

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS REALEZA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SAÚDE, BEM-ESTAR E PRODUÇÃO**  
**ANIMAL SUSTENTÁVEL NA FRONTEIRA SUL**

**JOEL RODRIGO LOVATEL**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE TRIGO COM DIFERENTES NÍVEIS**  
**DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

**REALEZA- PR**

**2024**

**JOEL RODRIGO LOVATEL**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE TRIGO COM DIFERENTES NÍVEIS  
DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Jonatas Cattelam

**REALEZA**

**2024**

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Lovatel, Joel Rodrigo  
Produção e Qualidade da Silagem de Trigo com  
Diferentes Níveis de Adubação Orgânica / Joel Rodrigo  
Lovatel. -- 2024.  
45 f.

Orientador: Doutor Jonatas Cattelam

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Saúde,  
Bem-Estar e Produção Animal Sustentável Na Fronteira  
Sul, Realeza, PR, 2024.

1. Trigo forrageiro. 2. Cama de aviário. 3. Ácidos  
orgânicos. 4. Valores bromatológicos. 5. Características  
produtivas. I. Cattelam, Jonatas, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**JOEL RODRIGO LOVATEL**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE TRIGO COM DIFERENTES  
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 31/10/2024

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **JONATAS CATTELAM**  
Data: 11/11/2024 10:27:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Jonatas Cattelam – UFFS**  
**Orientador**

Documento assinado digitalmente  
 **MARCELO FALCI MOTA**  
Data: 13/11/2024 09:25:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Marcelo Falci Mota – UFFS**  
**Avaliador**

Documento assinado digitalmente  
 **DIEGO SOARES MACHADO**  
Data: 11/11/2024 13:39:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Diego Soares Machado – IFFarroupilha**  
**Avaliador**

Já que a ti me confiou a piedade divina,  
sempre me rege, me guarde, me governe  
e ilumine.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por tudo que fez por mim, cada vitória, ensinamento e proteção.

Aos meus pais por toda a ajuda e oração.

Ao meu orientador Dr. Jonatas Cattelam que além de ser um profissional excelente é uma pessoa incrível sempre prestativo e educado. Agradeço por toda a ajuda para elaborarmos esse trabalho.

A Universidade Federal da Fronteira Sul- UFFS e a cada professor da pós-graduação pelos ensinamentos e por fazerem um excelente trabalho à frente desse programa.

Aos alunos da graduação e pós- graduação que direta ou indiretamente participaram de alguma etapa da preparação, coleta ou processamento dos dados desse estudo.

## RESUMO

O trigo até então utilizado predominantemente para produção de grãos, tornou-se uma alternativa na alimentação animal. Os resultados sobre a viabilidade da ensilagem do trigo estão esclarecidos, porém pouco se sabe sobre o potencial produtivo e nutricional da silagem trigo utilizando apenas cama de aviário como fertilizante. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a produção e a qualidade da silagem de trigo produzida com diferentes níveis de adubação orgânica. O estudo foi realizado na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* de Realeza. O experimento foi executado por três anos consecutivos, 2020 a 2022. O corte para ensilagem foi realizado quando as plantas atingiram o estágio de grão pastoso a massa firme. Foram avaliadas cinco estratégias de adubação, relacionando a quantidade em quilogramas por hectare (kg/ha) de adubo orgânico de cama de frango curtido aplicado as parcelas, sendo essas: 0,0 kg/ ha; 2.500 kg/ ha; 5.000 kg/ ha; 7.500 kg/ ha ou 10.000 kg/ ha. Observou-se aumento linear para da produção de matéria verde, matéria seca e taxa de acúmulo com o incremento da adubação utilizada. Não houve efeito nos componentes físicos do trigo com o incremento da adubação. No separador de partículas peneira *Penn State Particule Separator* do trigo triturado, observou-se elevação linear na quantidade de matéria verde retida na peneira de 4,0 mm com incremento da adubação orgânica. Os valores de pH da silagem de trigo nos dias 1, 4, 7, 14 apresentaram aumento linear de valor de pH com o incremento da adubação orgânica. A concentração de ácido lático foi superior em relação aos demais ácidos, sendo que, o teor de ácido acético apresentou aumento linear com incremento da adubação orgânica. Os teores de proteína bruta aumentaram linearmente com o incremento da adubação orgânica, enquanto os valores de FDN e FDA tiveram uma diminuição linear com o incremento da adubação. O aumento nos níveis de adubação orgânica para o trigo proporciona incrementos em produtividade. A elevação do nível de adubação orgânica proporciona aumento do pH, com elevação na concentração de ácido acético. Silagem de trigo produzida com maiores níveis de adubação orgânica apresentam maiores teores de proteína bruta com redução nos teores de fibras em detergente neutro e ácido.

Palavras- chave: Trigo forrageiro. Cama de aviário. Ácidos orgânicos. Valores bromatológicos. Características produtivas.

## ABSTRACT

The wheat, previously used predominantly for grain production, has become an alternative in animal feed. The results on the viability of wheat ensilage are clear, however, little is known about the productive and nutritional potential of wheat silage using only poultry litter as fertilizer. Therefore, this study aimed to evaluate the production and quality of wheat silage produced with different levels of organic fertilization. The study was carried out in the Universidade federal da Fronteira Sul (UFFS), Realeza campus. The experiment was carried out for three consecutive years, from 2020 to 2022. The cutting for ensilage was carried out when the plants reached the stage of pasty grain and firm mass. Five fertilization strategies were evaluated, relating the amount in kilograms per hectare (kg/ha) of organic fertilizer from cured chicken litter applied to the plots, namely: 0.0 kg/ha; 2,500 kg/ha; 5,000 kg/ha; 7,500 kg/ha or 10,000 kg/ha. A linear increase in the production of green matter, dry matter and accumulation rate was observed with the increase in the fertilization used. There was no effect on the physical components of the wheat with the increase in fertilization. The Penn State Particle Separator sieve was used for the crushed wheat, a linear increase in the amount of green matter retained on the 4.0 mm sieve was observed with the increase in organic fertilization. The pH values of the wheat silage on days 1, 4, 7, 14 showed a linear increase in pH value with the increase in organic fertilization. The concentration of lactic acid was higher than that of the other acids, and the acetic acid content showed a linear increase with increasing organic fertilization. The crude protein contents increased linearly with increasing organic fertilization, while the NDF and ADF values showed a linear decrease with increasing fertilization. Increasing the levels of organic fertilization for wheat provides increases in productivity. Increasing the level of organic fertilization provides an increase in pH, with an increase in the concentration of acetic acid. Wheat silage produced with higher levels of organic fertilization presents higher levels of crushed protein with a reduction in the levels of neutral or acid detergent fibers.

Keywords: fodder wheat. Poultry litter. Organic acids. Bromatological values. Productive characteristics.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características químicas do solo da área utilizada no cultivo do trigo Energix 201 entre os anos de 2020 a 2022.....	23
Tabela 2- Características produtivas do trigo Energix 201 utilizado para produção de silagem, produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.....	31
Tabela 3- Características estruturais do trigo Energix 201 utilizado para a produção de silagem, produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.....	33
Tabela 4- Tamanho de partículas em peneira Penn State Particule Separator do trigo Energix 201 utilizado para produção de silagem, produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.....	34
Tabela 5- Potencial hidrogênionico (pH) e capacidade tampão durante o processo fermentativo da silagem de trigo Energix 201, produzida sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.....	36
Tabela 6- Concentrações dos ácidos orgânicos (ppm) na silagem de trigo Energix 201, produzida com diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.....	38
Tabela 7- Características bromatológicas da silagem de trigo Energix 201, produzida com diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.....	40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
2.1 PRODUÇÃO DE SILAGEM .....	13
2.3 HISTÓRIA E CARACTERÍSTICAS DO TRIGO .....	16
2.4 CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM DE TRIGO .....	17
2.5 CULTIVAR ENERGIX 201 .....	19
2.6 ADUBAÇÃO ORGÂNICA E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO TRIGO .....	20
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é tradicionalmente utilizado para a produção de grãos (FONTANELI et al., 2011). No entanto, após um período de adaptações e melhoras genotípicas o trigo passou a ser usado para pastejo e produção de silagem (DE CASTRO et al., 2021). Dentre as adaptações estão a precocidade, possibilidade de cultivo tanto em clima úmido ou seco e retirada das aristas.

Sendo os resultados satisfatórios e promissores, parte das atividades de pesquisas voltaram ao estudo do armazenamento desse alimento utilizando a fermentação anaeróbica na forma silagem. As silagens de plantas de trigo não são convencionais no Brasil. No entanto, em regiões de instabilidade climática durante o inverno, a cultura do milho safrinha pode ser totalmente perdida caso haja ocorrências de geadas antecipadas (DO ROSÁRIO et al., 2012).

Posteriormente ao desenvolvimento das atividades de ensilagem do trigo os resultados foram mensurados e divulgados para o meio científico. Dentre os resultados no campo da pesquisa estão dados sobre fermentação e emprego de aditivos (BAL; BAL, 2012), dinâmica bacteriana na silagem de trigo (NI et al., 2015), rendimento produtivo (DALL' AGNOL et al., 2022), análises bromatológicas (DE OLIVEIRA et al., 2014) e características fermentativas (COELHO; DE ARAÚJO, 2021).

A empresa Biotrigo lançou em 2019 a cultivar de trigo Energix 201, exclusiva para produção de pré-secado e silagem. O Energix 201 é uma mistura de duas cultivares de trigo distintas: TBIO Energia I (45%) e TBIO Energia II (55%). Caracteriza-se por ter ciclo precoce, pela ausência de aristas, alta palatabilidade, excelente sanidade foliar, elevada produção e tolerância às principais doenças do trigo (Guia de cultivares- Nutrição animal, 2022). A qualidade final da silagem está diretamente ligada à coleta de boas plantas, ao período correto de corte, com umidade ideal e processada uniformemente pelas colhedoras de forragem (SCHLOSSER et al., 2010).

O cultivo do trigo permite ao produtor utilizar as terras da propriedade em períodos do ano que, normalmente, elas ficariam ociosas (COELHO; DE ARAÚJO, 2021). Efeitos sobre o solo também são considerados para o cultivo do trigo. A semeadura antecipada aumenta o período de cobertura do solo acumulando mais

biomassa, parte que pode ser transformada em carne e/ou leite nos períodos de maior carência de forragem que é o período frio, de menor taxa de crescimento decorrente das baixas temperatura e luminosidade (DE MORI et al., 2016).

Uma das formas de conservar um produto vegetal para posterior alimentação animal é por meio da ensilagem, atividade que trata do armazenamento da forragem verde, a qual irá sofrer fermentação em anaerobiose, mantendo-se assim conservada por bom tempo desde que não haja entrada de ar externo ao sistema (SCHLOSSER et al., 2010). O uso de forrageiras de inverno para produção de silagem possui inúmeras vantagens como a produção de volumosos de qualidade, com maiores teores de proteína e de boa digestibilidade, geração de renda com a possibilidade de produção de grãos durante o verão (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). A ensilagem do trigo é vantajosa, pois a planta de trigo contém alta matéria seca e carboidrato solúvel em água, e pode ser cultivada em condições climáticas e de solo mais amplas (NI et al., 2015).

A elevação do custo dos fertilizantes comerciais, e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de nutrientes (DA SILVA et al., 2011). Diante disso, a cama de aviário tornou-se uma opção para aumentar os níveis produtivos da cultura e solo, sendo uma escolha econômica ao cultivo. A incorporação de cama aviária ao solo aumenta o potencial hidrogênionico (pH), reduz os teores de alumínio trocável e aumenta a disponibilidade de macronutrientes (N, P, K e Ca) e micronutrientes (Zn e Mn) (BLUM et al., 2003). É de conhecimento público e técnico-científico que a adubação com cama de aves quando usada de forma correta promove grande potencial de produção agrícola, podendo ser utilizada nas culturas produtoras de grãos, horticultura, fruticultura, pastagem, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (CORRÊA; MIELE, 2011).

A utilização do trigo planta inteira para a confecção de silagem vem ao encontro de aprimorar a produção animal sem desprezar a sustentabilidade, de forma a armazenar alimento de qualidade para posterior fornecimento aos mesmo. Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar a produção e qualidade da silagem de trigo em diferentes níveis de adubação orgânica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PRODUÇÃO DE SILAGEM

O Brasil está entre os países com maiores extensões territoriais, população, produção de alimentos, fibras e biocombustíveis, e com potencial de expansão de área para atender demandas crescentes da humanidade (FONTANELI; FONTANELI; PANISSON, 2010). Para a produção de carne e leite o Brasil é dependente da utilização das pastagens naturais e/ou cultivadas como fonte básica de forragens aos animais reduzindo os custos de produção dessas atividades, porém sendo dependente de chuvas suficientes para manter o crescimento e desenvolvimento das pastagens (COELHO; DE ARAÚJO, 2021). Sendo assim, para contornar tais eventos sobre a produção animal a racionalidade humana desenvolveu formas de conservar a forragem do período de abundância para ser utilizado no período de escassez (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012).

A produção de silagem a base de milho é tradicionalmente utilizada na alimentação animal, por se tratar de uma planta com características desejáveis ao processo de ensilagem. O milho (*Zea mays*) apresenta alta densidade energética e alta produção de matéria seca por área (WROBEL et al., 2018). No entanto, a produção de milho para silagem acaba coincidindo com o período de produção de grãos, outro destaque negativo é o aumento do preço da semente do milho no mercado. A elevação do nível tecnológico embutido na grande maioria dos híbridos disponíveis no mercado, ocorreu elevação acentuada no custo do insumo sementes de milho. Esse fator tem chamado atenção dos produtores de leite, fazendo com que haja procura por alternativas na produção de forragens com qualidade similar e custos mais inferiores (COELHO; DE ARAÚJO, 2021). Além disso, a escolha de alimentos na alimentação animal merece destaque, pois a maior proporção das despesas totais oriundas de um sistema de produção animal é advinda com a alimentação (MACÊDO; SANTOS, 2019).

Alinhado ao entendimento de diminuir os valores na produção de alimentos, utilizar períodos alternativos para produção e plantio de espécies adequadas ao processo de ensilagem, capazes de fornecer nutrientes a produção animal optou-se pela ensilagem do trigo. Devido ao seu alto rendimento de matéria seca (MS), o trigo

integral é uma das culturas de cereais comuns para ensilagem em muitas partes do mundo (BAL; BAL, 2012).

A partir disso, uma série de pesquisas sobre sua capacidade fermentativa, bromatológica e produtiva foram realizadas, a fim de evidenciar se o trigo poderia ser posto em condições de anaerobiose e fornecer um alimento seguro e de qualidade. (NI et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2018). Uma vez que, compete ao meio científico encontrar novas forrageiras ou mesmo através do emprego das revolucionárias técnicas de melhoramento genético, aliando-se as metodologias de manejo e plantio que sejam mais eficientes e com flexibilidade para se adequar às exigências distintas em diversas regiões e climas, e venham a assegurar sustentabilidade e competitividade aos produtores (MACÊDO et al., 2019).

Nesse contexto, cultivares de trigo com aptidão para produção de pasto são excelentes alternativas para viabilizar a maior oferta de forragem no outono-inverno, quando as pastagens tradicionais apresentam taxa de crescimento reduzida no Sul do Brasil (DE CASTRO et al., 2021).

## 2.2 PROCESSO FERMENTATIVO DA SILAGEM

O objetivo de fazer silagem é produzir um alimento estável com alta conservação de matéria seca, energia e nutrientes altamente digeríveis em comparação com a colheita fresca (KUNG JR. et al., 2018). A fermentação promove diversas reações químicas que tem como resultado o desaparecimento parcial dos substratos fermentáveis e aparecimento de novos produtos, como ácidos orgânicos, aminas e amônia (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012).

A ensilagem é o método de preservação na qual a forragem é fermentada por um consórcio complexo de microrganismos, predominantemente as bactérias de ácido láctico (BAL), que convertem carboidratos solúveis em água para ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, sob condições anaeróbicas (NI et al., 2015). O acúmulo de BAL durante a fermentação resulta em rápido declínio do pH, o que permite a preservação da forragem por longos períodos (KESHRI et al., 2019). Além disso, inibe o crescimento de microrganismos anaeróbicos indesejáveis, como enterobactérias e clostrídios, que tendem a ser intolerantes a baixos valores de pH (KUNG JR., 2018).

Por fim, teor moderado de umidade, açúcares e ambiente anaeróbico são fatores indispensáveis no processo de ensilagem (XIA et al., 2018).

Para que a técnica de ensilagem se torne eficiente é preciso observar as características da forrageira a ser cultivada e a qualidade da silagem que será produzida, pois o entendimento dos eventos que ocorrem durante o processo de ensilagem são essenciais para a obtenção de volumosos conservados de qualidade (MACÊDO; SANTOS, 2019). Tendo o entendimento da importância de armazenar alimentos para períodos de escassez forrageira, seria importante reter todo e qualquer excedente produtivo. No entanto, na elaboração da ensilagem não são todos os produtos passíveis de armazenamento. Algumas culturas forrageiras apresentam limitações, como por exemplo: baixo ou elevado teor de MS, elevada capacidade tampão (CT), baixo ou elevado teor de carboidratos solúveis (CS) (DEMINICIS et al., 2009). Essas condições implicam que na maioria das vezes as espécies forrageiras, nem sempre atendem todas as exigências necessárias para produção de silagens de qualidade, apresentando limitações que podem prejudicar o processo fermentativo (DEMINICIS et al., 2009). Sendo assim, embora o processo de ensilagem pareça bastante simples, muitos fatores podem afetar o tipo de fermentação que ocorre (KUNG JR., 2018).

Dentre os fatores que afetam a fermentação estão silagens que apresentem baixos teores de MS, causando elevadas perdas por gases e efluentes, que carregam vários nutrientes solúveis em água, como açúcares, proteínas, minerais, vitaminas e conseqüentemente diminui o valor nutritivo do material e elevando a fração fibrosa (ANDRIGUETTO et al., 2002). A presença de substâncias tamponantes nas forrageiras para ensilagem causam capacidade de resistência às variações de pH, sendo comum nas plantas leguminosas, a exemplo a alfafa (MACÊDO et al., 2019). A redução no tamanho e a padronização do tamanho das partículas repercute principalmente na melhora da fermentação, da compactação do silo e na eficiência animal (SCHLOSSER et al., 2010).

Além disso, à medida que aumenta o teor de MS do material ensilado, aumenta o pH da silagem produzida, isso ocorre porque a água metabólica disponível para o crescimento de BAL começa a se tornar limitante (WHITER; KUNG, 2001). Silagens mais secas podem estragar rapidamente quando expostas ao ar porque essas silagens tendem a ser mais porosas no silo que silagens mais úmidas e não tem

quantidades suficientes de ácidos orgânicos por exemplo, ácido acético com atividade antifúngica para suprimir o crescimento de leveduras assimiladoras de lactato que iniciam a deterioração aeróbica (KUNG JR. et al., 2018). Desse modo, o entendimento de cada planta forrageira para seu armazenamento em forma de silagem é essencial para alcançar alimentos de qualidade e seguros aos animais.

### 2.3 HISTÓRIA E CARACTERÍSTICAS DO TRIGO

A história do trigo no Brasil inicia no século 16, junto com sua colonização do país. Segundo o historiador Gomes do Carmo, esse cereal foi introduzido no Brasil em 1534, por Martin Afonso de Souza, na então capitania de São Vicente, no atual estado de São Paulo. Relatos sobre a existência de cultivo de trigo no território brasileiro datam desse período, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Mais tarde, esse cereal também passou a ser cultivado em Minas Gerais e na Bahia, bem como nas províncias do sul (DE MORI et al., 2016).

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo e, devido ao seu aprimoramento genético, possui ampla adaptação edafoclimática, sendo cultivado desde regiões de clima desértico, em alguns países do Oriente Médio, até regiões com alto índice de precipitação, como na China e Índia. No Brasil, o trigo está sendo cultivado desde a região sul até a região de cerrados (NETO; SANTOS, 2017).

Trata-se de uma gramínea de inverno, enquadrada dentro do grande grupo C3, apresentando raízes compostas por raízes seminais, permanentes (coroa) e adventícias, folhas que apresentam bainha, lâmina, lígula e um par de aurículas, geralmente pilosas na base da lâmina e a disposição das folhas é alternada. O colmo da planta de trigo normalmente é oco, cilíndrico e com 4 a 7 nós e a emissão de novos colmos é denominada perfilhamento ou afilhamento. Sua inflorescência é do tipo espiga, composta, dística e seu grão é chamado de cariopse, pequeno, seco e indeiscente (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

De Mori et al. (2016), descrevem as fases de desenvolvimento do trigo da seguinte maneira. A fase vegetativa inicia com a semeadura, uma vez que, tão logo ocorre a embebição da semente, começa a diferenciação de novos primórdios foliares no embrião (que conta com 3 a 4 folhas iniciadas), e se estende até a iniciação floral, que marca o começo da fase reprodutiva (estádio de duplo-anel). Nessa etapa, no

ponto de crescimento da planta (meristema apical), são diferenciados unicamente primórdios foliares. A fase reprodutiva começa com a iniciação floral, quando são diferenciados os primórdios de espiguetas, na porção central da espiga, que depois se estendem para as extremidades até o aparecimento da espiguetas terminal na ponta (a última espiguetas). A fase de enchimento de grãos inicia com a antese (floração), quando ocorre a fecundação das flores e termina com a maturidade fisiológica da planta, ocasião em que os grãos atingem o máximo acúmulo de matéria seca.

Embora o trigo seja a principal cultura de inverno produzida no país, seu cultivo está majoritariamente situado no sul, e o Brasil não consegue atender à sua demanda interna, sendo necessárias periódicas importações do produto, sobretudo da Argentina (DE SOUZA; VIERA FILHO, 2021). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)Trigo foi pioneira no Brasil tanto na criação quanto no lançamento de cultivares de trigo com aptidão para alimentação animal, seja via pastejo direto ou forragem colhida e, adicionalmente, com potencial para ainda produzir grãos, os chamados trigos de duplo propósito. Uma tecnologia inovadora no país, que oportunizou o aumento da renda do produtor rural, especialmente por viabilizar a maior oferta de forragem no outono/inverno, quando as pastagens tradicionais de aveia-preta (*Avena strigosa Schreb*) e azevém (*Lolium multiflorum*), devido às baixas temperaturas e à menor luminosidade, apresentam taxa de crescimento reduzida (FONTANELI et al., 2019).

#### 2.4 CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM DE TRIGO

O trigo é uma cultura versátil usada para grãos, pastagens ou silagem em todo o mundo (SHAANI et al., 2017). As pastagens de cereais de inverno são excelentes plantas forrageiras durante o estágio vegetativo porque apresentam elevados níveis de digestibilidade e proteína, baixos teores de fibra (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). Embora exista uma crescente na literatura a respeito do processo de ensilagem integral do trigo essa ainda demanda estudos. Dentre os resultados confirmados estão sua viabilidade para realizar seu armazenamento em forma da silagem (DALL' AGNOL et al., 2022). Outro ponto a destacar, o cultivo do trigo para silagem está em fase de expansão sobre a compreensão e entendimento pelo produtores rurais de sua qualidade e viabilidade da produção. Demandando assim,

consolidação para que o armazenamento de forrageiras de inverno se torne uma realidade consolidada no Brasil.

A silagem de trigo inteiro é uma boa matéria prima para nutrição animal, fornecendo fibras e energia para os ruminantes (WANG et al., 2022). Referente a qualidade das silagens de trigo, destaca-se principalmente os valores de proteína bruta (PB) os quais podem variar de 8,0 a 12,0 % (FONTANELI; FONTANELI, 2009; FONTANELI et al., 2019). Segundo Do Rosário et al. (2012), os parâmetros obtidos pela ensilagem de trigo, em condições adequadas, são semelhantes aos obtidos com uma silagem de milho, encontrando valores médios entre 30 e 38% de MS, 9,0 e 14% de PB, 55 e 65% de fibra em detergente neutro (FDN), e de 32 e 38% de fibra em detergente ácido (FDA).

Para a colheita do trigo integral para silagem três estágios de maturação podem ser considerados estágio de floração, estágio de leite e estágio de massa/farináceo. O processo de ensilagem e o valor nutritivo da silagem dependem do estágio de maturação na colheita (FILYA, 2003). Os rendimentos de MS nos estágios de leite e massa foram maiores que no estágio de floração, enquanto que, o maior rendimento de PB do trigo integral foram obtidos no estágio de leite (XIE et al., 2012). Filya (2003), em sua pesquisa, colheu e ensilou o trigo integral em três estágios de maturação: floração, leite e farináceo, o pH foi mais alto no estágio de maturação farináceo e o teor PB diminuiu no estágio de amadurecimento da farináceo em comparação com os estágios de floração e leite. Além disso, o pH de todas as silagens permaneceu baixo, durante o teste de estabilidade aeróbica. Na fase de florescimento há maior participação de folhas em relação a colmos, e o estágio de grão farináceo apresenta alta proporção de amido na sua constituição, o qual atua de forma positiva na fermentação da silagem (WROBEL et al., 2018).

A estabilidade aeróbica demonstrada na silagem de trigo enfatiza seu armazenamento como forrageira conservada. Dentre as silagens feitas com aveia branca (*Avena sativa L.*), aveia preta (*Avena strigosa Schreb*), triticale (*Triticosecale Wittmack*) e cevada (*Hordeum vulgare L.*), o trigo se destacou por apresentar maior estabilidade aeróbica, prevenindo a deterioração da matéria seca depois da abertura do silo (LEÃO et al., 2016). Quanto a estabilidade aeróbica comparando silagem com ou sem inoculantes, Oliveira et al. (2018) relataram que silagem sem inoculantes obtiveram maiores valores de estabilidade aeróbica, justificando o fato por

apresentarem maiores concentrações de ácido acético e propiônico fornecendo maior estabilidade.

Em sua pesquisa Ni et al. (2015), mensuraram a população natural microbiana da silagem de trigo e estudaram os efeitos da qualidade da fermentação e da composição química na silagem de trigo com inoculante para BAL. Em uma pesquisa semelhante Xia et al. (2018), avaliaram o uso de melaço, subproduto da indústria de refinação de açúcar, como método de pré-ensilagem eficaz para melhorar a qualidade da silagem, por conta da maior produção de ácidos orgânicos, aumento da PB e menor valor de pH.

Além das variedades ditas como específicas para produção de silagem, existem outras conhecidas como duplo propósito, porém, mais utilizados para pastejo e posterior colheita de grãos. Trigo de duplo propósito é aquele que é usado com duas finalidades: inicialmente em pastejo, no período de maior carência de forragem (outono e parte do inverno), e ainda mediante diferimento (retirada dos animais) em momento estratégico para produzir grãos (DE MORI et al., 2016). Leão et al. (2016), mensuraram alguns componentes bromatológicos a partir de silagem integral de trigo submetidos a nenhum, um ou dois cortes. Relataram que ocorreu aumento da FDA silagem de trigo nos tratamentos com cortes no estágio vegetativo, o que demonstra que ocorreu efeito de concentração dos carboidratos fibrosos em consequência do consumo de carboidratos solúveis para que fosse possível a rebrota.

Quando o trigo é colhido para silagem de planta inteira, já está no final do ciclo produtivo e não haverá condições de rebrotar para colheita de grãos. Assim, colhe-se o trigo para silagem em cultivos exclusivos ou do rebrote de pastejo ou cortes no perfilhamento (DE MORI et al., 2016).

## 2.5 CULTIVAR ENERGIX 201

Segundo o guia de cultivares- nutrição animal (2022), o Energix 201 é uma mistura de duas cultivares de trigo distintas: Tbio Energia I (45%) e Tbio Energia II (55%). Indicado para cultivo nas regiões tritícolas: Valor de cultivo e uso (VCU) 1- fria, úmida, alta; VCU 2- moderadamente quente, úmida, baixa. Tendo ciclo precoce, tem como destaques, ausência de aristas, alta palatabilidade, excelente sanidade foliar, elevada produção, precocidade da semeadura à colheita, ameniza a sazonalidade da

produção de alimentos para os animais e tolerância às principais doenças. O ponto de corte para silagem no estágio de grão massa mole ou pastoso, com teores de 34 a 40% de MS, variando de 90 a 100 dias após a semeadura.

A densidade de população de plantas indicadas é 300 a 350 plantas finais por metro quadrado (m<sup>2</sup>). A adubação de base com Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) deve ser realizada conforme necessidade e recomendação da análise de solo para altos rendimentos de grãos. Quanto ao quantitativo de adubação a ser fornecido para o cultivo do trigo silageiro ainda não há uma literatura de referência, sendo assim, uma série e valores são descritos. No guia de cultivares- nutrição animal (2022), os valores recomendados são de adubação de base NPK conforme necessidade e recomendação da análise de solo para altos rendimentos de grãos, e adubação com 100 kg de N/ha em cobertura (60% em pleno perfilhamento e 40% no emborrachamento).

Dall' Agnol et al. (2022), confeccionaram silagem a partir do Energix 201, realizando o corte com 130 dias após o plantio, utilizando adubação química com 300 kg/ha da formulação 5-25-25 (N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O), em que as plantas atingiam altura de 81 centímetros (cm) e proporcionaram rendimento de biomassa ensilável de 4,8 t/ha. No mesmo estudo obteve como resultado: 7,3% de proteína bruta; 58,6% de fibra em detergente neutro; 37,5% de fibra em detergente ácido; 22,3% amido e 61,5% de nutrientes digestíveis totais.

## 2.6 ADUBAÇÃO ORGÂNICA E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO TRIGO

Conforme já relatado, a cultura do trigo tem grande parte dos custos de produção atribuída aos fertilizantes. No entanto, vale a pena enfatizar que esses insumos também são responsáveis por grandes incrementos na produtividade das lavouras tritícolas, seja por propiciar o cultivo do cereal em solos com limitações de fertilidade, seja por suprir as demandas nutricionais da planta, necessárias para expressar seu potencial genético de rendimento de grãos (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Os compostos orgânicos proporcionam aumento da matéria orgânica no solo e dos teores de fósforo, cálcio e potássio, sendo muito eficientes na melhoria das

químicas do solo, como pH, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases, reduzindo a acidez potencial (DE OLIVEIRA et al., 2014).

As atividades agropecuárias e das agroindústrias produzem grandes quantidades de resíduos orgânicos, os quais precisam retornar à natureza sem impactar o ambiente (CORRÊA; MIELE, 2011). Um dos casos de resíduos das atividades agropecuárias é a cama de aviário, um composto altamente nutritivo e com alto potencial para uso na agricultura.

A cama de aviário, também conhecida como cama de frangos ou esterco de aviário, é o material constituído pelas dejeções e penas de galináceos, restos de rações e pelo material orgânico absorvente da umidade usado sobre o piso do galpão (cepilho de madeira ou maravalha, palhas, cascas). Durante o ciclo de produção, as dejeções dos animais são misturadas ao material usado como substrato, e no final do ciclo, temos a cama de aviário que pode ser retirada ou reaproveitada no lote seguinte (HAHN, 2004).

A aplicação da cama de aves de forma correta e por períodos prolongados, pode-se observar a ocorrência de melhorias nos atributos do solo, elevando sua fertilidade, sendo que a maior parte destes benefícios são atribuídos à matéria orgânica, a qual influencia todas as propriedades do solo, tais como: aumento da capacidade de troca catiônica, disponibilidade e ciclagem de nutrientes para as culturas, e complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (CORRÊA; MIELE, 2011).

Segundo Da silva et al. (2016), o valor de pH de referência para o trigo é 6,0. Na análise química do solo deve-se observar cuidadosamente os resultados referentes a pH e à concentração de alumínio (Al), Cálcio (Ca) e Fósforo (P), especialmente na camada sub superficial do solo (10-20 cm). A toxidez por Al, que surge com o pH baixo (inferior a 5,5), afeta severamente o crescimento radicular do trigo, sendo que essas injúrias nas raízes comprometem a capacidade de absorção de água e nutrientes e causam, na parte aérea da planta, o fenômeno chamado crestamento (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Enquanto que, segundo Da silva et al. (2016), os valores de Nitrogênio para o cultivo do trigo forrageiro em solo com matéria orgânica entre 2,6 e 3,0 % são de 120 a 140 kg de Nitrogênio/ hectare, devendo ser parcelado as aplicações. Enquanto que Fósforo e Potássio em solo com valores de argila acima de 60% sua recomendação

é baseada nos valores presentes no solo. A quantidade recomenda de P e K para solos com alta quantidade desses componentes é de 60 kg/ha para ambos os nutrientes.

Os autores, De Bona; De Mori e Wietholter (2016), exemplificaram a importância dos principais componentes para o desenvolvimento do trigo. O N tem papel fundamental porque é o nutriente encontrado em maior concentração nos tecidos vegetativos e nos grãos, o que o caracteriza como sendo o elemento mais demandado pela planta de trigo. Além disso, sua disponibilidade em quantidade adequada à planta é o principal fator determinante do rendimento potencial da cultura do trigo. Por sua vez, o P no solo é um dos aspectos primordiais para o estabelecimento da cultura de trigo porque o nutriente está envolvido nos processos energéticos vitais da planta. A adequada disponibilidade de P no solo auxilia a planta em estágio inicial de crescimento e desenvolvimento na recuperação do efeito subletal de temperatura baixa.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* de Realeza. O município está localizado na região Sudoeste Paranaense, Paraná, Brasil, à altitude de 520 m, 25° 46' de latitude Sul e 53° 31' de longitude Oeste. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é o subtropical úmido (Cfa), com verão quente apresentando temperatura maior que 22°C e nos meses de inverno varia de 3,0 a 18°C (ALVARES et al., 2014). O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico típico com textura argilosa (BOGNOLA et al., 2011).

Anteriormente a implantação do experimento foi realizada a coleta de amostra do solo da área experimental para análise química e granulométrica do solo no perfil 0-20 cm de profundidade. Conforme a análise granulométrica, o solo da área experimental é classificado como tipo 3, muito argiloso, com percentual de 17,50% de areia, 17,50% silte e 65% de argila. A análise química do solo da área experimental está descrita na Tabela 1. Tendo o solo apresentando valor de pH abaixo do recomendado para cultivo do trigo, foi feita a calagem da área a ser cultivada com 3 t/ha de Calcário Calcítico, seguindo as recomendações técnicas. Tanto a calagem quanto a análise química e granulométrica do solo ocorreram apenas no primeiro ano do experimento.

Tabela 1- Características químicas do solo da área utilizada no cultivo do trigo Energix 201 entre os anos de 2020 a 2022.

Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	Matéria orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Complexo Sortivo							
			H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	Al	V
			----- cmol/dm <sup>3</sup> -----					%		
11,25	26,23	4,70	7,20	0,49	3,66	1,58	5,73	12,93	2,86	44,32

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O experimento foi executado por três anos consecutivos, entre os anos de 2020 a 2022, no mesmo local e na mesma época de cultivo, com o plantio sendo realizado nos dias 29 de maio de 2020 (ano 1), 27 de maio de 2021 (ano 2) e 26 de maio de

2022 (ano 3). Durante os períodos que não estava sendo realizado a condução do experimento, a área foi mantida em pousio sendo realizado o cultivo de capim sudão (*Sorghum sudanense*) ou milheto (*Pennisetum glaucum*), implantado sob plantio direto, sem uso de qualquer tipo de adubação de base ou cobertura.

A cultura avaliada foi o trigo silageiro (*Triticum aestivum* spp) cultivar Energix 201 e o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, tendo sido utilizados cinco blocos subdivididos em seis parcelas, totalizando trinta parcelas. Cada parcela possuía sete metros (m) de comprimento por sete metros de largura (7,0 m x 7,0 m), com área útil de 42 metros quadrados (m<sup>2</sup>), desprezando as bordaduras.

Foram avaliadas cinco estratégias de adubação, relacionando a quantidade em quilogramas por hectare (kg/ha) de adubo orgânico de cama de frango curtido. A análise laboratorial da cama de frango demonstrou que a mesma apresentava 17,77 gramas por quilo (g/ kg) de N, 25,13 (g/ kg) de P e 9,85 (g/ kg) de K. A cama de aviário é denominada curtida, pois passou por um processo de maturação para eliminação dos possíveis micro-organismo patogênicos que poderia albergar. A adubação orgânica foi aplicada nas parcelas, sendo os tratamentos: 0,0 kg/ ha; 2500 kg/ ha; 5000 kg/ ha; 7500 kg/ ha ou 10000 kg/ ha. Sendo assim, cada tratamento apresentou respectivamente os seguintes valores de NPK/ kg/ ha: 0,0- 0,0- 0,0; 44,25- 62,82- 24,62; 88,85- 125,65- 49,25; 133,27- 188,47- 73,87; 177,70- 251,30- 98,50.

Prévio ao estabelecimento da cultura do trigo a área foi preparada com gradagem para destorroamento, nivelamento do solo e eliminação de plantas invasoras. Na sequência, foi realizada a adubação orgânica das parcelas com a aplicação a lanço de cama de frango, nas quantidades acima mencionadas. O plantio do trigo foi realizado com semeadora hidráulica de arrasto com 16 linhas, acoplada ao trator, utilizando densidade de 110 kg de sementes por hectare, equivalente a aproximadamente 333 sementes por m<sup>2</sup>, com espaçamentos de 17,0 cm entre linhas e 3,0 a 4,0 cm de profundidade. Tais descrições estão de acordo com as indicações de (FONTANELI et al., 2007). Os procedimentos acima citados foram realizados em cada ano do experimento.

Durante o período de desenvolvimento do trigo, o controle de plantas invasoras foi efetuado com o uso de arranquio manual. Não foi aplicado nenhum herbicida, assim como, não foi realizada adubação com fertilizantes químicos. Foram observados alguns pontos de ataque de formigas cortadeiras (*Atta* spp.), sendo então

controlado com bioisca a base de *Tephrosia candida* (33,5%) e do princípio ativo flavonas saponínicas do tipo rotenóide (0,45%). Também foram efetuadas a cada ano de cultivo duas pulverizações com calda bordalesa (sulfato de cobre e cal virgem), na quantidade de 350 g diluídas em 20 litros (l) água, aplicada na proporção de 150 l/ha com auxílio de pulverizador costal para controle preventivo de fungos nas plantas. As aplicações da calda foram feitas em torno de 50 e 70 dias pós plantio. Os métodos utilizados para controle de insetos e fungos são adequados e passíveis de serem empregados na produção orgânica de forrageiras.

O corte para ensilagem foi realizado, quando as plantas atingiram o estágio de grão pastoso a massa firme. Os cortes foram realizados, respectivamente em cada ano de avaliação com 98,115 e 111, dias após o plantio. Prévio ao corte, foi efetuada a avaliação da altura das plantas com o uso de régua graduada em cinco pontos distintos de cada parcela, sendo essa altura mensurada do nível do solo até o ponto máximo de altura da espiguetta. A taxa de crescimento foi obtida pelo cálculo da razão entre a altura da planta e o intervalo de dias entre o plantio e o corte do material para a produção de silagem. Para quantificar a produção de matéria verde (kg/ha) da lavoura trigo foram feitos em cada parcela dois cortes da forragem, com auxílio de uma tesoura e a 5,0 cm do solo utilizando-se um quadro com área de 0,0625 m<sup>2</sup> (25 cm x 25 cm). Essas amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas, identificadas e encaminhadas ao laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS para a pesagem.

O material coletado de cada parcela, após a pesagem, foi misturado homogeneamente e então separado em duas sub amostras. A primeira para ser utilizada na separação dos componentes físicos da planta, sendo esses: colmo, folha, material senescente e inflorescência com grãos. Após a separação, os componentes foram alocados separadamente em sacolas de papel, pesados e postos em estufa de ar forçado a 55 graus Celsius (°C) até atingirem peso constante para estimar a participação dos componentes na matéria seca do material a ser ensilado. A segunda sub amostra do material coletado foi acondicionada em sacos de papel identificados, pesada, e posta em estufa de ar forçado a 55°C por 96 horas, para quantificar o teor de matéria seca do material coletado da lavoura. Assim sendo, o peso dos cortes obtidos nas parcelas foi multiplicado pelo teor de matéria seca obtido a fim de estipular a produção de matéria seca por hectare. A taxa de acúmulo diário da pastagem foi

calculada através da divisão do peso da massa de forragem produzida dividida pelo intervalo de dias entre o plantio até a colheita do material para ensilagem.

Conforme exposto acima, após a realização das avaliações na pastagem, toda área das parcelas foi cortada a 5,0 cm do solo, com uso de motossigadeira. O material cortado foi triturado em uma ensiladeira/colhedora de forragens acoplado ao trator para a produção da silagem. O material picado foi armazenado em bolsas de silagem com o auxílio de máquina empacotadora e compactadora de silagem. As bolsas de silagem, com 200 micras de espessura, foram hermeticamente fechadas com o uso de lacres plásticos, identificadas e permaneceram armazenadas em galpão, protegidas de chuva, insolação e vento, para posterior realização das análises. Para cada parcela anualmente foi produzido um saco de silagem com cerca 15 kg de material, compactados com densidade equivalente a 550 kg/ m<sup>3</sup>, semelhante à densidade de compactação em silos trincheira ou de superfície. O restante do material cortado das parcelas, correspondente a mesma estratégia de adubação, também foi triturado e empacotado nas bolsas de silagem para avaliação do pH durante o processo fermentativo.

No momento da confecção da silagem foi realizada a mensuração do potencial hidrogeniônico (pH) do material triturado para cada parcela da lavoura. Para mensuração do pH da silagem empregou-se a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006), que consiste na diluição de 9,0 gramas da amostra fresca em 60 mL de água destilada, com leitura do pH após o repouso da amostra por 30 minutos, com a utilização de potenciômetro digital (Peagâmetro). Na mesma amostra inicial de aferição do pH foi realizada a avaliação da capacidade tampão (PLAYNE; MC DONALD, 1966). As leituras de pH foram realizadas ao longo do processo fermentativo da silagem, sendo para tal nos dias de aferição aberto um saco de silagem por estratégia de adubação e retirada da porção central duas amostras de silagem para mensurar o pH do material ensilado. O pH do material ensilado foi mensurado no dia 1 (24 horas), dia 4 (96 horas), dia 7 (168 horas), dia 10 (240 horas) e dia 14 (336 horas) após a confecção da silagem. Para cada dia de avaliação do pH foi utilizado um novo saco de silagem fechado para cada estratégia de adubação empregada. A coleta da amostra para mensuração dos ácidos orgânicos e bromatologia foi efetuada 60 dias após a confecção da silagem.

Após a trituração do material a ser ensilado, em cada parcela da lavoura foi coletado cerca de 500 gramas de material triturado para realizar a separação do tamanho das partículas. A análise do tamanho de partícula foi realizada segundo o método *Penn State Particle Separator*, conforme a metodologia descrita por (KONONOFF; HEINRICHS; BUCKMASTER, 2003). Esse método utiliza um sistema de bandejas perfuradas com diferentes diâmetros (19 mm; 8,0 mm; 4,0 mm; e fundo), que separam certa quantidade de forragem estratificada após a movimentação do conjunto. Para separação das partículas, foram realizados cinco movimentos de vai e vem considerando cada uma das quatro faces da peneira, sendo que o conjunto foi girado 90° ao final dos cinco movimentos de cada face, repetindo-se por oito vezes o giro de 90°, totalizando quarenta movimentos. Após o processo de agitação das peneiras, o material contido em cada uma das bandejas foi pesado separadamente, tendo seu valor dividido pelo peso total da amostra e posteriormente multiplicado por 100, para obter os valores em porcentagem.

Em cada ano de avaliação, cerca de 60 dias após a confecção dos sacos de silagem, foi realizada a abertura de um saco de silagem de cada parcela, sendo o conteúdo da extremidade, assim como o material das laterais das bolsas descartados. Parte da silagem coletada foi submetida à prensagem com o auxílio de prensa mecânica, para extração do efluente da silagem. No efluente coletado, cerca de 8,0 mililitro (mL), foram acondicionados em recipientes contendo 2,0 mL da solução com ácido metafosfórico a 20% e congelados a -18 graus (°C) para avaliação dos teores de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico), por cromatografia gasosa. As amostras de efluente da silagem com a solução de ácido metafosfórico, após descongelamento, foram centrifugadas por 10 minutos à 5.000 rotações por minuto (rpm), para a decantação de possíveis sedimentos presentes na amostra. Após as amostras foram filtradas através de filtro para seringa membrana Pes 0,45 µm e acondicionadas em frascos Vials de 2,0 mL, e posteriormente enviadas para a central de análises da Fundação de Apoio à Educação Pesquisa Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR em Pato Branco/ PR.

Foram coletadas cerca de 500 g de amostra do material central contido nos sacos de silagem para amostra bromatológica. A amostra coletada foi armazenada em sacos de papel, pesada e encaminhada para estufa de ar forçado a 55 °C por 96

horas, para determinação da matéria pré seca. Após esse período a amostra foi novamente pesada e submetida a moagem em moinho tipo Willey, sendo metade da amostra moída com peneiras de 1,0 mm e o restante em peneiras de 2,0 mm, e posteriormente armazenadas em recipientes plásticos apropriados, identificados e armazenados para posteriores análises bromatológicas.

No material amostrado nos sacos de silagem, triturado em 1,0 mm, foi realizada a análise de matéria seca, determinada através da secagem da amostra em estufa a 105 °C durante 16 horas. O conteúdo de cinzas foi determinado por combustão a 550 °C durante duas horas e o teor de matéria orgânica calculado subtraindo-se de 100 o conteúdo de cinzas (matéria material). O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1995) modificado por (KOZLOSKI et al., 2003). As determinações de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram realizadas em saquinhos de poliéster (KOMAREK, 1993). O extrato etéreo foi determinado em sistema de refluxo com éter etílico, a 180 °C durante duas horas (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1995). As amostras moídas em peneiras de 2,0 mm foram usadas para avaliação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, determinada seguindo a metodologia (TILLEY; TERRY, 1963).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições por tratamento, sendo cada parcela considerada uma unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise de regressão simples pelo seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + b_1A_i + b_2A_i^2 + b_3A_i^3 + \epsilon_{ij}$$

Em que:  $Y_{ij}$  representa as variáveis dependentes;  $\mu$  a média geral das observações;  $\beta_i$  o efeito do bloco;  $A_i$  efeito do nível de adubação utilizado ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ );  $b_1$  = coeficientes lineares de regressão da variável  $Y$  em função do nível de adubação;  $b_2$  = coeficientes quadráticos de regressão da variável  $Y$  em função do nível de adubação;  $b_3$  = coeficientes cúbicos de regressão da variável  $Y$  em função do nível de adubação; e  $\epsilon_{ij}$  o erro residual aleatório. Para ajustar o modelo de regressão linear simples utilizou-se a função  $lm()$ , em que, previamente foram analisados os pressupostos de homogeneidade de variâncias, normalidade dos resíduos e independência dos resíduos, respectivamente, através das funções *bartlett.test*,

*shapiro.test* e *dwttest*. Os níveis de significância dos ajustes das equações linear, quadrática e cúbica do efeito da adubação orgânica sobre as variáveis dependentes foram baseados no teste *t*, com  $P < 0,05$ . Quando o modelo de regressão apresentou significância para mais de um ajuste, foi utilizado o modelo de regressão com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As análises estatísticas foram realizadas usando a linguagem R (R core Team, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se aumento linear (Tabela 2) para da produção de matéria verde (MV), matéria seca (MS) e taxa de acúmulo (TA) com o incremento da adubação utilizada. A escala crescente demonstra que o trigo apresenta boa resposta aos níveis de adubação orgânica indicando, que essa estratégia de adubação foi capaz de suprir as necessidades nutricionais do trigo. A quantidade produzida de MS/ha foi próxima e até mesmo superior a 10 toneladas por hectare, evidenciando boa produção. Cruz Júnior et al. (2018) ao avaliarem diferentes fontes de adubação para produção de trigo verificaram que a aplicação de cama de aviário proporcionou produção média de matéria seca de 8.276 kg/ha.

Por sua vez, altura e taxa de crescimento (Tabela 2) apresentaram comportamento quadrático com o incremento dos níveis de adubação. Essa estagnação no crescimento, mesmo com o incremento de adubação, deve estar relacionada a alguma limitação que a própria cultivar do trigo utilizada apresenta, a qual após atingir seu pleno desenvolvimento em altura, cessa seu crescimento e passa a mobilizar nutrientes para formação e maturação de grãos. O desenvolvimento da planta em altura é relevante sobre o aspecto da prática de confecção da silagem, pois possibilita maior versatilidade no corte, já que a variação na altura de corte propicia maior rendimento da lavoura ou maior disponibilidade de material vegetativo para cobertura do solo e, também interfere diretamente na qualidade da silagem

A cultivar se mostrou precoce, pois o intervalo entre a semeadura e a colheita da forragem se deu respectivamente aos 98, 115, 111 dias pós- plantio, demonstrando rápido desenvolvimento. Quando comparado a outras cultivares de inverno, Lehmen et al. (2014), realizaram o corte para ensilagem quando as plantas atingiram o estágio de grão pastoso a massa firme, com aproximadamente 30 a 35% de matéria seca, isso representou, 152 dias para a aveia branca URS Guapa, 170 dias para a aveia preta Ucrânia e 139 para a cevada BRS Cauê.

Dall' Agnol et al. (2022), realizaram um experimento semelhante a este estudo, para a produção de silagem utilizando o trigo Tbio Energix 201 e adubação química com 300 kg/ha da formulação 5-25-25, adicionalmente com adubação de cobertura a base de N. A colheita do trigo ocorreu após 130 dias do plantio com altura de 81 cm e proporcionou rendimento de biomassa ensilável de 4,8 toneladas/ha. Por sua vez,

Wrobel et al. (2018), produziram silagem de trigo com adubação química, 08-30-20, na dose de 400 kg/ha, adicionalmente adubação de cobertura com dois níveis de adubação nitrogenada, 88 ou 148 kg/ha de Nitrogênio, com produção de massa verde máxima 21.678 kg/ha, enquanto que a produção fitomassa seca máxima foi 10.284 kg/MS/ha.

Dessa forma, quando comparados as características produtivas deste trabalho com relatos de produção feitos à base de adubação química é observado que a produção de trigo para silagem somente com cama de aviário é uma possibilidade viável. Os resultados demonstrados ultrapassam os ganhos com produtos químicos. Além disso, orientada a uma produção voltada a sustentabilidade ambiental, com ganhos econômicos, ambientais e sociais.

Tabela 2- Características produtivas do trigo Energix 201 utilizado para produção de silagem, produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.

Variáveis	Tratamentos					EPM	P valor
	0	2500	5000	7500	10000		
Produção de MV (kg/ha)	20.468,4	21.994,4	29.352,7	34.400,0	35.379,4	1.144,3	<0,0001
Produção de MS (kg/ha)	8.738,03	9.512,59	12.149,3	14.048,8	15.289,4	373,08	<0,0001
Taxa de acúmulo (kg MS/ha/dia)	81,44	88,66	113,36	130,82	142,39	3,59	<0,0001
Altura (cm)	70,83	74,32	80,81	83,49	81,78	0,98	<0,0001
Taxa de crescimento (cm/dia)	0,66	0,69	0,75	0,78	0,76	0,01	<0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

MV- Matéria seca, MS- Matéria verde, kg- Quilograma, ha- Hectare, cm- Centímetro

Prod. MV =  $19.879,99 + 1,7X$ ;  $R^2 = 0,30$ .

Prod. MS =  $8.420,00 + 0,71X$ ;  $R^2 = 0,30$ .

Taxa de Acúmulo =  $78,52 + 0,0066X$ ;  $R^2 = 0,47$ .

Altura =  $78,25 + 41,66X - 16,11X^2$ ;  $R^2 = 0,27$ .

Taxa de crescimento =  $0,73 + 0,39X - 0,15X^2$ ;  $R^2 = 0,21$ .

Não houve efeito do nível de adubação orgânica empregada sobre os componentes físicos do material ensilado (Tabela 3). Esse resultado demonstra que embora a produtividade e o desenvolvimento das plantas, avaliados pela taxa de crescimento e de acúmulo, tenham sido influenciados pela quantidade de cama de frango empregada, o desenvolvimento dos componentes estruturais das plantas, segue a proporcionalidade de crescimento da planta conforme suas exigências são atendidas pela adubação empregada.

Dall' Agnol et al. (2022), realizaram a separação por proporção do trigo Tbio Energix 201 e obtiveram os seguintes resultados para os componentes físicos; colmo (60,7%), folha (12,6%), espiga/panícula (26,5%) e relação folha/colmo 0,21. Os resultados obtidos no presente estudo foram inferiores, o que pode estar atrelado ao fato de utilizarmos uma separação adicional, a matéria morta (senescentes). Wrobel et al. (2018), da mesma maneira mensuraram a participação dos componentes físicos na matéria seca da planta de trigo para silagem colhido no estágio fenológico farináceo. Seus resultados foram; colmo (36,1%) folhas senescentes (4,4%), folhas verdes (11,8%) e espiga (47,5%), resultados próximos aos observados no presente estudo.

A menor proporção de folhas no Tbio Energix 201 é justificada pela cultivar ser de aptidão para a confecção de silagem e pré-secado e não um cultivar destinado ao pastejo dos animais. Sendo assim, uma planta com desenvolvimento, capaz de fornecer alta produtividade e com grãos capazes de incrementar nutricionalmente a silagem que será produzida. Adicionalmente, por ter seu ciclo precoce e praticamente metade de sua proporção em MS ser inflorescência, essa planta precisa uma sustentação forte, sendo o colmo muito importante para evitar acamamento do trigo. Ressalta-se, que durante os três anos de experimento não houveram episódios de acamamento do trigo. Cabe também destacar, que pode haver redução no valor nutritivo da forragem, com o avanço no ciclo de desenvolvimento das plantas, explicada pelo aumento da parede celular e aumento da participação de colmo (HASTENPFLUG et al., 2011).

Tabela 3- Características estruturais do trigo Energix 201 utilizado para a produção de silagem, produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.

Variáveis	Tratamentos					EPM	P valor
	0	2500	5000	7500	10000		
Colmo, MS %	41,21	40,34	40,76	41,10	39,02	0,61	0,4080
Folha, MS %	4,33	5,61	6,05	6,23	5,25	0,36	0,1131
Matéria morta, MS %	4,73	3,28	4,05	3,45	4,09	0,14	0,2253
Inflorescência, MS %	49,73	50,77	49,14	49,23	51,64	0,78	0,6662

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

MS- Matéria seca.

Não houveram diferenças estatísticas para o tamanho de partículas do trigo triturado para produção de silagem produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica em peneira *Penn State Particule Separator* nas peneiras de 19 mm, 8,0 mm e fundo (Tabela 4).

A peneira de 19 mm teve os menores valores percentuais de retenção do material triturado em todos os níveis de adubação, sendo que, nessa parte da peneira tende a ficar o conteúdo mais grosseiro da planta, que possivelmente apresenta menor digestibilidade. Quando o teor de MS está elevado e o tamanho de partícula maior, tem-se dificuldades para compactação e quanto menor a compactação maior será a presença de oxigênio residual, podendo prolongar a fase de pré-fechamento do silo e causar perdas elevadas (TOMICH et al., 2003).

A massa verde picada em partículas de tamanho uniforme irá permitir melhor qualidade da silagem devido a menores perdas por efluentes e por facilitar a digestibilidade do alimento pelo animal (SCHLOSSER et al., 2010). Diante disso, o tamanho das partículas da silagem de trigo colaboraram para melhor compactação do material e conseqüentemente um processo fermentativo adequado.

Por sua vez, a quantidade de matéria verde triturado de trigo retida na peneira de 4,0 mm teve elevação linear com o aumento da adubação utilizada. Seu aumento pode ser justificado pelo fato, que com aumento dos níveis de adubação orgânica houve uma diminuição linear de FDN e FDA, os quais representam componentes

estruturas da célula vegetal. Sendo assim, com a diminuição dos componentes estruturais há maior facilidade do corte do trigo em partículas menores. Esse tamanho de partícula é essencial para a digestibilidade e saúde ruminal dos animais domésticos. A peneira de 4,0 mm retém partículas que são facilmente quebradas pela ruminação ou ação microbiana (HEINRICHS; JONES, 2013).

De forma geral, o tamanho das partículas obtidas neste estudo distinguiram dos valores considerados de referência para a silagem de milho, principalmente nas peneiras de 8,0 mm e fundo. Em nosso estudo utilizando a peneira *Penn State Particule Separator*, os valores da peneira de 8 mm oscilaram entre 27% a 37%, enquanto que, a peneira do fundo os valores ficaram entre 18% a 22%. Segundo Heinrichs e Jones (2013), a silagem de milho retida na peneira superior deve ser entre 3,0% e 8,0%, sendo o mínimo de 8,0% recomendado para situações na qual a silagem é a única fonte forrageira para os animais. Espera-se que 45% a 65% do material permaneça sobre a peneira com crivo de 8,0 mm, e entre 20% e 30% sobre a peneira com crivo de 4,0 mm. O recipiente de fundo não deve ter mais de 10% da amostra. Ressalta-se que a ensiladeira utilizada para produção da silagem foi desenvolvida para ser empregada com culturas estivais para ensilagem, como milho ou sorgo, assim, caso fosse empregado equipamento para forrageiras de inverno a trituração do material poderia se comportar de maneira diferente.

Tabela 4-Tamanho de partículas em peneira *Penn State Particule Separator* do trigo Energix 201 utilizado para produção de silagem, produzido sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.

Variáveis	Tratamentos					EPM	P valor
	0	2500	5000	7500	10000		
19 mm	12,54	14,42	11,81	11,99	9,20	0,85	0,0709
8 mm	32,62	36,38	33,57	31,61	27,60	1,36	0,1177
4 mm	34,65	30,48	33,40	36,68	42,48	1,28	0,0018
Fundo	20,18	18,72	21,22	19,71	20,71	1,21	0,7780

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4 mm =  $31,17 + 0,00087X$ ;  $R^2 = 01,0$ ;  $P = 0,0018$ .

A mensuração do pH ocorreu no momento da ensilagem, dia 0, até o 14º dia após a ensilagem (Tabela 5). Em todos níveis de adubação empregados ocorreu

diminuição do pH para valores entre 5,0 e 6,0. Os valores observados para o pH estão acima dos relatados por Meinerz et al. (2015) e Leão et al. (2016) para silagens de trigo, o que deve estar associado ao teor de matéria seca do material no momento da ensilagem. Segundo Van Soest (1994), silagens com teor de MS elevada o pH seria um critério menos eficiente de qualidade, pois a acidificação é inibida pela falta de umidade e elevada pressão osmótica, que promove relação inversa entre teor de umidade e pH, assim o pH elevado nesta situação não indica, necessariamente, silagens de pior qualidade.

Neste experimento o valor médio de MS durante a ensilagem estava próximo a 40%, porém o ponto ideal de MS na colheita ainda gera controvérsias entre pesquisadores. Para Dall' Agnol et al. (2022) ao realizar silagem de cereais de inverno para silagem, incluindo trigo, com valores de MS próximos a 40% não identificaram nenhum problema relacionado a fermentação das silagens. Filya (2003), realizou a ensilagem de duas cultivares de trigo colhidas nos estágios de maturidade floração, leite e massa. Em seus resultados observou que o pH das silagens feitas com o trigo na fase de massa diminuíram em menor proporção em comparação com a fase de floração e leite. Além disso, os carboidratos solúveis em água apresentaram menores valores na etapa de maturação de massa.

Os valores de pH da silagem de trigo (Tabela 5) nos dias 1, 4, 7, 14 apresentaram aumento linear de valor de pH com o incremento da adubação orgânica, demonstrando, que com o aumento da adubação os valores de pH se mantiveram mais elevados. A elevação do pH pode estar relacionada ao aumento da proteína bruta (Tabela 7), pois de acordo com Andriguetto et al. (2002) com maiores teores de proteína apresentam certa resistência ao abaixamento do pH, especialmente em decorrência de proteólises sofridas no processo, prejudicando a conservação e o valor nutritivo do alimento. Por outro lado, a capacidade tampão (Tabela 5) obteve comportamento quadrático com o incremento da adubação.

De modo geral os valores de pH final (dia 14) apresentaram-se valores maiores, quando comparados a outras culturas e estudos. Dependendo da cultura, o pH do material vegetal fresco no campo pode variar de 5,0 a 6,0 e diminuir para valores de 3,7 a 4,5 (dependendo da cultura e da MS) quando a fermentação estiver completa (KUNG JR., 2018). O fato que justifica valores maiores em nosso estudo foi o maior teor de MS do material ensilado, que por sua vez contém menos água, tornando-se

limitante da proliferação bacteriana, com conseqüente menores concentrações de ácido láctico, acético e propiônico. Além disso, durante o experimento observou-se que, parte dos grãos não foram expostos após a trituração, causando possivelmente menores quantidades de amido disponível para as bactérias, sendo assim não ocasionou maior diminuição do pH.

Tabela 5 – Potencial hidrogênionico (pH) e capacidade tampão durante o processo fermentativo da silagem de trigo Energix 201, produzida sob diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.

Variáveis	Tratamentos					EPM	P valor
	0	2500	5000	7500	10000		
Capacidade tampão HCl	37,66	42,41	41,53	30,84	25,62	1,86	0,0022
pH 0	6,35	6,18	6,17	6,18	6,23	0,02	0,1130
pH 1	6,21	6,26	6,33	6,42	6,66	0,03	<0,0001
pH 4	5,67	5,82	5,98	6,21	6,19	0,05	<0,0001
pH 7	5,25	5,63	6,09	5,62	5,99	0,09	0,0138
pH 10	5,19	5,60	5,51	5,36	5,77	0,07	0,0789
pH 14	5,05	5,16	5,17	5,36	5,75	0,08	0,0014

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

pH 0- pH dia 0, pH 1- pH dia 1, pH 4- pH dia 4, pH 7- pH dia 7, pH 10- pH dia 10, pH 14- pH dia 14.

Capacidade tampão =  $35,61 + 0,47X - 0,37X^2$ ;  $R^2 = 0,79$ ;  $P = 0,0022$ .

pH 1 =  $6,16 + 0,0039X$ ;  $R^2 = 0,34$ ;  $P < 0,0001$ .

pH 4 =  $5,68 + 0,0085X$ ;  $R^2 = 0,18$ ;  $P < 0,0001$ .

pH 7 =  $5,42 + 0,014X$ ;  $R^2 = 0,07$ ;  $P = 0,0138$ .

pH 14 =  $4,97 + 0,013X$ ;  $R^2 = 0,09$ ;  $P = 0,0014$ .

A concentração de ácido láctico (Tabela 6) foi superior dos demais ácidos na silagem produzida. O ácido láctico é um dos principais indicadores da qualidade da fermentação e seus níveis elevados são desejados no processo de fermentação. Ele atua na queda rápida do pH no interior do silo, proporcionando condições de inativação de crescimento de microrganismos indesejáveis (KUNG JR. et al., 2018). Após o término da fase de pré fechamento do silo, ocorre a fase de fermentação ativa, na qual ocorrerá o desenvolvimento de bactérias do ácido láctico (BAL) que são as principais responsáveis por promoverem o abaixamento do pH e conservação do material (MACÊDO; SANTOS, 2019).

Por sua vez, o ácido acético também esteve presente na silagem de trigo em todos os níveis adubação. Além disso, o ácido acético apresentou aumento linear com

incremento da adubação, demonstrando que níveis maiores de adubação orgânica foram capazes de proporcionar maior produção do ácido acético. Esse ácido está relacionado a qualidade fermentativa e estabilidade do silo após o mesmo ser aberto. A presença do ácido acético também é desejável no material ensilado, pois atua de forma antifúngica, inibindo o desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras, melhorando assim a estabilidade aeróbica da silagens (DANNER et al., 2003).

Para Filya (2003), os níveis mais elevados de ácido acético foram encontrados na silagem do estágio de maturação da massa. Os autores completam relatando, que não foi encontrado ácido butírico para todas as silagens e os níveis de etanol e ácido propiônico foram baixos, principalmente para o estágio de leite e a massa.

Os teores de ácido butírico foram baixos para todos os níveis de adubação orgânica, próximo ao mencionado por Xie et al. (2012), que a silagem de trigo no estágio de massa não tinha ácido butírico. O conteúdo desse ácido pode ser considerado um dos principais indicadores negativos da qualidade do processo fermentativo. Também corresponde àquelas silagens que apresentaram perdas acentuadas de matéria seca e energia da forragem original durante a fermentação e, frequentemente, esse conteúdo de ácido butírico é positivamente correlacionado à redução da palatabilidade e do consumo da forragem (TOMICH et al., 2003).

Para a realização deste experimento não foram usados quaisquer tipos de inoculantes ou substâncias capazes de aumentar os nutrientes para as bactérias epifíticas. Oliveira et al. (2018), confeccionou silagem com trigo integral colhido diretamente no estágio de massa mole (40% MS), no qual a silagem sem inoculante apresentou maiores níveis de ácidos acético, propiônico e butírico.

Tabela 6- Concentrações dos ácidos orgânicos (ppm) na silagem de trigo Energix 201, produzida com diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.

Variáveis	Tratamentos					EPM	P valor
	0	2500	5000	7500	10000		
Ácido láctico (ppm)	11,93	16,10	23,27	15,87	14,36	0,79	0,4120
Ácido acético (ppm)	5,79	6,97	10,34	10,44	9,25	0,40	<0,0001
Ácido propiônico (ppm)	0,00	0,00	2,03	0,02	0,00	0,16	0,9860
Ácido butírico (ppm)	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,7101

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

ppm- Parte por milhão.

Ácido acético =  $6,48 + 0,0004X$ ;  $R^2 = 0,33$ ;  $P < 0,0001$ .

Observa-se na Tabela 7 que o teor da MS ficou próximo a 40%, mensuração essa compatível com o estágio de colheita do trigo, grão pastoso a massa firme. Para servir como fonte de fibra e energia de alta qualidade para ruminantes, as plantas devem ser cortadas no estágio de grãos em massa firme com cerca de 30 a 40% de matéria seca (FONTANELI et al., 2019).

Os valores de PB obtiveram aumento linear com o incremento da adubação orgânica (Tabela 7). A provável justificativa se deve ao fato do maior incremento de N que o trigo recebeu e maior proporção de componentes em estágio vegetativo em sua estrutura. O N tem papel fundamental, porque é o nutriente encontrado em maior concentração nos tecidos vegetativos e nos grãos (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

A proteína é um dos fatores mais desejados na alimentação animal e fortemente ligado a produção de leite ou carne. Seu nível satisfatório presente na silagem de trigo e seu aumento linear com o nível de adubação demonstram, que a cama de aviário foi capaz de aumentar tanto a produção de MS (Tabela 2) como também a PB (Tabela 7). O teor de PB média do trigo é variável entre de 8,0% e 11,0%, dependendo da quantidade de folhas e de afilhos imaturos, sendo que o valor energético vai depender da quantidade de grãos (FONTANELI et al., 2019).

Os valores de FDN e FDA apresentaram uma diminuição linear com o incremento da adubação (Tabela 7). Embora a participação dos componentes

estruturais não tenha sido alterada com os níveis de adubação, os menores níveis de adubação devem ter antecipado a maturação das forrageiras promovendo incremento dos compostos estruturais como a celulose, hemicelulose e a lignina (VAN SOEST, 1994).

A diminuição de FDN e FDA com o aumento dos níveis de adubação demonstra que houve melhora na qualidade bromatológica, pois ambos indicadores são importantes na formulação de dietas, ligados a limitação de consumo e digestibilidade da forrageira. Os carboidratos constituintes da FDN têm baixa taxa de degradação e lenta taxa de passagem, desta maneira, dietas com altos teores de FDN promovem redução na ingestão de matéria seca total, em função da limitação provocada pelo enchimento do retículo-rúmen (VAN SOEST, 1994). Entretanto, valores baixos de FDN podem comprometer a saúde animal. A quantidade mínima de fibra é necessária para ter concentrações adequadas de microrganismos no rúmen a fim de promover o processo da fermentação, produção de saliva e movimentos ruminais (VAN SOEST, 1994)

O valor de DIVMS não foi influenciado pelo aumento dos níveis de adubação. Mesmo utilizando trigo em estágio de amadurecimento avançado em que a quantidade de folhas diminui a DIVMS manteve resultado satisfatórios, destacando a qualidade da forragem. A maior presença de folhas na MS total é desejável, pois resulta em melhora da digestibilidade e em aumento da ingestão de matéria seca (GRISE et al., 2001).

Os resultados das análises bromatológicas deste trabalho foram satisfatórios e compatíveis com demais trabalhos da literatura, evidenciando a viabilidade produtiva da ensilagem do trigo. Dall' Agnol et al. (2022), utilizando Energix 201, para a produção de silagem com teor de MS 40%, obteve como resultados: PB (7,3%); FDN (58,6%); FDA (37,5%). Enquanto que, Oliveira et al. (2018), encontraram como resultados para a silagem de trigo: proteína bruta (9,79%), FDN (52,48), FDA (32,88%), extrato etéreo (2,44%), cinzas (3,86%), e DIVMS (62,03%).

Tabela 7- Características bromatológicas da silagem de trigo Energix 201, produzida com diferentes níveis de adubação orgânica entre os anos de 2020 a 2022.

Variáveis	Tratamentos					EPM	P valor
	0	2500	5000	7500	10000		
Matéria seca (%)	40,37	40,43	39,74	37,97	40,89	0,95	0,4400
Matéria mineral (%)	6,85	6,90	6,57	7,81	6,97	0,16	0,1170
Proteína bruta (%)	8,41	8,77	8,85	9,58	8,99	0,13	0,0367
FDN (%)	56,80	54,13	56,61	52,29	53,23	0,60	0,0347
FDA (%)	28,94	27,64	29,00	26,73	26,77	0,34	0,0285
Extrato etéreo (%)	2,69	2,78	2,73	2,80	2,62	0,05	0,7029
DIVMS (%)	62,49	63,33	61,99	64,06	62,86	0,43	0,6175

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

FDN- Fibra em detergente neutro; FDA- Fibra em detergente ácido; DIVMS- Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Proteína bruta =  $8,52 + 0,078X$ ;  $R^2 = 0,07$ ;  $P = 0,0367$ .

FDN =  $56,39 - 0,35X$ ;  $R^2 = 0,05$ ;  $P = 0,0347$ .

FDA =  $28,86 - 0,20X$ ;  $R^2 = 0,05$ ;  $P = 0,0285$ .

## 5 CONCLUSÃO

O aumento nos níveis de adubação orgânica para o trigo proporciona incrementos em produtividade

A elevação do nível de adubação orgânica proporciona aumento do pH, com elevação na concentração de ácido acético.

A silagem de trigo produzida com maiores níveis de adubação orgânica apresentam maiores teores de proteína bruta com redução nos teores de fibras em detergente neutro ou ácido.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal: Os alimentos**. São Paulo- SP: Nobel, 2002.
- BAL, E. B. B.; BAL, M. A. Effects of chemical additives and ensiling time on whole plant wheat silage microbial profiles inferred by phenotypic and 16S ribosomal DNA analyses. **World Journal Microbiology Biotechnology**, v. 28, p. 767–776, 2012.
- BLUM, L. E. B. et al. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 627–631, 2003.
- BOGNOLA, I. A. et al. **Caracterização dos solos em áreas experimentais com grevilea, no Estado do Paraná**. Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 228, p. 33, 2011.
- COELHO, M. A. D. O.; DE ARAÚJO, E. C. Qualidade de silagem de trigo em função do tempo de fermentação. **Revista Cerrado Agrociências**, v. 12, p. 43–54, 2021.
- CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. (Eds.). **Manejo Ambiental na Avicultura**. Concórdia- SC: [s.n.]. p. 125–152.
- CRUZ JUNIOR, N. R. F. et al. Diferentes fontes de adubação apresentam resposta similar no rendimento de trigo. **XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**. Xanxêre- SC: UNOESC, 2018.
- DA SILVA, L. S. et al. (EDS.). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. [s.l.] Gráfica e Editora Pallotti, 2016.
- DA SILVA, T. R. et al. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 903–910, 2011.
- DALL' AGNOL, E. et al. Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira. **Research Society and Development**, v. 11, n. 8, p. 1–11, 2022.
- DANNER, H. et al. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Department of Environmental Biotechnology**, v. 69, n. 1, p. 562–567, 2003.
- DE BONA, F. D.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Informações agronômicas- Manejo nutricional da cultura do trigo. **Internacional Plant Nutrition Institute**, n. 19, p. 1–16, 2016.
- DE CASTRO, R. L. et al. Brs tarumaxi: nova cultivar de trigo para pastejo. **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**, v. 1, p. 394–397, 2021.
- DE MORI, C. et al. Trigo- o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília-DF: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa**, 2016.

- DE OLIVEIRA, L. B. et al. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 157–164, 2014.
- DE SOUZA, R. G.; VIERA FILHO, J. E. R. Produção de trigo no Brasil análise de políticas econômicas e seus impactos. **Revista de Política Agrícola**, n. 2, p. 45–61, 2021.
- DEMINICIS, B. B. et al. Silagem de milho - Características agrônômicas e considerações. **Revista eletrônica de Veterinária**, v. 10, n. 2, p. 2–19, 2009.
- DO ROSÁRIO, J. G. et al. Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 207–212, 2012.
- FILYA, I. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. **Animal Feed Science and Technology**, v. 103, p. 85–95, 2003.
- FONTANELI, R. S. et al. **Cereais de inverno de duplo propósito na integração lavoura-pecuária aveia, cevada, centeio, trigo e triticale**. Documentos/ Embrapa Trigo, ISSN 1516- 5582; 79, n. 1, p. 9–26, 2007.
- FONTANELI, R. S. et al. Bases para produção competitiva e sustentável de trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. M.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Eds.). **Trigo de Duplo Propósito**. Passo Fundo- RS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, 2011. p. 19–26.
- FONTANELI, R. S. et al. BRS pastoreio: cultivar de trigo de múltiplos propósitos para o sul do Brasil. **Embrapa Trigo**, v. 29, n. 168, p. 33–36, 2019.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul Brasileira. **Embrapa Trigo**, 2. ed. Brasília-DF, 2012.
- FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; PANISSON, T. F. Sistemas integrados de produção agropecuária em plantio direto. In: **Sistema Plantio Direto no Brasil**. 1. ed. Passo Fundo- RS: Aldeia Norte Editora, 2010. p. 245–257.
- GRISE, M. M. et al. Avaliação da composição química e da digestibilidade in vitro da mistura aveia IAPAR 61 (*Avena strigosa Schreb*) + ervilha forrageira (*Pisum arvense L.*) em diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 659–665, 2001.
- Guia de cultivares- Nutrição animal. **Biotrigo Nutrição animal**, p. 9–11, 2022.
- HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Curso de Pós- graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis- SC, 2004.
- HASTENPFLUG, M. et al. Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 1, p. 196–202, 2011.
- HEINRICHS, J.; JONES, C. M. The Penn State Particle Separator. **Department of Animal Science**, p. 186, 2013.

- KESHRI, J. et al. Bacterial dynamics of wheat silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 1–16, 2019.
- KOMAREK, A. R. Filter bag procedure for improved efficiency of fiber analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 6, p. 250, 1993.
- KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 5, p. 1858–1863, 2003.
- KOZLOSKI, G. V. et al. Potential nutritional assessment of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* schum cv. mott) by chemical composition, digestion and net portal flux of oxygen in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 104, p. 29–40, 2003.
- KUNG JR., L. et al. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020–4033, 2018.
- KUNG JR., L. Silage fermentation and additives. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 26, n. 3, p. 61–66, 2018.
- LEÃO, G. F. M. et al. Parâmetros nutricionais e estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidas a diferentes regimes de corte no estágio vegetativo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 6, p. 1664–1672, 2016.
- LEHMEN, R. I. et al. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1180–1185, 2014.
- MACÊDO, A. J. DA S. et al. Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 13, n. 2, p. 320–337, 2019.
- MACÊDO, A. J. DA S.; SANTOS, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 22, n. 4, p. 147–156, 2019.
- MEINERZ, G. R. et al. Utilização da biomassa remanescente de pastagens de estação fria para produção de forragem conservada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1390–1398, 2015.
- NETO, A. A. DE O.; SANTOS, E C. M. R. **A Cultura do Trigo**. Brasília- DF: Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, ISBN: 978-85-62223-09-9, 2017.
- NI, K. et al. Natural lactic acid bacteria population and silage fermentation of whole-crop wheat. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 8, p. 1123–1132, 2015.
- Official methods of analysis. **Association of official analytical Chemists- AOAC**, v. 1, 1995.
- OLIVEIRA, M. R. et al. Effects of inoculation with homolactic bacteria on the conservation of wheat silage stored in bunker- silos. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 1, p. 81–86, 2018.

- PLAYNE, M. J.; MC DONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 17, p. 264–268, 1966.
- SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. Botânica, Morfologia e Descrição Fenotípica. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo do plantio a colheita**. Viçosa-MG: Editora UFV, p. 35-55, 2015.
- SCHLOSSER, J. F. et al. Uniformidade de picado processado por colhedora de forragem. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v. 30, n. 2, p. 299–306, 2010.
- SHAANI, Y. et al. Effect of feeding long or short wheat hay v. wheat silage in the ration of lactating cows on intake, milk production and digestibility. **The International Journal of Animal Biosciences**, v. 11, n. 12, p. 2203–2210, 2017.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, p. 235, 2006.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stagee technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grass and Society**, v. 18, p. 104–111, 1963.
- TOMICH, T. R. et al. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 57, n. 1, p. 7–10, 2003.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. thaca, NY, USA: Cornell University Press, 1994.
- WANG, Z. et al. Microbial community and fermentation characteristic of whole-crop wheat silage treated by lactic acid bacteria and artemisia argyi during ensiling and aerobic exposure. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 1–15, 2022.
- WHITER, A. G.; KUNG, L. The effect of a dry or liquid application of lactobacillus plantarum MTD1 on the fermentation of alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 10, p. 2195–2202, 2001.
- WROBEL, F. D. L. et al. Qualidade da silagem de trigo produzida sob níveis de adubação nitrogenada em dois estádios fenológicos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 539–546, 2018.
- XIA, C. et al. Effects of harvest time and added molasses on nutritional content ensiling characteristics and in vitro degradation of whole crop wheat. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 3, p. 354–362, 2018.
- XIE, Z. L. et al. Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 25, n. 10, p. 1374–1380, 2012.