com densidade de 419 m<sup>-2</sup> de sementes.

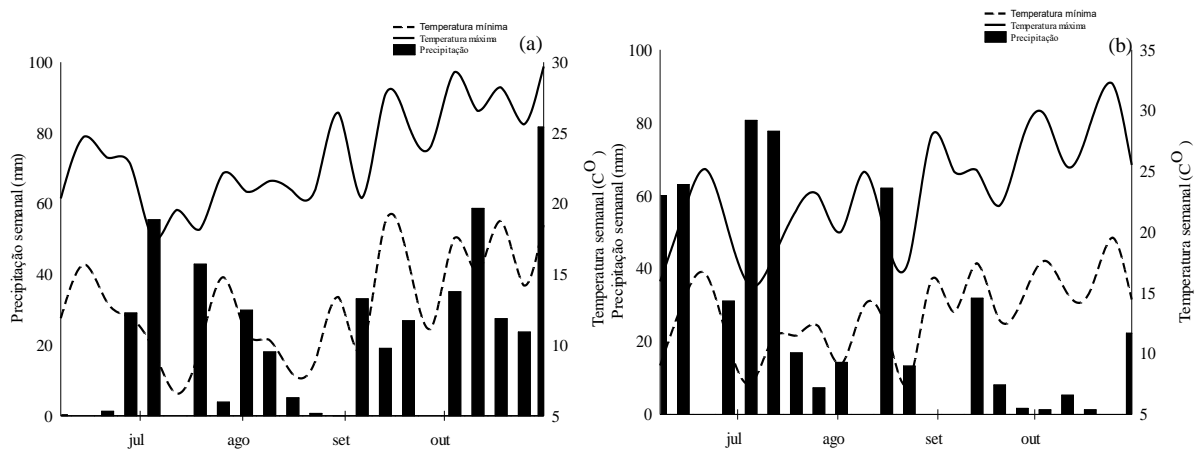


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (°C), média de sete em sete dias, durante o período de condução do experimento, nos anos de 2019 (a) e 2020 (b).

As plantas de cobertura que antecederam a implantação do trigo foram semeadas no dia 29/03/2019 (1º ano) e 16/04/2020 (2º ano). Para o cultivo solteiro, foram utilizados 100 kg ha<sup>-1</sup> de semente para a aveia-preta, 20 kg ha<sup>-1</sup> para o nabo forrageiro e no consórcio, 40 + 12 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para a aveia-preta e para o nabo forrageiro. No pousio, a área foi mantida sem nenhuma vegetação durante todo o período de vazio outonal, ou seja, durante o período de cultivo das plantas de cobertura de solo nas demais parcelas.

A adubação seguiu a recomendação do Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016) e independentemente da fonte, a dose total de N aplicada na cultura do trigo foi de 87,5 kg ha<sup>-1</sup>. Para os tratamentos com adubação mineral, a fonte de N utilizada foi ureia (45% de N), sendo essa aplicada à lanço em dois

momentos: na semeadura do trigo, com aplicação de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e em cobertura, no final do perfilhamento e início da alongação do trigo (40 a 45 DAE), com o restante da dose  $67,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Com relação a aplicação da cama de aves, o material foi distribuído à lanço, logo após a semeadura da cultura do trigo, na dose de  $3182 \text{ kg ha}^{-1}$ . No tratamento 50% N via cama de aves + 50% N via mineral, a cama de aves foi aplicada logo após a semeadura ( $1591 \text{ kg ha}^{-1}$ ) o que equivale à metade da dose total de N recomendada para a cultura do trigo ( $43,75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). Os demais 50% foram constituídos pelo fertilizante mineral que foi aplicado em duas etapas, sendo metade logo após a semeadura ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e o restante do N mineral ( $23,75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) foi aplicado em cobertura, no estágio de perfilhamento da cultura do trigo.

A composição química da cama de aves utilizada no experimento era de 3,61% de nitrogênio, 1,18% de fósforo, 5,62% de potássio, 4,94% de cálcio, 2,02% de magnésio e pH de 8,40. Os tratamentos com as plantas de cobertura foram alocados em parcelas de  $60 \text{ m}^2$  (20,0 m x 3,0 m) e nas subparcelas, os manejos de N, em  $15 \text{ m}^2$  (5,0 m x 3,0 m), com área útil de  $2,55 \text{ m}^2$ , ocupando as cinco linhas centrais.

Todas as parcelas receberam a mesma dose para os nutrientes fósforo (P) e potássio (K). Por ocasião da semeadura, o fertilizante utilizado como fonte de  $\text{P}_2\text{O}_5$  foi o super fosfato triplo distribuído no sulco de semeadura, na dose de  $190 \text{ kg ha}^{-1}$ . Já para o  $\text{K}_2\text{O}$ , a fonte utilizada foi o cloreto de potássio aplicado a lanço na dose de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ , logo após a semeadura, em ambos os anos de cultivo.

O tecido vegetal para determinação do N acumulado na parte aérea foi coletado no estágio de pleno florescimento da cultura do trigo, dentro de uma área de três fileiras de 0,17 m x 0,50 m, em duas repetições por parcela ( $0,510 \text{ m}^2$ ). Após a determinação da matéria seca das amostras, obtida através de secagem em estufa de circulação forçada de ar até massa constante, as amostras foram processadas para realização das análises laboratoriais de N, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). O acúmulo de N encontrado no tecido (NT) foi

expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$  obtido pelo produto de massa de matéria seca e da concentração de N (Nascimento et al. 2014).

As colheitas foram realizadas manualmente no dia 22/10/2019 e 28/10/2020, logo após as plantas terem atingido a maturidade fisiológica. Na pré-colheita do trigo foram avaliadas as variáveis estatura de plantas (EP), número de espigas por planta (NEP), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PG). Com exceção para a MMG e PFG, essas avaliações foram realizadas em dez plantas por unidade experimental, sendo que o componente MMG foi determinado de acordo com metodologia proposta por Brasil (2009) e, a produtividade de grãos a partir da colheita de todas as plantas da área útil da unidade experimental, sendo estas trilhadas e corrigidas para 13% de umidade, tendo sido o valor final obtido, extrapolado para quilogramas por hectare ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando observada diferença significativa entre os tratamentos, foi realizado o teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software estatístico R.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos caracteres avaliados houve interação entre as plantas de cobertura de solo x manejos de N na estatura de plantas (EP), massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG) e acúmulo de nitrogênio no tecido da parte aérea (NT), para os dois anos de estudo. Independente da planta de cobertura, se observou no ano de 2019 efeito positivo na EP, nos tratamentos com aplicação de 100% do N via CA e na mistura da CA+MI, conforme tabela 1. De maneira geral, a melhor resposta para essa variável ocorreu com a utilização da CA independentemente se foi aplicada de forma isolada como única fonte de N ou associada a MI. Essa resposta positiva em relação à CA, pode estar associada a liberação mais lenta e gradual

do N durante todo o ciclo da cultura, resultando em maior aproveitamento pelas plantas. Esses resultados vão ao encontro dos observados por Ribeiro et al. (2018) e Basso et al. (2021), que encontraram uma estatura de planta superior nos tratamentos com fontes orgânicas de N, na cultura do trigo, no comparativo à testemunha sem adubação. Já para o ano de 2020, na variável EP, se observa de maneira geral, que independentemente da fonte de N e da planta de cobertura de solo, não houve diferença em relação à testemunha com exceção para a cobertura com NF.

Tabela 1. Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre a estatura de plantas (EP) no trigo, em dois anos agrícolas.

| Plantas de Cobertura | 2019  |      |       |     |       |     |       |     |
|----------------------|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|                      | CA    |      | MI    |     | CA+MI |     | T     |     |
| AP                   | 94,00 | ABa* | 93,10 | Ba  | 96,30 | Aa  | 87,00 | Ca  |
| AP+NF                | 95,70 | Aa   | 91,80 | Ba  | 96,00 | Aa  | 87,20 | Ca  |
| NF                   | 95,70 | Aa   | 89,60 | Ba  | 95,30 | Aa  | 89,50 | Ba  |
| P                    | 96,70 | Aa   | 92,70 | BCa | 95,40 | ABa | 90,70 | Ca  |
| CV <sup>1</sup> (%)  |       |      |       |     |       |     | 2,98  |     |
| CV <sup>2</sup> (%)  |       |      |       |     |       |     | 1,49  |     |
| Plantas de Cobertura | 2020  |      |       |     |       |     |       |     |
|                      | CA    |      | MI    |     | CA+MI |     | T     |     |
| AP                   | 78,70 | Bb   | 86,90 | Aa  | 86,20 | Aa  | 87,60 | Aa  |
| AP+NF                | 86,60 | Aa   | 84,20 | Aab | 86,90 | Aa  | 85,70 | Aa  |
| NF                   | 89,60 | Aa   | 87,40 | Aa  | 88,10 | Aa  | 79,50 | Bb  |
| P                    | 79,80 | Ab   | 79,70 | Ab  | 84,80 | Aa  | 82,70 | Aab |
| CV <sup>1</sup> (%)  |       |      |       |     |       |     | 1,76  |     |
| CV <sup>2</sup> (%)  |       |      |       |     |       |     | 3,54  |     |

Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P) pousio; (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CA+MI) 50% cama de aves + 50% mineral; (T) testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV<sup>1</sup>: Coeficiente de variação para o fator plantas de cobertura; CV<sup>2</sup>: Coeficiente de variação para o fator adubação.

Quanto a MMG, nos dois anos e para as diferentes plantas de cobertura de solo, essa variável não apresentou diferença estatística entre os tratamentos com as plantas de cobertura de solo e foi significativamente maior no tratamento com a utilização da CA+MI no comparativo ao P (Tabela 2). Sendo assim, essa mistura pode ser considerada como uma alternativa de manejo de N na cultura do trigo em função de um melhor sincronismo entre

disponibilidade e demanda pelas plantas durante o ciclo da cultura. Quando se compara o efeito da planta de cobertura de solo como fonte de N para o trigo em sucessão no comparativo à T, não houve diferença significativa entre essas coberturas. Entretanto, Nunes et al. (2011) estudando diferentes culturas antecedendo a cultura do trigo verificaram efeito significativo das mesmas na MMG do trigo, se comparado ao P. Segundo Vesohoski et al. (2011) a MMG possui grande influência na produtividade do trigo, pois quanto maior o incremento no peso de grãos maior a produtividade final.

Tabela 2. Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre a massa de mil grãos (MMG) no trigo, em dois anos agrícolas.

| Plantas de Cobertura | 2019  |     |       |     |       |     |       |      |
|----------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|------|
|                      | CA    |     | MI    |     | CA+MI |     | T     |      |
| AP                   | 35,30 | Aa* | 35,10 | Ba  | 35,30 | Aa  | 36,00 | Aab  |
| AP+NF                | 35,30 | BCa | 35,60 | Ba  | 34,30 | Ca  | 36,90 | Aa   |
| NF                   | 35,20 | Ba  | 34,90 | Bab | 34,70 | Ba  | 36,60 | Aa   |
| P                    | 33,30 | Cb  | 33,90 | BCb | 34,60 | Aba | 35,20 | Ab   |
| CV <sup>1</sup> (%)  |       |     |       |     |       |     |       | 1,40 |
| CV <sup>2</sup> (%)  |       |     |       |     |       |     |       | 1,46 |
| Plantas de Cobertura | 2020  |     |       |     |       |     |       |      |
|                      | CA    |     | MI    |     | CA+MI |     | T     |      |
| AP                   | 31,50 | Ba  | 33,90 | Aa  | 31,80 | Ba  | 32,50 | ABab |
| AP+NF                | 33,20 | Aa  | 30,70 | Bb  | 32,50 | ABa | 32,10 | ABa  |
| NF                   | 33,20 | ABa | 31,90 | BCb | 30,90 | Ca  | 34,20 | Aa   |
| P                    | 32,40 | Aa  | 31,30 | Ab  | 28,90 | Bb  | 32,60 | Aab  |
| CV <sup>1</sup> (%)  |       |     |       |     |       |     |       | 1,86 |
| CV <sup>2</sup> (%)  |       |     |       |     |       |     |       | 2,85 |

Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P) pousio; (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CA+MI) 50% cama de aves + 50% mineral; (T) testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV<sup>1</sup>: Coeficiente de variação para o fator plantas de cobertura; CV<sup>2</sup>: Coeficiente de variação para o fator adubação.

Com exceção do P e no manejo do N aplicado 100% via CA, não houve diferença significativa na PG de trigo entre os diferentes manejos de N nas plantas de cobertura, sendo todas superiores a T. O tratamento CA+MI incrementou em 5,8% a PG de trigo no comparativo ao MI, o que mostra a importância desse resíduo como estratégia de manejo do N (Tabela 3).

Esse resultado pode estar associado ao melhor sincronismo entre a demanda e a disponibilidade de N mineral na solução do solo, devido a liberação mais lenta e gradual da CA durante o ciclo da cultura. Resultados semelhantes também foram observados por Demari et al. (2016) onde ao avaliar a utilização da cama de aves associada a adubação mineral (ureia) no trigo, concluíram que a substituição parcial da adubação nitrogenada mineral pela cama de aves eleva os índices de produtividade. Em relação as plantas de cobertura e ainda no ano de 2019, independentemente da fonte de N aplicada, o NF e a AP proporcionaram um incremento na PG de trigo de 11,5 e 7,5% respectivamente, em comparação ao P, diferente do observado por Neto & Campos (2017) onde ao estudarem o NF antecedendo o trigo, observaram que o rendimento de trigo não diferiu do P sem cobertura vegetal.

No ano de 2020 o tratamento com 100% do N via CA, em sucessão ao consórcio AP+NF, apresentou produtividade superior aos demais tratamentos (3552,68 kg ha<sup>-1</sup>) com um acréscimo produtivo de 5,6% em comparação ao tratamento com 100% do N via MI. Corroborando com esse resultado, Briedis et al. (2011) demonstraram que a utilização de resíduos orgânicos provenientes de abatedouro de aves e suínos como substituição total ou parcial de adubação mineral proporcionou incremento na produtividade de trigo. Observou-se uma tendência nos dois anos de estudo, que aplicações sucessivas de resíduo orgânico podem promover efeito residual benéfico, contribuindo com o melhor aproveitamento pelas culturas. Com relação as plantas de cobertura, destacou-se o NF e o consórcio AP+NF, e o tratamento que proporcionou menor produtividade foi a AP (1778,03 kg ha<sup>-1</sup>), podendo estar esse resultado associado a elevada relação C/N da palhada da AP que pode resultar em maior imobilização de N (Aita & Giacomini 2003). Neste contexto, é imprescindível que as plantas de cobertura que antecedem a cultura do trigo produzam matéria seca com relação C/N que promovam equilíbrio entre a mineralização e imobilização de N, principalmente nos estádios de maior demanda de N pela cultura (Viola et al. 2013).

Tabela 3. Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre a produtividade de grãos (PG) no trigo, em dois anos agrícolas.

| Plantas de Cobertura | 2019    |      |         |     |         |     |         |     |
|----------------------|---------|------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
|                      | CA      |      | MI      |     | CA+MI   |     | T       |     |
| AP                   | 4505,92 | Aab* | 4357,10 | Aa  | 5059,74 | Aa  | 3028,57 | Ba  |
| AP+NF                | 4215,75 | Ab   | 4127,83 | Aa  | 4608,09 | Aa  | 3356,71 | Ba  |
| NF                   | 5008,97 | Aa   | 4723,46 | Aa  | 4761,28 | Aa  | 3083,92 | Ba  |
| P                    | 3025,10 | Bc   | 4643,28 | Aa  | 4469,18 | Aa  | 3628,53 | Ba  |
| CV <sup>1</sup> (%)  |         |      |         |     |         |     | 6,10    |     |
| CV <sup>2</sup> (%)  |         |      |         |     |         |     | 7,62    |     |
| Plantas de Cobertura | 2020    |      |         |     |         |     |         |     |
|                      | CA      |      | MI      |     | CA+MI   |     | T       |     |
| AP                   | 2573,59 | Ac   | 2734,77 | Ab  | 2333,46 | Ab  | 1778,03 | Bb  |
| AP+NF                | 3552,68 | Aa   | 2638,30 | Bb  | 3012,15 | Ba  | 2726,53 | Ba  |
| NF                   | 3011,50 | Bb   | 3472,81 | Aa  | 3126,92 | ABa | 2437,90 | Ca  |
| P                    | 3125,62 | Ab   | 2768,36 | ABb | 2529,41 | Bb  | 2722,48 | ABa |
| CV <sup>1</sup> (%)  |         |      |         |     |         |     | 4,02    |     |
| CV <sup>2</sup> (%)  |         |      |         |     |         |     | 7,02    |     |

Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P) pousio; (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CA+MI) 50% cama de aves + 50% mineral; (T) testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV<sup>1</sup>: Coeficiente de Variação para o fator plantas de cobertura; CV<sup>2</sup>: Coeficiente de Variação para o fator adubação.

A diferença entre as médias de PG de trigo ( $4162 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $2784 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em 2019 e 2020, respectivamente, ocorreu possivelmente pelo fato da baixa precipitação registrada no período da fase reprodutiva da cultura, no segundo ano, o que reduziu o potencial máximo produtivo, conforme mostra a Figura 1.

A quantidade acumulada de N total na parte aérea do trigo sobre as diferentes plantas de cobertura foi superior nos tratamentos com adição de N, independentemente da fonte no comparativo à testemunha, nos dois anos de cultivo, conforme mostra a tabela 4. Resultados semelhantes foram observados por Basso et al. (2021), que, ao avaliarem fontes de N, não observaram diferença significativa entre os tratamentos 100% N-orgânico e 50% N-mineral + 50% N-orgânico quando comparado ao tratamento 100% N-mineral. Esse maior acúmulo de N total na parte aérea do trigo está diretamente relacionado a maior produção de matéria seca da parte aérea do trigo, conforme mostra a tabela 5.



Tabela 4. Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre o acúmulo de nitrogênio no tecido da parte aérea (NT) no trigo, em dois anos agrícolas.

| Plantas de Cobertura | 2019   |     |        |    |        |      |        |    |  |
|----------------------|--------|-----|--------|----|--------|------|--------|----|--|
|                      | CA     |     | MI     |    | CA+MI  | T    |        |    |  |
| AP                   | 109,36 | Ab* | 111,80 | Aa | 130,16 | Aab  | 65,13  | Bb |  |
| AP+NF                | 141,76 | Aa  | 119,53 | Aa | 120,23 | Ab   | 89,20  | Ba |  |
| NF                   | 119,00 | Ab  | 117,26 | Aa | 114,20 | Ab   | 105,76 | Aa |  |
| P                    | 150,40 | Aa  | 113,83 | Ba | 145,23 | Aa   | 98,90  | Ba |  |
| CV <sup>1</sup> (%)  |        |     |        |    |        | 7,20 |        |    |  |
| CV <sup>2</sup> (%)  |        |     |        |    |        | 8,56 |        |    |  |
| Plantas de Cobertura | 2020   |     |        |    |        |      |        |    |  |
|                      | CA     |     | MI     |    | CA+MI  |      | T      |    |  |
| AP                   | 88,58  | ABb | 95,47  | Aa | 85,81  | Bb   | 32,88  | Cd |  |
| AP+NF                | 83,68  | Cb  | 100,14 | Aa | 92,09  | Bb   | 48,62  | Dc |  |
| NF                   | 63,93  | Cc  | 101,34 | Aa | 86,34  | Bb   | 58,05  | Cb |  |
| P                    | 105,98 | Aa  | 95,58  | Aa | 102,71 | Aa   | 74,27  | Ca |  |
| CV <sup>1</sup> (%)  |        |     |        |    |        | 3,85 |        |    |  |
| CV <sup>2</sup> (%)  |        |     |        |    |        | 3,79 |        |    |  |

Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P) pousio; (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CA+MI) 50% cama de aves + 50% mineral; (T) testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV<sup>1</sup>: Coeficiente de Variação para o fator plantas de cobertura; CV<sup>2</sup>: Coeficiente de Variação para o fator adubação.

As variáveis que evidenciaram diferença significativa na interação dos fatores plantas de cobertura x manejos nitrogenados, apenas para o ano de 2020, foram número de espigas por planta (NEP) e matéria seca da parte aérea (MS), conforme dados da tabela 5.

Observa-se que os tratamentos com adição de N, independentemente da fonte, foram superiores para as variáveis analisadas, demonstrando que a CA pode ser uma alternativa viável como fonte de N na cultura do trigo. Além disso, o trigo cultivado em sucessão às coberturas de AP e o consórcio AP+NF apresentaram desempenho inferior quando comparado ao cultivo solteiro de NF e ao P. A elevada relação C/N da palhada de AP pode acarretar em maior imobilização de N o que implica em menor disponibilidade deste nutriente durante o processo de decomposição dos restos vegetais (Viola et al. 2013).

Tabela 5. Efeito de plantas de cobertura e fontes nitrogenadas sobre o número de espigas por planta (NEP) e matéria seca da parte aérea (MS) no trigo, no ano de 2020.

| Plantas de Cobertura | 2020                      |              |            |            |
|----------------------|---------------------------|--------------|------------|------------|
|                      | NEP (n°)                  |              |            |            |
|                      | CA                        | MI           | CA+MI      | T          |
| AP                   | 4,08 Bb*                  | 6,10 Aa      | 5,75 Aa    | 2,86 Ba    |
| AP+NF                | 5,00 Aab                  | 4,45 ABb     | 4,76 ABa   | 3,51 Ba    |
| NF                   | 4,68 ABab                 | 5,56 Aab     | 4,92 ABa   | 3,89 Ba    |
| P                    | 5,78 Aa                   | 5,53 Aab     | 5,07 ABa   | 3,99 Ba    |
| CV <sup>1</sup> (%)  | 10,37                     |              |            |            |
| CV <sup>2</sup> (%)  | 12,35                     |              |            |            |
| Plantas de Cobertura | MS (kg ha <sup>-1</sup> ) |              |            |            |
|                      | CA                        | MI           | CA+MI      | T          |
| AP                   | 5849,67 Ab                | 5352,94 Bc   | 5339,86 Bb | 2627,45 Cd |
| AP+NF                | 5745,09 Ab                | 5581,69 ABbc | 5254,90 Bb | 3888,88 Cc |
| NF                   | 5816,99 Bb                | 6666,66 Aa   | 6640,52 Aa | 4666,66 Cb |
| P                    | 6869,28 Aa                | 5960,78 Bb   | 6529,41 Aa | 5300,65 Ca |
| CV <sup>1</sup> (%)  | 3,18                      |              |            |            |
| CV <sup>2</sup> (%)  | 3,32                      |              |            |            |

Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P) pousio; (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CA+MI) 50% cama de aves + 50% mineral; (T) testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV<sup>1</sup>: Coeficiente de Variação para o fator plantas de cobertura; CV<sup>2</sup>: Coeficiente de Variação para o fator adubação.

Segundo Mundstock & Bredemeier (2001) a disponibilidade de N na fase inicial de desenvolvimento das plantas está associada ao perfilhamento que levará a expressão em número de espigas. Dessa forma, a fonte MI promoveu um maior NEP devido a rápida liberação de N às plantas, enquanto na CA essa liberação é lenta e possivelmente comprometeu a disponibilidade no momento de maior demanda.

A produção de MS observada nos tratamentos com manejos de N evidencia uma tendência positiva da utilização da CA como fonte de N, entre os tratamentos que receberam total ou parcialmente o resíduo orgânico, observa-se uma média de 1949,34 e 1820,26 kg ha<sup>-1</sup> a mais em comparação à T (sem N). Além disso, entre os tratamentos que receberam 100% do N via CA e 100% do N via MI, observa-se uma tendência de ganho no primeiro sistema de

adubação, demonstrando que o uso de resíduo orgânico de forma isolada ou combinada com adubação mineral, proporciona efeito residual e ganho na produção de matéria seca.

As variáveis que apresentaram diferença significativa de efeito simples para as plantas de cobertura foram número de espigas por planta (NEP), número de espiguetas por espiga (NEE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE) e matéria seca da parte aérea (MS), no ano de 2019, conforme mostra a tabela 6. No ano de 2020, as variáveis que apresentaram diferença foram número de grãos por espiga (NGE), NEE, PGE e CE, conforme a tabela 7.

Tabela 6. Efeito de plantas de cobertura sobre o número de espigas por planta (NEP) número de espigueta por espiga (NEE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE), matéria seca da parte aérea (MS) e número de grãos por espiga (NGE) no trigo, em dois anos agrícolas.

| Plantas de Cobertura | 2019     |          |         |         |            |
|----------------------|----------|----------|---------|---------|------------|
|                      | NEP (n°) | NEE (n°) | PGE (g) | CE (cm) | MS (kg ha) |
| AP                   | 3,78 c*  | 41,93 ab | 1,42 b  | 7,77 b  | 5300,10 b  |
| AP+NF                | 4,16 b   | 40,36 b  | 1,36 b  | 7,79 b  | 5733,33 ab |
| NF                   | 3,39 d   | 40,25 b  | 1,38 b  | 7,79 b  | 5750,00 ab |
| P                    | 4,84 a   | 43,66 a  | 1,49 a  | 8,35 a  | 6216,66 a  |
| CV (%)               | 5,87     | 4,81     | 3,49    | 2,79    | 7,96       |
| Plantas de Cobertura | 2020     |          |         |         |            |
|                      | NGE (n°) | NEE (n°) | PGE (g) | CE (cm) |            |
| AP                   | 33,80 b* | 32,87 c  | 1,06 b  | 6,72 b  |            |
| AP+NF                | 35,43 ab | 36,52 b  | 1,19 a  | 7,02 ab |            |
| NF                   | 34,68 ab | 35,62 b  | 1,17 a  | 7,02 ab |            |
| P                    | 36,33 a  | 38,92 a  | 1,06 b  | 7,38 ab |            |
| CV (%)               | 3,43     | 4,46     | 6,42    | 5,55    |            |

Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P) pousio \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de Variação.

Com relação a variável CE, esta está intimamente relacionada com NEE, isto é, quanto maior a quantidade de espiguetas por espiga maior será o CE (Vesohoski et al. 2011). Estes

autores mostram que a variável NEE é um dos componentes de rendimento que influencia diretamente na produtividade do trigo, associado ao NGE e ao número de grãos por espigeta. Observou-se neste estudo que para as variáveis NEP, NEE, PGE e CE as maiores médias foram obtidas com o cultivo do trigo em sucessão ao P, em relação as plantas de cobertura de AP, AP+NF e NF, entretanto, devido a plasticidade da cultura do trigo a produtividade final foi estabelecida através do somatório das pequenas diferenças entre os parâmetros de planta avaliados o que foi verificado para a cobertura de NF e o consórcio AP+NF.

Avaliando o efeito de diferentes coberturas de solo, Melero et al. (2013) constataram que a variável número de espigas por m<sup>2</sup>, em trigo, foi superior no pousio em relação às coberturas de crotalária e ao milheto + crotalária, possivelmente devido ao cultivo de arroz entre a semeadura do trigo e das coberturas de solo. Estudando dois anos agrícolas e duas épocas de dessecação das plantas de cobertura, Link (2020) não observou incremento significativo nos componentes de rendimento de trigo cultivado em sucessão à diferentes coberturas de solo em comparação ao pousio, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo. Esse mesmo autor menciona que a biomassa dificultou o desenvolvimento inicial do trigo e afetou negativamente sua produtividade quando semeado no aplique e plante, em comparação à dessecação prévia. Entretanto, vale ressaltar que a inserção de plantas de cobertura de solo em rotação de cultura com cultivos anuais de cereais de inverno e oleaginosas têm sido uma alternativa de melhoria no sistema solo-planta, além de auxiliarem na supressão de plantas daninhas e possuírem potencial de diversificação do ecossistema (Northupl & Rao 2015).

A produção de matéria seca da parte aérea do trigo e as médias para os diferentes manejos de N foram menores sobre palhada de AP no comparativo ao P, não diferindo das demais plantas de cobertura de solo. Isso mostra o potencial de imobilização de N dessa palhada de AP com alta relação C/N.

No ano de 2020, e para as variáveis NGE e NEE, os menores valores foram observados sob a palhada de AP no comparativo ao P, não diferindo significativamente das demais plantas de cobertura, conforme tabela 6. Possivelmente este resultado esteja atrelado à dinâmica do N no solo, onde no cultivo solteiro de AP a taxa de liberação de N é inferior à cultura do NF (Aita & Giacomini, 2003). Um dos benefícios da consorciação entre gramíneas e não-gramíneas consiste na liberação mais rápida de N dos seus resíduos com menor relação C/N, no caso do NF com uma mineralização superior à imobilização, e conseqüentemente, uma maior disponibilidade de N no solo durante o processo de decomposição desses restos vegetais (Viola et al. 2013), enquanto que na AP, a liberação irá ocorrer de forma mais lenta e gradual. Neste contexto, a eficiência de um sistema produtivo consiste na sincronia entre os nutrientes liberados pelos resíduos vegetais das plantas de cobertura de solo e a demanda da cultura em sucessão. Além disso, diversas espécies de plantas de cobertura de solo produzem compostos químicos alelopáticos que podem causar efeito inibitório ou benéfico, direta ou indiretamente, de uma planta sobre a outra (Tiecher 2016).

Para os manejos de adubação nitrogenada, os caracteres que apresentaram diferença significativa foram número de espigas por planta (NEP), número de espiguetas por espiga (NEE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE) e matéria seca da parte aérea (MS), no ano de 2019, conforme tabela 7.

Com relação ao ano de 2019 e, para as variáveis NEP e MS, os dados mostram que não houve diferenças significativa entre os tratamentos que utilizaram alguma fonte de N, sendo todos superiores à testemunha (sem adubação). Estudando diferentes fontes nitrogenadas, Besen et al. (2018) também observaram que o número de espigas por m<sup>2</sup> foram superiores à testemunha, sem distinção entre as fontes de N mineral, mostrando o quanto a cultura do trigo é responsiva ao N. Para a variável MS, os tratamentos com substituição total e parcial da CA obtiveram incremento numérico de 335 e 340 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, em comparação ao

tratamento 100% N via MI. Embora não haja diferença estatística, pode-se demonstrar que a substituição da adubação mineral pela CA é vantajosa, muito mais, especialmente em áreas cultivadas com trigo duplo propósito cujo objetivo é a produção de biomassa (Demari et al. 2016).

Tabela 7. Efeito de fontes nitrogenadas sobre o número de espigas por planta (NEP), número de espiguetas por espiga (NEE), peso de grãos por espiga (PGE), comprimento de espiga (CE), matéria seca da parte aérea (MS) e número de grãos por espiga (NGE) no trigo, em dois anos agrícolas.

| Fontes | 2019     |          |         |         | 2020                      |          |         |
|--------|----------|----------|---------|---------|---------------------------|----------|---------|
|        | NEP (n°) | NEE (n°) | PGE (g) | CE (cm) | MS (kg ha <sup>-1</sup> ) | NGE (n°) | CE (cm) |
| CA     | 4,21 a*  | 42,51 a  | 1,47 a  | 8,07 a  | 6188,66 a                 | 35,30 ab | 7,13 ab |
| MI     | 4,20 a   | 41,56 ab | 1,38 b  | 7,90 ab | 5853,33 a                 | 37,39 a  | 7,29 a  |
| CA+MI  | 4,28 a   | 42,26 a  | 1,42 ab | 8,00 a  | 6193,33 a                 | 34,11 b  | 6,99 ab |
| T      | 3,48 b   | 39,87 b  | 1,38 b  | 7,73 b  | 4776,66 b                 | 33,45 b  | 6,75 b  |
| CV (%) | 9,34     | 4,59     | 4,05    | 2,73    | 8,79                      | 6,60     | 5,06    |

Onde: (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CA+MI) 50% cama de aves + 50% mineral; (T) testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de Variação.

Para as variáveis NEE, PGE e CE e na média para as diferentes plantas de cobertura, se observa no tratamento 100% de N mineral e na testemunha, os menores valores em comparação aos tratamentos com utilização total e/ou parcial da cama de aves como fonte de N. Resultados contrários foram observados por Demari et al. (2016), para o número de espiguetas por espiga, onde não observaram influência dos manejos nitrogenados, apenas para os locais de cultivo. Assim como os demais componentes de rendimento, o PGE é fator determinante na produtividade final de grãos da cultura do trigo. Para essa variável, os maiores valores foram observados quando da utilização da cama de aves de forma isolada ou na mistura com a adubação mineral, onde conseqüentemente, foram verificadas as maiores produtividades de grãos. A mesma tendência foi observada para o CE, onde o incremento obtido no tratamento

100% do N via cama de aves foi de 0,34 e 0,17 cm superior à testemunha, sem adubação, e ao tratamento 100% mineral, respectivamente, o que está diretamente relacionada a variável NEE.

Para o ano de 2020, as variáveis que apresentaram diferença significativa foram número de grãos por espiga (NGE) e comprimento de espiga (CE), conforme tabela 7. As variáveis NGE e CE foram superiores no tratamento com aplicação de 100% do N via mineral (ureia). Essa resposta pode estar associada ao rápido incremento nos teores de N mineral no solo para as plantas. Segundo Costa et al. (2013), a diferença de resposta no NGE pode estar relacionada com a capacidade dos genótipos de trigo em realizar ajustes às estruturas morfológicas, especialmente aos caracteres de rendimento de grãos. Os menores valores foram observados na testemunha, sem adubação nitrogenada, o que pode estar associado à baixa disponibilidade de N durante o ciclo da cultura o que comprometeu a fase de crescimento e desenvolvimento de espigas (Campognara et al. 2016).

Na condição deste estudo conduzido há 5 anos na mesma área, as aplicações contínuas de cama de aves podem ter favorecido o incremento da matéria orgânica do solo, resultando em benefícios para a produção agrícola, como o aumento na capacidade de retenção e infiltração da água e conteúdo de água no solo, além de maior capacidade de troca catiônica e estabilidade estrutural. De forma geral, a resposta à adubação nitrogenada pela cultura do trigo, em sucessão as plantas de cobertura de solo, depende dos processos microbianos de mineralização e imobilização que ocorrem durante a decomposição dos resíduos culturais (Adami, 2012).

A decisão pela utilização da cama de aves em detrimento da adubação mineral depende de sua qualidade química e teores de nutrientes, além da disponibilidade deste resíduo. Além disso, deve ser considerado o efeito residual que a mesma promove no solo, o que pode possibilitar uma redução nos custos com insumos e, conseqüentemente, maior lucratividade ao produtor.

### 3.4 CONCLUSÕES

1. O manejo da adubação nitrogenada e as plantas de cobertura de solo alteram os componentes de rendimento da cultura do trigo, que podem ser afetados negativamente em curto prazo, sendo importante o manejo do sistema em longo prazo.
2. A utilização de cama de aves como fonte de N na cultura do trigo, incrementa a produtividade final de grãos sendo alternativa para substituição parcial, quando associada à ureia, ou total do N.
3. O trigo cultivado em sucessão ao nabo forrageiro e na consorciação de aveia-preta + nabo apresentou um melhor desempenho agrônômico e produtividade final de grãos.

### REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2020. São Paulo, 2020.
- ADAMI, P.F. *Intensidade de pastejo e níveis de cama de aviário em sistema de integração lavoura-pecuária*. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- 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.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BASSO, C. J.; BRONDANI, M. S.; SOARES, E.F.; MARINHO, T.B.S.; SILVA, A.D.B.; SOUZA, F.M.; SILVA, D.R.O.; FELTES, J.D.; SILVA, R.F. Organic and mineral source of nitrogen associated with *Azospirillum brasilense* in culture of wheat. *Journal of Agricultural Science*, v. 13, n. 12, p. 43-50, 2021.



BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; MELLO, G. R.; BRATTI, F.; PIVA, J. T. Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho–trigo em sistema de plantio direto. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 7, n. 1, p. 87-102, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009.

BRIEDIS, C.; SÁ, de M. J. C.; FERREIRA, J. C.; RAMOS, S. F. Efeito primário e residual de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do trigo. *Revista Verde*, v. 6, n. 2, p. 221-226, 2011.

CAMPONOGARA, A. da S.; OLIVEIRA, G. A.; GEORGIN, J.; ROSA, A. L. D. da. Avaliação dos componentes de rendimento do trigo quando submetido a diferentes fontes de nitrogênio. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 524–532, 2016.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 2, p. 215-224, 2013

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

DEMARI, G. H.; CARVALO, I. R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; DE SOUZA, V. Q.; SOMAVILLA, L.; BASSO, C. J. Cama de aves como alternativa para adubação nitrogenada em trigo. *Revista Cultivando o Saber*, v. 9, n. 2, p. 224-242, 2016.

GASPARIN, E.; SANTOS, J. A. A.; BARTZ, R. L.; FERRO, A. E. M. M.; VINCENZI, S. L. Crescimento do trigo com diferentes tipos de adubação. *Ver. Engenharia na Agricultura*, v. 25, n. 5, p. 469-477, 2017.

GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 7, p. 285-290, 1983.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE – Estatística da Produção Pecuária, jan-mar, 2021. 51p.

LINK, L. *Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo*. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

MELERO, M. M.; GITTI, D. C.; ARF, O. RODRIGUES, R. A. F. Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, n. 4, p. 343-353, 2013.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilamento e o rendimento de grãos de aveia. *Ciência Rural*, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

NASCIMENTO, C. D. V. do.; COSTA, M. C. G.; GARCIA, K. G. V.; SILVA, C. P. da.; CUNHA, C. S. de M. Acúmulo de nitrogênio e micronutrientes em leguminosas submetidas à adubação com resíduo orgânico. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p.109-118, 2014.

NETO, F. S.; CAMPOS, A. C. Plantas de cobertura antecedendo a cultura de trigo. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 16, n. 4, p. 463-467, 2017.

NORTHUPL, B.K.; RAO, S.C. Green Manures in Continuous Wheat Systems Affect Grain Yield and Nitrogen Content. *Agronomy Journal*, v. 107, p. 1666–1672, 2015.

NUNES, A S.; SOUZA, L. C. F.; MERCANTE, F. M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. *Bragantia*, v. 70, n. 2, p. 432-438, 2011.

RIBEIRO, R. H.; BESEN, M. R.; FIGUEROA, L. V.; IWASAKI, G. S.; PIVA, C. A. G.; SARTOR L. R.; PIVA, J. T. Seed and leaf inoculation with *Azospirillum brasilense* and

increasing nitrogen in wheat production. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 3 2018.

SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ALMEIDA, J. A., ARAÚJO FILHO, J. C., OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. *Brazilian system of soil classification*. Embrapa, Brasília, 2018, 356p.

SILVA, J. A. G.; ARENHARDT, E. G.; KRUGER, C. A. M. B.; LUCCHESI, O. A.; METZ, M.; MAROLLI, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 27–33, 2015.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. Ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1995.

TIECHER, T. *Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água*. 1. Ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. *Revista Ceres*, v. 58, n. 3, 2011.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L.C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. *Bragantia*, v. 72, n. 1, p. 90-100, 2013.

VIRTUOSO, M. C. Da S.; DE OLIVEIRA, D. G.; DIAS, L. N. De S.; FAGUNDES, P. S. De F.; LEITE, P. R. De S. Da C. Reutilização da cama de frango. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 12, n. 2, p. 3964-3979, 2015.

## 4 ARTIGO II – PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO E FONTES

### NITROGENADAS E SEU EFEITO SOBRE A COMUNIDADE DA FAUNA EDÁFICA

#### Soil cover plants and nitrogen sources and their effect on the edaphic fauna community

#### ABSTRACT

The use of ground cover crops and alternative sources of nitrogen fertilization promote improvements in the biological characteristics of the soil. The objective of this study was to determine the contribution of the isolated and/or intercropping of cover crops in autumn/winter and the use of poultry litter as a source of N in the wheat crop in succession on the soil mesofauna and macrofauna community. The experimental design was in randomized blocks, with split plots, in a factorial arrangement (4 x 4), with three replications. The collections of the edaphic fauna were realized with pitfall traps PROVID in plots of 15 m<sup>2</sup>. The edaphic fauna orders, abundance, Shannon diversity, Simpson dominance, Pielou evenness and the family of organisms of the order Collembola were evaluated. The use of ground cover plants in autumn/winter induced a greater abundance of edaphic fauna organisms, which were mostly represented by the order Collembola, belonging to the Entomobryidae family. The isolated or intercropped cultivation of cover crops, associated with the use of mineral N of poultry litter, allowed a greater diversity of organism species and a more stable uniform distribution of the different groups in the edaphic community of organisms.

**Key words:** soil biodiversity, biomass, poultry litter, Collembola, soil quality.

#### RESUMO

A utilização de plantas de cobertura de solo e fontes alternativas de adubação nitrogenada promovem melhorias nas características biológicas do solo. O objetivo deste trabalho foi

1 determinar a contribuição do cultivo isolado e/ou consorciado de plantas de cobertura de solo  
2 no outono/inverno e da utilização da cama de aves como fonte de nitrogênio (N) na cultura do  
3 trigo em sucessão sobre a comunidade da mesofauna e macrofauna do solo. O delineamento  
4 experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em um arranjo fatorial (4  
5 x 4) com três repetições. As coletas da fauna edáfica foram realizadas com armadilhas de queda  
6 tipo PROVID em parcelas de 15 m<sup>2</sup>. Avaliou-se, as ordens da fauna edáfica, abundância, índice  
7 de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, equabilidade de Pielou e a família dos  
8 organismos da ordem Collembola. A utilização de plantas de cobertura de solo no  
9 outono/inverno contribuiu para uma maior abundância de organismos da fauna edáfica que foi  
10 representada em sua maioria, pela ordem Collembola, pertencentes à família Entomobryidae.  
11 O cultivo isolado de plantas de cobertura, associado a utilização do N mineral via cama de aves  
12 possibilitou uma maior diversidade de organismos e uma distribuição mais uniforme dos  
13 diferentes grupos na comunidade edáfica.

14 **Palavras-chave:** biodiversidade do solo, biomassa, cama de aves, Collembola, qualidade do  
15 solo.

16

## 17 **4.1 INTRODUÇÃO**

18 A fauna edáfica é composta por organismos que atuam em processos do solo como a  
19 decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, elevando a disponibilidade de  
20 nutrientes assimiláveis pelas plantas (BARETTA et al., 2011). A diversidade biológica do solo  
21 exerce interação com a manutenção da capacidade produtiva do mesmo, em decorrência da  
22 decomposição e mineralização de resíduos orgânicos, contribuindo com a disponibilidade de  
23 nutrientes, especialmente o nitrogênio (BROWN & SAUTTER, 2009). Desse modo, a  
24 manutenção da biodiversidade do solo é fundamental para a sua qualidade (CROTTY et al.,  
25 2015).

1           A diversificação da comunidade de invertebrados edáficos e sua interação com os  
2 atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, os torna importantes indicadores de  
3 qualidade, principalmente por sua rápida resposta às alterações do meio, em comparação aos  
4 atributos físicos e químicos do solo (ROUSSEAU et al., 2013). Dessa forma, grupos funcionais  
5 específicos da fauna edáfica, tais como os colêmbolos, podem ser utilizados para avaliar as  
6 modificações no solo, impostas pelos sistemas de manejo, já que, segundo Baretta et al. (2008)  
7 apresentam alta sensibilidade às condições ambientais e alterações antrópicas do solo.

8           A utilização de plantas de cobertura de solo promove a ciclagem de nutrientes das  
9 camadas mais profundas para a superfície do solo, disponibilizando-os novamente para a  
10 cultura em sucessão (FIORIN, 2007). Dentre as espécies de plantas de cobertura utilizadas nos  
11 sistemas de produção, se destacam a a aveia-preta e o nabo forrageiro. Essas plantas possuem  
12 características específicas com relação a produção de matéria seca bem como, a relação C/N  
13 desses resíduos, que pode interferir na disponibilidade de N no solo.

14           Uma alternativa para potencializar os benefícios proporcionados pela utilização de  
15 plantas de cobertura, é a utilização de resíduos orgânicos como fonte alternativa de N na cultura  
16 em sucessão. A criação de aves é uma atividade considerada de alto potencial poluidor (ADAMI  
17 et al., 2012), devido a elevada geração de resíduos em pequenas áreas. Considerando o  
18 crescimento no setor avícola e conseqüentemente desse resíduo, faz-se necessária a utilização  
19 de técnicas racionais de manejo que minimize seu impacto sobre o ambiente. A cama de aves é  
20 constituída de uma mistura de excrementos com material absorvente dessa cama de aves, além  
21 de penas, descamações e restos de ração dos comedouros (VIRTUOSO et al., 2015). Os teores  
22 de nutrientes vão depender da concentração na dieta das aves e com relação ao teor de N, este  
23 resíduo pode substituir parcialmente ou totalmente o fertilizante químico nitrogenado  
24 (SANTOS et al., 2014). A disponibilidade de N às plantas, presente na sua grande maioria na  
25 forma orgânica nesse resíduo, só ocorre após o processo de mineralização que pode ocorrer de

1 forma lenta e gradual ao longo do ciclo da cultura, o que pode promover sincronia entre a  
2 mineralização e disponibilidade com os estádios de maior demanda de nutrientes pela planta  
3 (COSTA et al., 2011).

4 O uso de resíduos orgânicos influencia no fornecimento de alimento para a fauna do  
5 solo, que fragmenta e mistura partículas minerais e orgânicas (BARETTA et al., 2011). Desse  
6 modo, podem ocorrer variações na abundância e na diversidade da fauna edáfica de acordo com  
7 o tipo e composição do resíduo orgânico aplicado no solo (ALVES et al., 2008).

8 Nesse contexto, a hipótese do estudo é que cultivos de plantas de cobertura de solo no  
9 outono/inverno associadas ao uso de cama de aves como fonte de N na cultura do trigo em  
10 sucessão interfere na abundância e na diversidade da fauna do solo. Por isso, o presente trabalho  
11 teve por objetivo determinar a contribuição do cultivo isolado e/ou consorciado de plantas de  
12 cobertura de solo no outono/inverno e da utilização da cama de aves como fonte de N na cultura  
13 do trigo em sucessão sobre a comunidade da mesofauna e macrofauna do solo.

14

## 15 **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

16 O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Ciências  
17 Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico  
18 Westphalen (RS) (27°23'52,56" S, 53°25'39,43" W), com altitude aproximada de 489 metros.  
19 O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2018),  
20 com relevo suavemente ondulado, sendo o clima da região do tipo Cfa (subtropical úmido),  
21 segundo Köppen, com temperatura média anual de 19,1°C podendo variar de 0 a 38°C entre a  
22 mínima e a máxima, respectivamente. Por ocasião da instalação do experimento, o solo  
23 apresentava as seguintes características físico-químicas na camada de 0 a 20 cm: 5,7 de pH  
24 (H<sub>2</sub>O); índice SMP de 6,0; 570 g kg<sup>-1</sup> de argila; 35 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 5,7 mg dm<sup>-3</sup> de

1 P (Mehlich<sup>-1</sup>); 165 mg dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 8,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 4,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; H + Al de  
2 4,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e CTC de 14,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

3         Esse estudo foi conduzido após a colheita do trigo sob um experimento em seu segundo  
4 ano de execução que busca avaliar o efeito de plantas de cobertura de solo no outono/inverno  
5 associado a utilização de cama de aves como fonte de N na cultura do trigo. O delineamento  
6 experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial (4 x 4) com parcelas subdivididas,  
7 sendo quatro culturas de cobertura de solo no outono/ inverno: aveia-preta, nabo forrageiro, o  
8 consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e o pousio (sem nenhuma cobertura vegetal), com  
9 quatro estratégias de manejo de N na cultura do trigo em sucessão: 100% da recomendação de  
10 N via fonte mineral (ureia), 100% do N via cama de aves, 50% do N via fonte mineral + 50%  
11 do N via cama de aves e a testemunha (sem aplicação de N) com três repetições e as parcelas  
12 medindo 3,0 m x 5,0 m. A composição química da cama de aves era de 3,61% de nitrogênio,  
13 1,18% de fósforo, 5,62% de potássio, 4,94% de cálcio, 2,02% de magnésio e pH de 8,40.

14         No ano agrícola de 2020, a semeadura das plantas de cobertura foi realizada logo após  
15 a colheita da soja, com o trigo semeado em sucessão. A produção total de matéria seca da parte  
16 aérea das plantas de cobertura somada a parte aérea do trigo, foi de 7.691,14 kg ha<sup>-1</sup> na aveia-  
17 preta, 7.727,32 kg ha<sup>-1</sup> na consorciação aveia-preta + nabo forrageiro, 8.490,55 kg ha<sup>-1</sup> na  
18 cobertura de nabo forrageiro e no sistema pousio 6.165,03 kg ha<sup>-1</sup>.

19         A adubação para cultura do trigo seguiu a recomendação do Manual de Calagem e  
20 Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016) e  
21 independentemente da fonte, a dose total de N aplicada foi de 87,5 Kg ha<sup>-1</sup>.

22         Para avaliação da fauna edáfica, foram instaladas armadilhas de queda tipo PROVID  
23 para captura da meso e macrofauna do solo (ANTONIOLLI, et al., 2006). A instalação dessas  
24 armadilhas foi realizada no dia 12/12/2020, sobre os restos culturais da cultura do trigo. As  
25 armadilhas permaneceram no campo por um período de cinco dias, contendo em seu interior



1 300 mL de solução de detergente neutro (15%). Os indivíduos capturados nas armadilhas foram  
2 identificados quanto à classe ou ordem com auxílio de lupas binoculares, com aumento de 40  
3 vezes (COLEMAN & GROSSLEY, 1995) e classificados de acordo com sua funcionalidade  
4 (grupo funcional) em: micrófagos, sociais, saprófagos, predadores, fitófagos e outros (sem  
5 grupo funcional específico) (SWIFT, et al., 2010). A precipitação pluviométrica acumulada no  
6 mês de dezembro foi em torno de 65 milímetros e a temperatura média de 25 °C, obtidas junto  
7 à estação meteorológica de Frederico Westphalen, RS (Figura 1).

8 A partir da contagem e identificação em nível de grupo (classe/ordem) dos organismos  
9 edáficos, foram calculados os índices de biodiversidade: índice de Simpson, forma de  
10 dominância dado por  $S = \sum (n_i/N)^2$ , sendo  $n_i$  = número indivíduos do grupo “i”, N o somatório  
11 da densidade de todos os grupos; índice de Diversidade de Shannon ( $H = -\sum P_i \log P_i$ ), em que  
12  $P_i$  é a proporção do grupo i no total da amostra e equabilidade de Pielou, definido por  $e = H / \log S$ ,  
13 em que H corresponde ao índice de Shannon e S é o número total de grupos na comunidade.  
14 Os colêmbolos foram separados e identificados em nível de família, com o auxílio de literatura  
15 específica (COLEMAN & GROSSLEY, 1995).

16 Os índices de biodiversidade da fauna edáfica foram juntamente com os demais  
17 parâmetros, avaliados por meio do teste F. Após, para os efeitos significativos, as médias foram  
18 comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ), pelo programa SISVAR. Para a  
19 análise multivariada de agrupamento, utilizou-se a análise de componentes principais (Principal  
20 Component Analysis – PCA) resumindo-as em eixos, para as diferentes plantas de cobertura de  
21 solo e fontes nitrogenadas, utilizando o software estatístico R.

22

### 23 **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

24 Os resultados das coletas das armadilhas revelaram a presença de organismos da fauna  
25 do solo distribuídos nos grupos: Aranae, Collembola, Formicidae, Hemiptera, Isopoda,

1 Isoptera, Orthoptera e outros (Acarina, Coleoptera, Larva de Diptera e Hymenoptera), sendo  
2 identificados 4.590 organismos pertencentes a 11 grupos taxonômicos. Os organismos do grupo  
3 Collembola representaram 87,67% da abundância total, seguido dos Formicidae (7,0%) (Tabela  
4 1). Estudando o comportamento da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Rio Grande do  
5 Sul, Silva et al. (2015); Pessoto et al. (2020) e Góes et al. (2021) também verificaram uma  
6 frequência maior de colêmbolos na maioria das áreas analisadas. Os colêmbolos desempenham  
7 papel funcional no solo alimentando-se de fungos, bactérias e material vegetal em  
8 decomposição, além de fazer parte da cadeia de detritos, contribuindo para o processo de  
9 ciclagem de nutrientes (MAUNSELL et al., 2012). O aumento da população de colêmbolos  
10 pode estar relacionado com a qualidade do alimento disponível na área, pelo cultivo de trigo no  
11 inverno e soja no verão, o que disponibilizou alimento com características favoráveis aos  
12 colêmbolos. Em estudo realizado por Lucero et al. (2020), analisando a fauna edáfica sob  
13 diferentes tipos de coberturas vegetais, os autores concluíram que a área com trigo apresentou  
14 uma alta abundância de Collembola.

15 O segundo grupo com maior quantidade de organismos observados foi Formicidae,  
16 encontrados em maior abundância no cultivo de trigo em sucessão à aveia-preta solteira e ao  
17 consórcio aveia-preta + nabo forrageiro, e na testemunha sem adubação nitrogenada (50 e 55  
18 organismos, respectivamente). As formigas desempenham funções essenciais no solo, como  
19 aeração (CREPALDI et al., 2014), decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes  
20 (BRITO et al., 2016). Além disso, a abundância dessa ordem deve ser considerada de  
21 fundamental importância para a manutenção da qualidade do solo, devido seu potencial como  
22 bioindicador e agente controlador de pragas (CREPALDI et al., 2014; SILVA et al., 2015).  
23 Dessa forma, no presente estudo, a falta da adubação nitrogenada no período de entressafra  
24 empobreceu o sistema produtivo, justificando a necessidade de reposição de fertilizante no  
25 mínimo dentro do que foi exportado pela cultura. Estudos de Parr et al. (2007) corroboram com

1 os resultados encontrados e apontam que a elevada frequência de formigas pode ser  
2 consequência de práticas agrícolas inadequadas, visto que são bioindicadores de alterações no  
3 manejo do solo. Além disso, a cama de aves quando utilizada no pousio e no nabo forrageiro  
4 favoreceu o estabelecimento de comunidades de formigas no comparativo as outras coberturas,  
5 a maior disponibilidade de material orgânico pode ter atraído maior número de decompositores  
6 que na sequência atraíram predadores, permitindo o estabelecimento de formigas (CREPALDI  
7 et al., 2014).

8 O cultivo de trigo em sucessão à aveia-preta apresentou as maiores abundâncias de  
9 organismos edáficos, com menor expressão quando em sucessão ao nabo forrageiro (Tabela 1).  
10 Sistemas com maior disponibilidade de alimento e maior quantidade de resíduo vegetal podem  
11 ter favorecido o maior número de organismos, permitindo o estabelecimento de comunidades  
12 edáficas. Assim, essa maior abundância nas palhadas de aveia-preta solteira e consórcio aveia-  
13 preta + nabo forrageiro pode ser relacionado com o resíduo de aveia-preta que poderia ainda  
14 estar em decomposição na superfície do solo. Entretanto, esperava-se que o tratamento pousio  
15 apresentasse um número de organismos menor que os coletados nos demais tratamentos, esse  
16 fato pode explicar o efeito indireto que as plantas de cobertura tiveram no presente estudo sob  
17 a fauna do solo, indicativo de que após a colheita do trigo houve uma distribuição homogênea  
18 de organismos provavelmente devido à oferta de alimento. Estudando diferentes plantas de  
19 cobertura e a ocorrência da fauna edáfica, Silva et al (2013) evidenciaram que a utilização de  
20 nabo reduziu a abundância dos organismos edáficos, resultando em efeito antagônico do  
21 cultivo. Por outro lado, Steffen et al (2007) testando em laboratório diferentes fontes de  
22 alimento para colêmbolos nativos, demonstraram que a palha de nabo induz melhor  
23 desenvolvimento para estes organismos. Esse efeito não foi verificado nesse trabalho, pois no  
24 tratamento com cultivo de nabo forrageiro não houve incremento na população dos colêmbolos,  
25 possivelmente devido a rápida decomposição da palhada do nabo.

1 Já para os manejos nitrogenados, o tratamento sem aplicação de N apresentou as  
2 maiores abundâncias, com menor expressão na adubação 100% via mineral (Tabela 1). Dessa  
3 forma, observou-se que a fauna edáfica foi influenciada pela adição das diferentes fontes de  
4 adubação. O aporte de resíduos orgânicos, como a cama de aves, em sistemas de cultivo pode  
5 levar a resultados benéficos ou maléficos a macrofauna do solo (ALVES et al., 2008). Esse  
6 resultado sugere que ocorreu uma distribuição estável dos grupos coletados possivelmente  
7 favorecido pelo equilíbrio da temperatura com a incorporação de material orgânico no sistema,  
8 criando microclima adequado para o desenvolvimento dos organismos (ALMEIDA et al.,  
9 2017). Além disso, em estudo de Silva et al. (2016) em área com aplicação sucessiva de dejetos  
10 de suínos, os autores encontraram como resultados que a fauna edáfica responde a aplicação  
11 desses resíduos de acordo com o tempo de aplicação no solo e com a época de coleta.

12 Em relação ao índice de diversidade de Shannon, os maiores valores foram  
13 encontrados no trigo em sucessão ao pousio com adubação 100% mineral e no tratamento 50%  
14 mineral + 50% cama de aves. Os menores valores foram encontrados nos tratamentos com  
15 aplicação de 100% do N via cama de aves no trigo cultivado em sucessão à aveia-preta e 100%  
16 mineral na consorciação aveia-preta + nabo forrageiro (Tabela 2). Para o índice de dominância  
17 de Simpson, o trigo com adubação via cama de aves em sucessão ao nabo forrageiro e na  
18 adubação mineral em sucessão ao pousio apresentaram os maiores valores. A elevada  
19 abundância da ordem Collembola com 87,67% do total de indivíduos, favoreceu o índice de  
20 dominância. Conforme Baretta et al. (2003) a perda de diversidade ocorre justamente devido à  
21 presença de espécies dominantes que são favorecidas pelo ambiente ou pelo fornecimento de  
22 um único substrato alimentar. Além disso, as condições climatológicas no período anterior a  
23 instalação e durante a permanência das armadilhas no campo, com chuva e temperatura entre  
24 20 a 25 °C (Figura 1), favoreceu a presença massiva desse grupo de organismos. O índice de  
25 Pielou foi maior no trigo cultivado em sucessão ao pousio no tratamento com aplicação de

1 100% do N via mineral e 50% mineral e 50% cama de aves, mostrando maior uniformidade na  
2 distribuição dos organismos edáficos entre os grupos.

3 A frequência relativa das famílias da ordem Collembola foi constante, sendo coletados  
4 um total de 4.021 indivíduos, distribuídos em quatro famílias: Entomobryidae, Isotomidae,  
5 Poduridae e Neelidae (Figura 2). Os colêmbolos pertencentes à família Entomobryidae foram  
6 capturados em maiores densidades, representando mais de 70% de indivíduos da ordem  
7 Collembola coletados em cada tratamento. Estes representam a maior família da subordem  
8 Entomobryomorpha, com características marcantes como pigmentação, cerdas multiciliadas,  
9 fúrculas e grandes antenas. Essas características morfológicas e comportamentais fornecem  
10 mecanismos de resistência e adaptação aos diferentes habitats e às alterações no solo  
11 (ZEPPELINI & BELLINI, 2006), o que justifica o maior número de colêmbolos pertencentes  
12 à esta família. Essa espécie está presente no solo e em resíduos vegetais localizados em  
13 microclimas úmidos, em que as condições de luz permanecem relativamente constante  
14 (BELLINGER et al., 2014).

15 As famílias Isotomidae, Neelidae e Poduridae obtiveram o menor número de  
16 indivíduos coletados. Segundo Martins et al. (2020) espécies da família Isotomidae habitam,  
17 em sua maioria, a camada mais profunda do solo, o que pode justificar a sua baixa ocorrência  
18 nas armadilhas. Além disso, o hábito alimentar é composto em sua maioria por material  
19 amorfo e raras hifas e esporos de fungos (CÂMARA, 2002). Em relação aos colêmbolos das  
20 famílias Neelidae e Poduridae, estudos conduzidos por Rieff et al. (2010) e Martins et al.  
21 (2020) mostram uma maior densidade em áreas sob mata nativa. Nesse sentido, a sua ausência  
22 indica que alimentos de ambientes consolidados são decisivos para a manutenção dessas  
23 famílias de colêmbolos.

24 A análise multivariada foi sensível para avaliação do impacto dos tratamentos na fauna  
25 edáfica (Figura 3). Ao longo da dimensão 1 (eixo principal), os tratamentos com aveia-preta

1 sem adubação, aveia-preta associada a adubação mineral e com a cama de aves, consórcio  
2 aveia-preta + nabo forrageiro sem adubação e nabo forrageiro sem adubação estão dispostos na  
3 porção mais extrema à direita, com valores positivos. Os tratamentos com cobertura de aveia-  
4 preta com adubação mineral, consórcio aveia-preta + nabo forrageiro com adubação mineral  
5 associada a cama de aves, e o pousio com adubação mineral e a cama de aves estão na porção  
6 mediana, enquanto os demais estão na porção esquerda, com valores negativos. Em trabalho  
7 publicado por Santana et al. (2019) os autores também relatam que a fauna do solo é sensível a  
8 aplicação da cama de aves, bem como ao cultivo do nabo forrageiro.

9           No que se refere aos grupos específicos encontrados, o número de colêmbolos  
10 apresentou associação no cultivo de trigo em sucessão ao pousio com adubação 100% do N via  
11 cama de aves e na testemunha (sem N). Já a dominância apresentou relação com o trigo  
12 cultivado em sucessão ao nabo com aplicação de N via cama de aves associada à fonte mineral  
13 e no tratamento com aplicação de 100% da recomendação de N via mineral. Os colêmbolos  
14 representados pela família Entomobryidae constituíram a maioria dos organismos capturados,  
15 suas funções detritívoras e fungívera contribuem para a decomposição da matéria orgânica do  
16 solo e no controle de populações de microrganismos, especialmente fungos (MELO et al.,  
17 2009). Desse modo, a dominância de espécies está atribuída a abundância de indivíduos da  
18 ordem Collembola, considerado indicador de qualidade do solo devido principalmente a  
19 sensibilidade diante das condições ambientais.

20           A maior associação para o índice de diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou  
21 ocorreram nos tratamentos com cultivo de trigo em sucessão à aveia-preta onde se utilizou a  
22 cama de aves associada à ureia, nabo forrageiro sem aplicação de N no trigo, aveia-preta sem  
23 adubação e consórcio aveia-preta + nabo forrageiro com adubação 100% via cama de aves.  
24 Dessa forma, sistemas com plantas de cobertura de solo no período do outono/inverno que  
25 apresentaram acúmulo de palhada na superfície do solo, independente do cultivo solteiro ou

1 consorciado, propiciou alimento e fonte de energia para a fauna edáfica induzindo a diversidade  
2 de espécies mesmo sendo essa avaliação realizada após o cultivo do trigo. Além disso, estes  
3 sistemas podem ser beneficiados pelo aumento da qualidade dos resíduos orgânicos  
4 provenientes dos dejetos de animais, aumentando a mineralização do carbono, favorecendo o  
5 desenvolvimento e estabelecimento da fauna do solo (MARTÍNEZ E SÁNCHEZ, 2002) o que  
6 pôde ser observado no tratamento com substituição da adubação mineral pela cama de aves.

7

#### 8 **4.4 CONCLUSÃO**

9 A utilização de plantas de cobertura de solo no outono/inverno contribuiu para uma  
10 maior abundância de organismos da fauna edáfica que foi representada em sua maioria, pela  
11 ordem Collembola, pertencentes à família Entomobryidae. O cultivo isolado ou consorciado de  
12 plantas de cobertura de solo, associado à utilização do N via cama de aves possibilitou uma  
13 maior diversidade de organismos e uma maior uniformidade dos diferentes grupos na  
14 comunidade edáfica.

15

#### 16 **AGRADECIMENTOS**

17 Agradecemos ao Órgão Federal Brasileiro: “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de  
18 Nível Superior” (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado para realização da pesquisa.

19

#### 20 **DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES**

21 Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os patrocinadores fundadores não tiveram  
22 nenhum papel no desenho do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação  
23 do manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

24

#### 25 **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

1 Todos os autores contribuíram igualmente para a concepção e redação do manuscrito. Todos  
2 os autores revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram a versão final.

### 3 REFERÊNCIAS

4 ADAMI, P. F. et al. Grazing intensities and poultry litter fertilization levels on corn and black  
5 oat yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.360-368, 2012. Disponível  
6 em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000300007>>. Acesso: Dez. 15, 2021. doi:  
7 10.1590/S0100-204X2012000300007.

8 ALMEIDA, H. S. et al. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de  
9 uso do solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2017.  
10 Disponível em: <<http://revistas.fw.uri.br/index.php/rbdta/article/view/2162>> Acesso: Set. 15,  
11 2021.

12 ALVES, M. V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e  
13 dejetos de suínos no Oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,  
14 v. 32, n. 2, p. 2589-598, 2008. Disponível em: <[https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200014)  
15 [06832008000200014](https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200014)>. Acesso: Ago. 10, 2021. doi: 10.1590/S0100-06832008000200014.

16 ANTONIOLLI, Z. I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**,  
17 v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/198050981922>>.  
18 Acesso: Set. 15, 2021. doi: 10.5902/198050981922.

19 BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos em Ciência do Solo. 7 ed.  
20 Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 119-170. Disponível  
21 em:<[https://www.academia.edu/24924540/Fauna\\_Ed%C3%A1fica\\_e\\_Qualidade\\_Do\\_Solo](https://www.academia.edu/24924540/Fauna_Ed%C3%A1fica_e_Qualidade_Do_Solo)>.  
22 Acesso: Out. 12, 2021.

23 BARETTA, D. et al. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade  
24 do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.



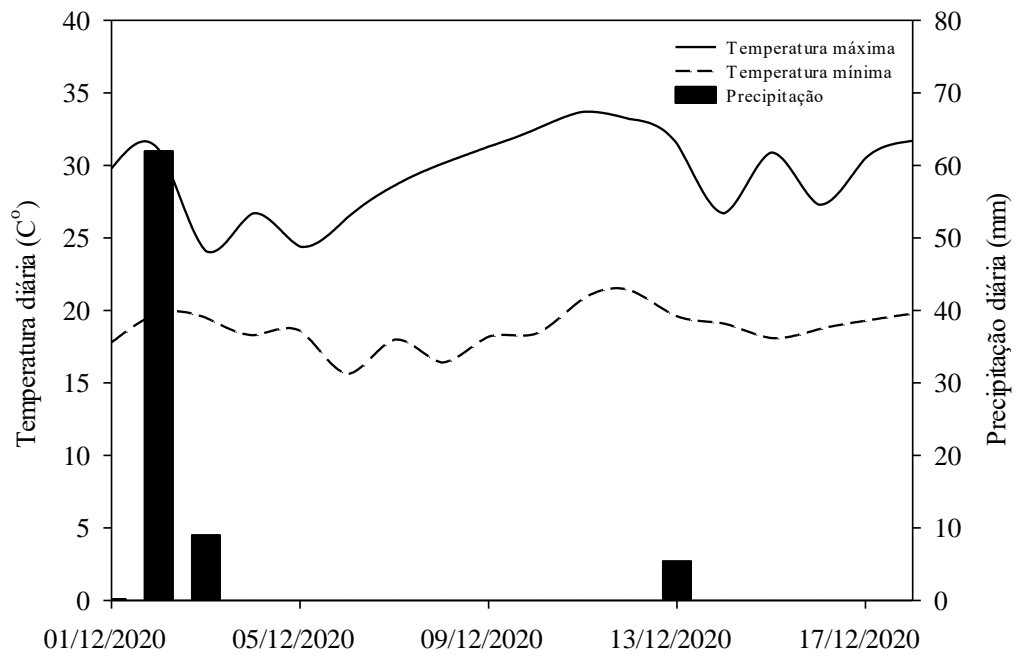
- 1 2693-2699, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700012>>.  
2 Acesso: Set. 15, 2021. doi: 10.1590/S0100-06832008000700012.
- 3 BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo  
4 manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p.  
5 97-106, 2003. Disponível em: < [https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/  
6 article/view/5616/3798](https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5616/3798)>. Acesso: Ago. 10, 2021.
- 7 BELLINGER, P. F.; et al. Checklist of the Collembola, 2014. Disponível em:  
8 <<http://www.collembola.org>>. Acesso: Jul. 06, 2021.
- 9 BRITO, M. F. et al. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de  
10 mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253-260,  
11 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300007>>. Acesso: Dez.  
12 12,2021. doi: 10.1590/S0100-204X2016000300007.
- 13 BROWN, G. G & SAUTTER, K. D. Biodiversity, conservation and sustainable management  
14 of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International  
15 Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1-9, 2009.  
16 Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800001>>. Acesso: Ago. 18,  
17 2021. doi: 10.1590/S0100-204X2009000800001
- 18 CÂMARA, V. A. Flutuação populacional, diversidade específica e alguns aspectos da  
19 comunidade de Collembola (Hexapoda) em fragmento florestal urbano – Manaus. Dissertação  
20 de Mestrado, INPA/UA, 2002. 128 p.
- 21 COLEMAN, D. C., GROSSLEY, D. A. Fundamentals of soil ecology. San Diego: Academic  
22 Press, 1995. 205p
- 23 Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS-RS/SC. Manual de calagem e adubação  
24 para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade  
25 Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016.

- 1 COSTA, M. S. S. de M. et al. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de  
2 culturas e fontes de adubação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 389-399, 2011. Disponível em:  
3 <<https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200018>>. Acesso: Jul. 17, 2021. doi:  
4 10.1590/S0034-737X2011000200018.
- 5 CREPALDI, R. A. et al. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema  
6 integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014. Disponível em:  
7 <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000500004>>. Acesso: Jan. 05, 2022. doi:  
8 10.1590/S0103-84782014000500004.
- 9 CROTTY, F. et al. Assessing the impact of agricultural forage crops on soil biodiversity and  
10 abundance. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 91, p. 119-126, 2015. Disponível em:  
11 <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.08.036>>. Acesso: Jun. 25, 2021. doi:  
12 10.1016/j.soilbio.2015.08.036.
- 13 FIORIN, J. E. Manejo e fertilidade do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo, 2007. 184  
14 p.
- 15 GÓES, Q. R. de. et al. Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa.  
16 **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 123-144, 2021. Disponível em:  
17 <<https://doi.org/10.5902/1980509832130>>. Acesso: Jan. 05, 2022. doi:  
18 10.5902/1980509832130.
- 19 LUCERO, E. M. et al. Invertebrados edáficos em culturas de verão e inverno no noroeste do  
20 Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 10, n. 1, p. 67-74, 2020.  
21 Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/9281/5747>>. Acesso: Jan. 11, 2022.
- 22 MARTÍNEZ, M. A.; SÁNCHEZ, J. A. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida:  
23 Oligochaeta) en un bosque siempre verde y un pastizal de Sierra del Rosario. *Caribb. J. Sci.*,  
24 San Juan, v. 36, n. 1-2, p. 94-103, 2002.

- 1 MARTINS, A. M. et al. Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações  
2 vegetais no município de Santa Bárbara, estado do Pará, Brasil. **Ciências Naturais**, v. 15, n. 2,  
3 p. 393-407, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i2.110>>. Acesso:  
4 Out. 25, 2021. doi: 10.46357/bcnaturais.v15i2.110.
- 5 MAUNSELL, S. C. et al. Springtail (Collembola) assemblages along an elevational gradient in  
6 Australian subtropical rainforest. *Australian Journal of Entomology*, v. 52, n.2, p. 114–124,  
7 2012. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/aen.12012>>. Acesso: Set. 12, 2021.
- 8 MELO, F. V. de. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como  
9 bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, 3 p., 2009. Disponível em:  
10 <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/428233>>. Acesso: Ago. 21, 2021. doi:  
11 428233.
- 12 PESSOTO, M. D. F. et al. Relação do uso do solo com a diversidade e a atividade da fauna  
13 edáfica. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 397-402, 2020. Disponível em:  
14 <<https://doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9769>>. Acesso: Jan. 05, 2022. doi:  
15 10.31413/nativa.v8i3.9769.
- 16 PARR, C.L. et al. Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants.  
17 **Oecologia**, v. 151, n. 1, p. 33-41, 2007. Disponível em: <10.1007 / s00442-006-0570-5>.  
18 Acesso: Jul. 20, 2021. doi: 10.1007/s00442-006-0570-5.
- 19 RIEFF, G. G. et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de  
20 eucalipto e áreas nativas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1, p. 57-61, 2010.  
21 Disponível em: < <https://doi.org/10.18539/cast.v16i1-4.2008>>. Acesso: Dez 12, 2021. doi:  
22 10.18539/cast.v16i1-4.2008.
- 23 ROUSSEAU, L. et al. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in  
24 smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71-82,

- 1 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.020>>. Acesso: Set. 17, 2021.  
2 doi: 10.1016/j.ecolind.2012.11.020.
- 3 SANTANA, N. A. et al. Resposta da fauna edáfica ao uso da cama de aves: uma prática na  
4 perspectiva da educação ambiental. **Grandes temas em agronomia**, p. 105-104, 2019.  
5 Disponível em: <[doi:10.29327/511578-11](https://doi.org/10.29327/511578-11)>. Acesso: Jan. 11, 2022.
- 6 SANTOS, H. G. dos. et al. Brazilian System of Soil Classification, Brasília, 2018. Fifth Edition.  
7 356p.
- 8 SANTOS, L. B. et al. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de  
9 frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 272-281, 2014.  
10 Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17979>>  
11 Acesso: Set. 20, 2021.
- 12 SILVA, D. M. da. et al. Effects of pig slurry application on the diversity and activity of soil  
13 biota in pasture areas. **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p.1756-1763, 2016. Disponível em:  
14 <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141869>>. Acesso: Jan. 12, 2022. doi: 10.1590/0103-  
15 8478cr20141869.
- 16 SILVA, D. A. A. da. et al. Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo.  
17 **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015. Disponível  
18 em:<[http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2015\\_260](http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_260)>. Acesso: Out. 15, 2021.  
19 Doi: 10.18677/Enciclopedia\_Biosfera\_2015\_260.
- 20 SILVA, R. F. et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura  
21 do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137. 2013. Disponível  
22 em:<<https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200001>>. Acesso: Jul. 12, 2021. doi:  
23 10.1590/S1983-40632013000200001.

- 1 STEFFEN, R. B. et al. Avaliação de substratos para reprodução de colêmbolos nativos em  
2 condições de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 265-269, 2007. Disponível em:  
3 <<https://doi.org/10.5902/198050981958>>. Acesso: Out. 25, 2021. doi: 10.5902/198050981958.
- 4 SWIFT, M. J. et al. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações  
5 gerais. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Eds.). Manual de biologia  
6 dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras: Editora da UFLA,  
7 2010, v. 1, p. 23-41.
- 8 VIRTUOSO, M. C. da S. et al. Reutilização da cama de frango. **Revista Eletrônica Nutritime**,  
9 v. 12, n. 2, p. 3964-3979, 2015. Disponível em: <[https://www.nutritime.com.br/site/artigo-296-](https://www.nutritime.com.br/site/artigo-296-reutilizacao-da-cama-de-frango/)  
10 [reutilizacao-da-cama-de-frango/](https://www.nutritime.com.br/site/artigo-296-reutilizacao-da-cama-de-frango/)> Acesso: Nov. 11, 2021.
- 11 ZEPPELINI, D. F.; BELLINI, B. C. Two Seira Lubbock 1869 (Collembola, Arthropleona,  
12 Entomobryidae) new to Science, with remarkable secondary sexual characters. *Zootaxa*,  
13 Auckland, v. 1185, p. 21 – 35, 2006. Disponível em:  
14 <<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1185.1.2>>. Acesso: Jul. 15, 2021. doi:  
15 10.11646/zootaxa.1185.1.2
- 16



- 1 Figura 1 – Variáveis meteorológicas coletadas através da estação automática no período de
- 2 01/12/2020 a 18/12/2020, Frederico Westphalen, 2020.

- 1 Tabela 1 - Número médio de organismos distinguidos por grupos funcionais, total de grupos,  
 2 identificação dos grupos (classe/ordem), abundância, total e frequência relativa (FR), sob  
 3 diferentes plantas de cobertura de solo e fontes nitrogenadas.

|                 | AP  |     |     |     | AP + NF |     |     |     | NF  |     |     |     | P   |     |     |     | Total | FR (%) |  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|--|
|                 | O   | M   | OM  | T   | O       | M   | OM  | T   | O   | M   | OM  | T   | O   | M   | OM  | T   |       |        |  |
| Micrófagos      |     |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |  |
| Collembola      | 354 | 193 | 300 | 413 | 169     | 290 | 231 | 361 | 208 | 174 | 228 | 249 | 175 | 168 | 246 | 262 | 4021  | 87,67% |  |
| Saprófagos      |     |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |  |
| Isopoda         | -   | -   | 1   | -   | -       | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 1     | 0,02%  |  |
| Predadores      |     |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |  |
| Aranae          | 2   | 1   | 2   | 2   | 1       | -   | -   | 2   | 1   | -   | 2   | -   | -   | 2   | 2   | 2   | 19    | 0,40%  |  |
| Fitófagos       |     |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |  |
| Hemiptera       | -   | -   | -   | -   | -       | -   | 1   | 1   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 1   | -   | 3     | 0,06%  |  |
| Orthoptera      | -   | -   | -   | -   | -       | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 3   | 1   | 2   | 6     | 0,13%  |  |
| Subtotal        | -   | -   | -   | -   | -       | -   | 1   | 1   | -   | -   | -   | -   | -   | 3   | 2   | 2   | 9     | 0,19%  |  |
| Insetos Sociais |     |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |  |
| Formicidae      | 4   | 8   | 13  | 50  | 7       | 15  | 11  | 55  | 31  | 5   | 11  | 10  | 38  | 18  | 34  | 12  | 322   | 7,00%  |  |
| Isoptera        | -   | -   | -   | -   | -       | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 2   | 1   | -   | -   | -   | 3     | 0,06%  |  |
| Subtotal        | 4   | 8   | 13  | 50  | 7       | 15  | 11  | 55  | 31  | 5   | 11  | 12  | 39  | 18  | 34  | 12  | 325   | 7,06%  |  |
| Outros**        | 20  | 4   | 10  | 5   | 15      | 8   | 7   | 24  | 19  | 9   | 11  | 11  | 12  | 20  | 27  | 13  | 215   | 4,66%  |  |
| Abundância      | 380 | 206 | 326 | 470 | 192     | 313 | 250 | 443 | 259 | 188 | 252 | 272 | 226 | 211 | 311 | 291 | 4590  | 100%   |  |
|                 | Aa* | Aa  | Aa  | Aa  | Ab      | Aab | Aab | Aa  | Aa  | Aa  | Aa  | Aa  | Aa  | Aa  | Aa  | Aa  |       |        |  |
| Total de Grupos | 4   | 4   | 5   | 4   | 4       | 3   | 4   | 5   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 5   | 6   | 5   | -     | -      |  |

- 4 Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P)  
 5 pousio; (O) cama de aves; (M) mineral; (OM) 50% cama de aves + 50% mineral; (T)  
 6 testemunha \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de  
 7 probabilidade. CV (%): 19,39% \*\*Organismos pertencentes às famílias: Acarina, Coleoptera,  
 8 Larva de Diptera e Hymenoptera.

- 1 Tabela 2 - Índice de diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equabilidade de Pielou  
 2 da fauna edáfica sob diferentes plantas de cobertura e fontes nitrogenadas.

| Plantas de Cobertura | Shannon |       |       |        |
|----------------------|---------|-------|-------|--------|
|                      | CA      | MI    | CAMI  | TEST   |
| AP                   | 0,314   | 0,373 | 0,412 | 0,322  |
| AP + NF              | 0,455   | 0,309 | 0,4   | 0,5171 |
| NF                   | 0,776   | 0,417 | 0,418 | 0,464  |
| P                    | 0,656   | 0,824 | 0,911 | 0,486  |
| Plantas de Cobertura | Simpson |       |       |        |
|                      | CA      | MI    | CAMI  | TEST   |
| AP                   | 0,124   | 0,152 | 0,173 | 0,137  |
| AP + NF              | 0,206   | 0,131 | 0,169 | 0,269  |
| NF                   | 0,348   | 0,174 | 0,174 | 0,195  |
| P                    | 0,33    | 0,372 | 0,427 | 0,201  |
| Plantas de Cobertura | Pielou  |       |       |        |
|                      | CA      | MI    | CAMI  | TEST   |
| AP                   | 0,122   | 0,166 | 0,167 | 0,128  |
| AP + NF              | 0,2     | 0,122 | 0,169 | 0,215  |
| NF                   | 0,321   | 0,186 | 0,181 | 0,194  |
| P                    | 0,278   | 0,356 | 0,374 | 0,199  |

- 3 Onde: (AP) aveia-preta; (AP+NF) aveia-preta + nabo forrageiro; (NF) nabo forrageiro; (P)  
 4 pousio; (CA) cama de aves; (MI) mineral; (CAMI) 50% cama de aves + 50% mineral; (TEST)  
 5 testemunha.



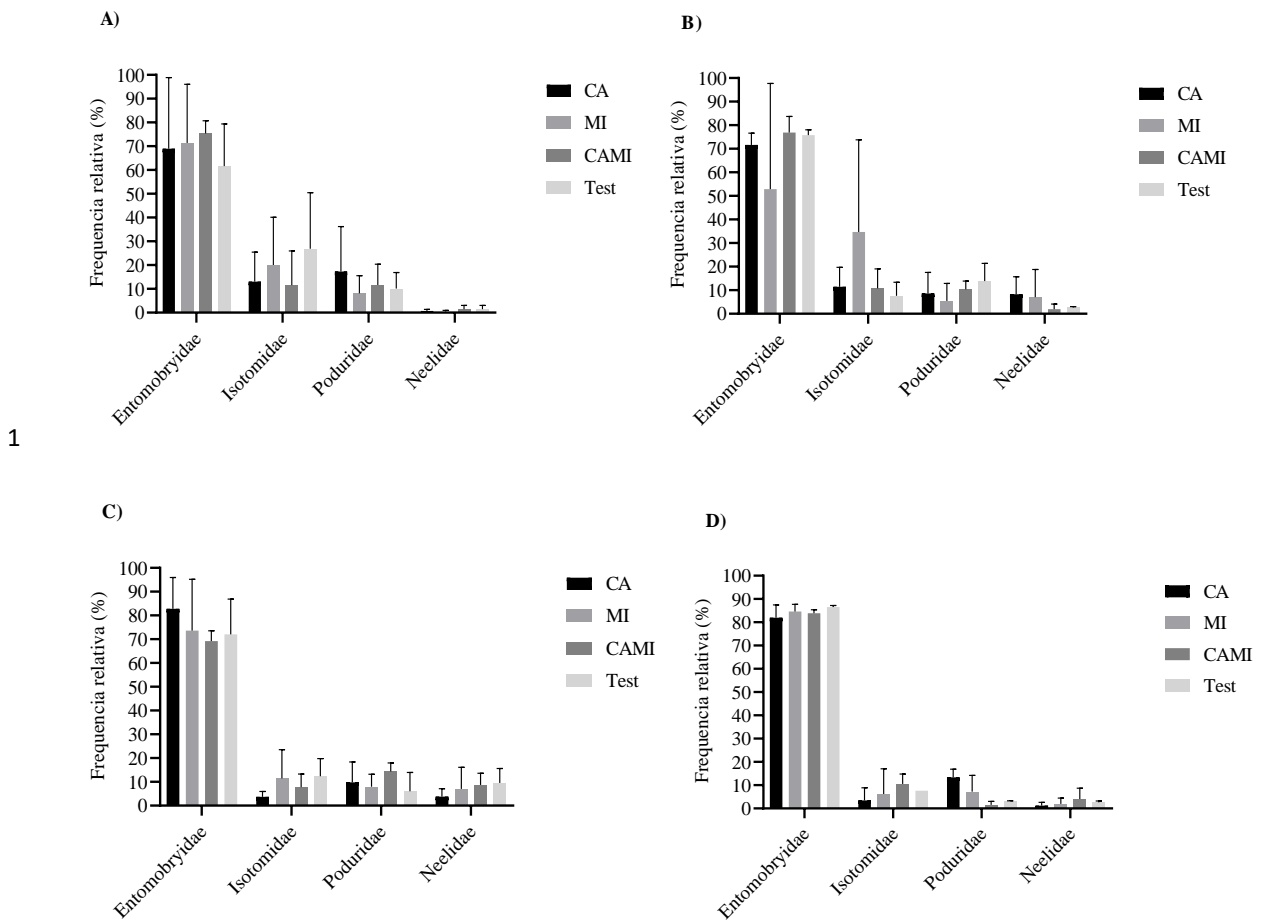
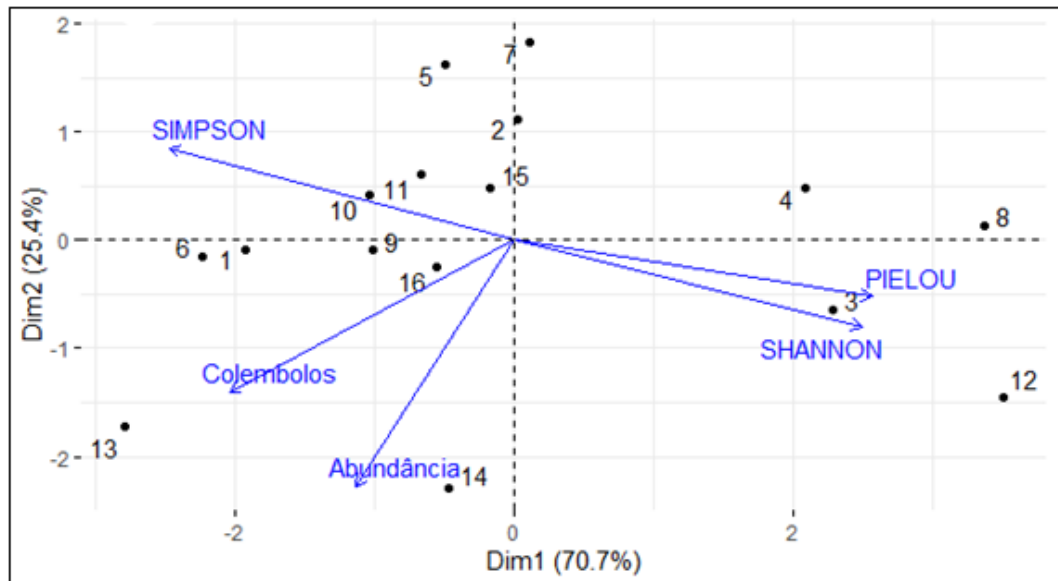


Figura 2 – Frequência relativa de famílias de Collembola encontrados no solo em diferentes plantas de cobertura A) aveia-preta, (B) consorciação aveia-preta + nabo forrageiro, (C) nabo forrageiro e (D) pousio, para as fontes nitrogenadas, adubação 100% do N via cama de aves (CA), adubação 100% do N via mineral (MI), adubação 50% do N via cama de aves e 50% do N via mineral mineral (CAMI) e testemunha sem adubação (Test).



1

2 Figura 3 – Representação gráfica da análise de componentes principais (PCA), relacionando as  
 3 dimensões 1 e 2, referentes à abundância da fauna do solo, índice de dominância de Simpson,  
 4 índice de diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou e número de colêmbolos, sob a  
 5 influência das plantas de cobertura e fontes nitrogenadas. 1 Aveia-preta + CA, 2 Aveia-preta +  
 6 Mi, 3 Aveia-preta + CAMi, 4 Aveia-preta + Test, 5 Aveia-preta + Nabo forrageiro + CA, 6  
 7 Aveia-preta + Nabo forrageiro +Mi, 7 Aveia-preta + Nabo forrageiro + CAMi, 8 Aveia-preta +  
 8 Nabo forrageiro + Test, 9 Nabo forrageiro + CA, 10 Nabo forrageiro + Mi, 11 Nabo forrageiro  
 9 + CAMi, 12 Nabo forrageiro + Test, 13 Pousio + CA, 14 Pousio + Mi, 15 Pousio + CAMi, 16  
 10 Pousio + Test.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de resíduos orgânicos em áreas de lavoura tem sido considerada como excelente alternativa de fonte de nutrientes. Além de viabilizar a destinação correta desses resíduos, essa prática promove o incremento da produtividade de culturas comerciais de grãos.

De forma geral, o sistema produtivo conduzido neste estudo há quatro anos com a utilização de plantas de cobertura de solo no outono/inverno, resultando em uma área 100% do tempo coberta e a combinação do uso de cama de aves como fonte de nitrogênio (N) demonstrou resposta significativa para a cultura do trigo. Analisando de maneira conjunta os resultados encontrados é possível considerar que a utilização da cama de aves, seja utilizada o total da dose recomendada ou parcialmente associada à ureia, promoveu aumento significativo na produtividade em relação ao tratamento convencional, somente com ureia. As sucessivas aplicações desses resíduos podem suprir a demanda de N e proporcionar sincronismo com os períodos mais críticos da cultura, devido o fluxo gradual de nutrientes da decomposição dos elementos orgânicos.

Além disso, o efeito residual da cama de aves é um fator positivo visto o alto dinamismo do elemento N no solo e a demanda crescente pela cultura. Manejos conservacionistas como o uso de fontes orgânicas vêm ganhando cada vez mais espaço no cenário mundial, há necessidade de ampliar um sistema de cultivo agrícola que seja o menos impactante possível ao meio-ambiente e, também, adicione valor a matéria-prima produzida na propriedade. A cama de aves, corroborado pelos resultados do presente estudo, representa uma alternativa eficiente para diminuição ou eliminação da dependência dos fertilizantes químicos e aumento da sustentabilidade ambiental.

Com relação as plantas de cobertura de solo no outono/inverno há necessidade de mais detalhes e estudos avaliando à longo prazo a consolidação do sistema plantio direto (SPD). É possível verificar que o pousio ainda proporciona benefícios para a cultura em sucessão, isso porque, a transição de um sistema convencional para o SPD é um processo gradativo e sem retorno imediato. Entretanto, o sucesso do sistema consiste na palhada deixada por plantas de cobertura sobre a superfície do solo, disponibilizando nutrientes para a cultura em sucessão, além da proteção do solo. A presença de palha na superfície do solo e de resíduos orgânicos no sistema produtivo estimula a diversidade da fauna edáfica e favorece a comunidade de organismos do ecossistema, criando microclima favorável para a manutenção das espécies. Contudo, a comunidade edáfica sofre flutuações de acordo com o uso e fertilidade do solo,

temperatura e precipitação e, portanto, é necessário um monitoramento constante nessa área, a fim de verificar o comportamento destas populações no sistema solo-planta.

## **6 CONCLUSÃO GERAL**

A utilização da cama de aves como fonte de N na cultura do trigo se mostrou uma prática eficiente de acordo com os parâmetros de planta analisados e na produtividade final de grãos de trigo, independente da aplicação total ou parcial da recomendação. O trigo em sucessão aos cultivos de nabo solteiro e o consórcio de aveia-preta + nabo forrageiro influenciou positivamente no desempenho agrônômico e produtividade de grãos. Quanto a fauna edáfica, as plantas de cobertura de solo induziram uma maior abundância de organismos representados em sua maioria pela ordem Collembola, pertencentes à família Entomobryidae. O cultivo isolado ou consorciado de plantas de cobertura, associado a utilização do N via cama de aves possibilitou uma maior diversidade de organismos e uma distribuição mais uniforme dos diferentes grupos na comunidade edáfica.

## REFERÊNCIAS

ABPA – **Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2020.** São Paulo, 2020.

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, n. 3, p. 601-612, 2003.

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 157-165, 2001.

ALMEIDA, H. S.; SILVA, R. F. GROLI, A. L.; SCHEID, D. L. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2017.

ANTONIOLLI, Z.I.; CONCEIÇÃO, P.C.; BOCK, V.D.; PORT, O.; SILVA, D.M. & SILVA, R.F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16 p. 407-417, 2006.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos do Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 363-443, 1997.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, v. 7, p. 119-170.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A. L.; WIKDNER, L.P.; MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista Ciência Agroveterinárias**, v.2, p.97-106, 2003.

BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; LANGE, A.; TRIVELIN, P. C. O. Perda de nitrogênio pela parte aérea de plantas de trigo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1106-1111, 2006.

BONA, F. D.; MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. **Informações Agrônomicas. International Plant Nutrition Institute**, n. 154, 2016.

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

BREVIK, E. C.; CERDÀ, A.; MATAIX-SOLERA, J.; PEREG, L.; QUINTON, J. N.; SIX, J.; VAN OOST, K. The interdisciplinary nature of soil. **Soil**, v. 1, n. 1, p. 117-129, 2015.

BRIEDIS, C.; SÁ, de M. J. C.; FERREIRA, J. C; RAMOS, S. F. Efeito primário e residual de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do trigo. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 221-226, 2011.

BROWN, G. G & SAUTTER, K. D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1-9, 2009.

CARVALHAL, R.; BARBOSA, G. C.; MIYAZAWA, M. Teor de nitrogênio no solo pela aplicação de dejetos de suínos e cama de aviário em Latossolo vermelho eutroférico. **Synergismus scyentifica**, v. 9, n. 1, p. 90-100, 2014.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 8 – Safra 2020/21 – n. 4 – Quarto levantamento, Brasília, p. 1-85, janeiro 2021.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Análise mensal Trigo**, fevereiro de 2020.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Compêndio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 1, Brasília, 2016.

CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 2016. 376p.

DEMARI, G. H.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; DE SOUZA, V. Q.; SOMAVILLA, L.; BASSO, C. J. Cama de aves como alternativa para adubação nitrogenada em trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 9, n. 2, p. 224-242, 2016.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S; SOUZA, L. T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1404-1411, 2010.

FERREIRA, C. dos R.; GUEDES, J. do N.; ROSSET, J. S.; CUNHA DOS ANJOS, L. H.; PEREIRA, M. G. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 40, n. 2, p. 599-610, 2019.

FIORIN, J. E. **Manejo e fertilidade do solo no sistema plantio direto**. Passo Fundo, 2007. 184 p.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do trigo. Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão, Jaboticabal, 2008.

GASPARIN, E.; SANTOS, J. A. A.; BARTZ, R. L.; FERRO, A. E. M. M.; VINCENZI, S. L. Crescimento do trigo com diferentes tipos de adubação. **Ver. Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 5, p. 469-477, 2017.

GATIBONI, L. C; COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia-preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 45-53, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: 2017**.

LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; BULL, L. T.; SOUZA, F. L. P de. Manejos de nitrogênio e do lodo de esgoto na cultura do trigo. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 1, p. 58-66, 2018.

LOPES, A. S. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2ª.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1998. 177p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. Ed. New York: Academic Press, 2012. 651 p.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1092-1102, 2002.

NETO, A. A. De O.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218p.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; MERCANTE, F. M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 432-438, 2011.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 546-554, 2010.

PEY, B.; NAHMANI, J.; AUCLERC, A.; CAPOWIEZ, Y.; CLUZEAU, D.; CORTET, J.; DECAËNS, T.; DEHARVENG, L.; DUBS, F.; JOIMEL, S.; BRIARD, C.; GRUMIAUX, F.; LAPORTE, M. A.; PASQUET, A.; PELOSI, C.; PERNIN, C.; PONGE, J. F.; SALMON, S.; SANTORUFO, L.; HEDDE, M. Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, n. 3, p. 194-206, 2014.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017. 178p.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1061-1068, 2009.

ROŻEN, A.; SOBCZYK, L.; LISZKA, K.; WEINER, J. Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test in monocultures of 14 tree species in the Siemianice common-garden experiment, Poland. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 45, p. 160-167, 2010.

RUSEK, J.; MARSHALL, V. G. Impacts of airborne pollutants on soil fauna. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 31, p. 395-423, 2000.

- SANGOI, L.; CECÍLIA, B.; LUIZ, M. de A.; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, v.37, n.6, 2007.
- SANTANA, N. A.; JAGNOW, T. B. L.; PASQUALON, N.; PORTELA, V. O.; UNFER, R. K.; SCHARDONG, I. S.; FREIBERG, J. A.; MORALES, C. A. S. Resposta da fauna edáfica ao uso da cama de aves: uma prática na perspectiva da educação ambiental. **Grandes temas em agronomia**, Maringá, p. 105-114, 2019.
- SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R.; GONÇALVES, A. C.; JR.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frangos na sucessão da aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 272-281, 2014.
- SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.
- SILVA, A. A.; DA SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- VIRTUOSO, M. C. Da S.; DE OLIVEIRA, D. G.; DIAS, L. N. De S.; FAGUNDES, P. S. De F.; LEITE, P. R. De S. Da C. Reutilização da cama de frango. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 12, n. 2, p. 3964-3979, 2015.
- WAGG, C.; BENDER, S. F.; WIDMER, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 14, p. 5266-5270, 2014.
- WANG, S. et al. Fertilizer regime impacts on abundance and diversity of soil fauna across a poplar plantation chronosequence in coastal Eastern China. **Scientific Reports**, v. 6, n. 20816, p. 1-10, 2016.
- WENTZ, R. **Fontes de adubação nitrogenada e seus reflexos na produtividade de trigo**. 2010. 49f. Trabalho Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.



## APÊNDICES

## ARTIGO I

**APÊNDICE A – QUADRADOS MÉDIOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS FATORES COBERTURA E ADUBAÇÃO SOBRE OS CARACTERES ESTATURA DE PLANTA (EP), NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA (NEP), NÚMERO DE ESPIGUETAS POR ESPIGA (NEE), NÚMERO DE GRÃOS POR ESPIGA (NGE), PESO DE GRÃOS POR ESPIGA (PGE), MASSA DE MIL GRÃOS (MMG), PRODUTIVIDADE FINAL DE GRÃOS (PFG), MASSA SECA DE PLANTA DE PARTE AÉREA (MS) E NITROGÊNIO ACUMULADO NA PARTE AÉREA (NT) E COMPRIMENTO DE ESPIGA (CE) DE TRIGO, FREDERICO WESTPHALEN, SAFRA 2019.**

| FV            | GL | QM                 |                    |                    |                     |                     |
|---------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|               |    | EP                 | NEP                | NEE                | NGE                 | PGE                 |
| Cobertura (C) | 3  | 5,00 <sup>ns</sup> | 4,57*              | 30,78*             | 16,97 <sup>ns</sup> | 0,03*               |
| Bloco         | 2  | 14,70              | 0,02               | 14,41              | 11,26               | 0,004               |
| Erro 1        | 6  | 7,68               | 0,05               | 3,99               | 5,23                | 0,002               |
| Adubação (A)  | 3  | 139,66*            | 1,70*              | 17,01*             | 7,13 <sup>ns</sup>  | 0,022*              |
| C x A         | 9  | 5,61*              | 0,25 <sup>ns</sup> | 2,12 <sup>ns</sup> | 8,95 <sup>ns</sup>  | 0,006 <sup>ns</sup> |
| Erro 2        | 24 | 1,71               | 0,14               | 3,64               | 5,75                | 0,003               |
| Total         | 47 |                    |                    |                    |                     |                     |
| CV1 (%)       |    | 2,98               | 5,87               | 4,81               | 5,85                | 3,49                |
| CV2 (%)       |    | 1,49               | 9,34               | 4,59               | 6,13                | 4,05                |

Continuação...

| FV            | GL | QM      |          |                      |         |                    |
|---------------|----|---------|----------|----------------------|---------|--------------------|
|               |    | MMG     | PFG      | MS                   | NT      | CE                 |
| Cobertura (C) | 3  | 419,27* | 672651*  | 1646522*             | 1082,3* | 0,97*              |
| Bloco         | 2  | 2,84    | 262678   | 75825                | 172,3   | 0,50*              |
| Erro 1        | 6  | 24,54   | 64625    | 209781               | 69,6    | 0,04               |
| Adubação (A)  | 3  | 567,22* | 4782157* | 5381011*             | 4079,9* | 0,26*              |
| C x A         | 9  | 73,68*  | 700261*  | 349396 <sup>ns</sup> | 517,5*  | 0,03 <sup>ns</sup> |
| Erro 2        | 24 | 26,45   | 100821   | 255758               | 98,2    | 0,04               |
| Total         | 47 |         |          |                      |         |                    |
| CV1 (%)       |    | 1,40    | 6,10     | 7,96                 | 7,20    | 2,79               |
| CV2 (%)       |    | 1,46    | 7,62     | 8,79                 | 8,56    | 2,73               |

FV: Fator de Variação; GL: graus de liberdade; CV (%): coeficiente de variação; QM: quadrado médio das variáveis; \*Valores significativos para teste F a 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup>valor não significativo.

**APÊNDICE B – QUADRADOS MÉDIOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS FATORES COBERTURA E ADUBAÇÃO SOBRE OS CARACTERES ESTATURA DE PLANTA (EP), NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA (NEP), NÚMERO DE ESPIGUETAS POR ESPIGA (NEE), NÚMERO DE GRÃOS POR ESPIGA (NGE), PESO DE GRÃOS POR ESPIGA (PGE), MASSA DE MIL GRÃOS (MMG), PRODUTIVIDADE FINAL DE GRÃOS (PFG), MASSA SECA DE PLANTA DE PARTE AÉREA (MS), NITROGÊNIO ACUMULADO NA PARTE AÉREA (NT) E COMPRIMENTO DE ESPIGA (CE), FREDERICO WESTPHALEN, SAFRA 2020.**

| FV            | GL | QM                  |                    |                     |                    |                     |
|---------------|----|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|               |    | EP                  | NEP                | NEE                 | NGE                | PGE                 |
| Cobertura (C) | 3  | 47,97*              | 0,89 <sup>ns</sup> | 74,94*              | 13,98*             | 0,036*              |
| Bloco         | 2  | 4,14                | 0,09               | 16,04*              | 11,34*             | 0,006               |
| Erro 1        | 6  | 2,22                | 0,24               | 2,58                | 1,44               | 0,005               |
| Adubação      | 3  | 19,58 <sup>ns</sup> | 8,02*              | 17,70 <sup>ns</sup> | 35,97*             | 0,008 <sup>ns</sup> |
| C x A         | 9  | 38,63*              | 1,13*              | 6,62 <sup>ns</sup>  | 6,02 <sup>ns</sup> | 0,008 <sup>ns</sup> |
| Erro 2        | 24 | 8,99                | 0,34               | 6,59                | 5,36               | 0,008               |
| Total         | 47 |                     |                    |                     |                    |                     |
| CV1 (%)       |    | 1,76                | 10,37              | 4,46                | 3,43               | 6,44                |
| CV2 (%)       |    | 3,54                | 12,35              | 7,13                | 6,60               | 8,25                |

Continuação...

| FV            | GL | QM      |          |           |         |                    |
|---------------|----|---------|----------|-----------|---------|--------------------|
|               |    | MMG     | PFG      | MS        | NT      | CE                 |
| Cobertura (C) | 3  | 385,09* | 1102241* | 5157429*  | 884,60* | 0,87*              |
| Bloco         | 2  | 254,26* | 134463*  | 50948     | 60,20*  | 0,11               |
| Erro 1        | 6  | 35,67   | 12565    | 30697     | 10,0    | 0,15               |
| Adubação (A)  | 3  | 820,55* | 920413*  | 10296350* | 4728,7* | 0,63*              |
| C x A         | 9  | 450,82* | 285193*  | 777596*   | 375,6*  | 0,19 <sup>ns</sup> |
| Erro 2        | 24 | 83,88   | 38279    | 33583     | 9,7     | 0,12               |
| Total         | 47 |         |          |           |         |                    |
| CV1 (%)       |    | 1,86    | 4,02     | 3,18      | 3,85    | 5,55               |
| CV2 (%)       |    | 2,85    | 7,02     | 3,32      | 3,79    | 5,06               |

FV: Fator de Variação; GL: graus de liberdade; CV (%): coeficiente de variação; QM: quadrado médio das variáveis; \*Valores significativos para teste F a 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup>valor não significativo.

**ARTIGO II****APÊNDICE A – ARMADILHA PARA COLETA DA FAUNA EDÁFICA, FREDERICO WESTPHALEN, 2020.**