

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RAFAEL GIRELLI**

**SILAGEM DE TRIGO COM DIFERENTES ADITIVOS E TEMPOS DE  
ARMAZENAMENTO**

**Marechal Cândido Rondon  
Junho / 2022**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RAFAEL GIRELLI**

**SILAGEM DE TRIGO COM DIFERENTES ADITIVOS E TEMPOS DE  
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maximiliane Alavarse Zambom  
Coorientador: Prof Dr André Sanches de Avila

**Marechal Cândido Rondon**  
**Junho / 2022**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Girelli, Rafael

Silagem de trigo com diferentes aditivos e tempos de armazenamento / Rafael Girelli; orientadora Maximiliane Alavarse Zambom; coorientador André Sanches de Avila. -- Marechal Cândido Rondon, 2022.

68 p.

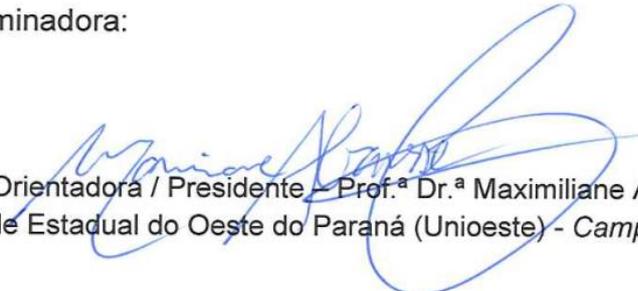
Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2022.

1. Nutrição animal. 2. Forragicultura. 3. Conservação de alimentos. 4. Aditivos. I. Zambom, Maximiliane Alavarse, orient. II. Avila, André Sanches de, coorient. III. Título.

## RAFAEL GIRELLI

### Silagem de trigo com diferentes aditivos e tempos de armazenamento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Ruminantes / Forragicultura”, APROVADO pela seguinte Banca Examinadora:



Orientadora / Presidente – Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maximiliane Alavarse Zambom  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Coorientador – Prof. Dr. André Sanches de Avila  
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) – *por videoconferência*



Membro – Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Caroline Hoscheid Werle  
União Educacional de Cascavel (UNIVEL)

Membro – Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Junior  
Universidade Estadual de Londrina (UEL) – *por videoconferência*

Marechal Cândido Rondon, 3 de junho de 2022.



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – MESTRADO E DOUTORADO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO ANIMAL**  
**LINHA DE PESQUISA: PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE RUMINANTES / FORRAGICULTURA**

DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA EM BANCA EXAMINADORA DE  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO NA  
UNIOESTE – CAMPUS DE MAL. CÂNDIDO RONDON

Às 14 horas do dia 03/06/2022, participei de forma remota e síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da Banca Examinadora de Dissertação de **RAFAEL GIRELLI**, discente de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Mal. Cândido Rondon, referente ao trabalho intitulado “**Silagem de trigo com diferentes aditivos e tempos de armazenamento**”.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pelo candidato, formalizo para fins de registro, por meio deste documento, minha decisão de que o candidato pode ser considerado: **APROVADO**.

Atenciosamente,

Prof. Dr. André Sanches de Avila

sanches989@hotmail.com

CPF nº 016.233.570-98

Doutor em Zootecnia (2018) pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Docente da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

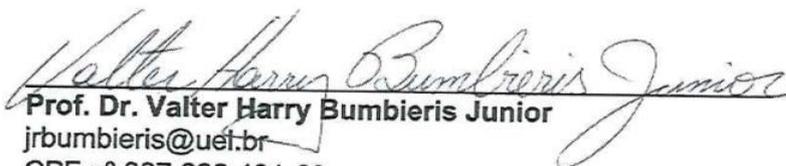
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – Mestrado e Doutorado  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO ANIMAL  
LINHA DE PESQUISA: PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE RUMINANTES / FORRAGICULTURA

DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA EM BANCA EXAMINADORA DE  
DISSERTAÇÃO DE Mestrado NA  
UNIOESTE – CAMPUS DE MAL. CÂNDIDO RONDON

Às 14 horas do dia 03/06/2022, participei de forma remota e síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da Banca Examinadora de Dissertação de **RAFAEL GIRELLI**, discente de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Mal. Cândido Rondon, referente ao trabalho intitulado “**Silagem de trigo com diferentes aditivos e tempos de armazenamento**”.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pela candidata, formalizo para fins de registro, por meio deste documento, minha decisão de que o candidato pode ser considerado: **APROVADO**.

Atenciosamente,

  
**Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Junior**

[jrbumbieris@uel.br](mailto:jrbumbieris@uel.br)

CPF nº 887.632.421-68

Doutor em Zootecnia (2009) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Docente da Universidade Estadual de Londrina (UEL)

## **DEDICATÓRIA**

A todos que trabalham na cadeia da produção animal, técnicos, pesquisadores e pecuaristas, sempre na busca incessante de conhecimento e maiores eficiências produtiva e econômica.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, força maior que nos guia pelos desafios da vida;

Aos meus familiares, em especial à minha esposa Deisi, pela compreensão e o apoio, e aos meus filhos Lucas (4 anos) e Leonardo (2 anos), por fazerem parte da minha existência e proporcionarem sentimentos indescritíveis e, mesmo sem saberem, me motivarem a seguir em frente nesta etapa de crescimento profissional e pessoal;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) do *campus* de Marechal Cândido Rondon, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) e ao apoio à pesquisa no Brasil;

Aos professores do PPZ, em especial aos da área de Nutrição de Ruminantes e Forragicultura, principalmente a orientadora deste trabalho, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maximiliane Alavarse Zambom.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa e Estudos em Qualidade do Leite, Alimentação e Digestibilidade em Ruminantes, mais conhecido como Qualhada®, Maria Luíza Fischer, Ida Barbosa, Gabriel Simili de Oliveira, Luana Muxfeldt, Ana Caroline Cândido, Ana Luíza Andreoni, Andressa Faccenda, Byanka Lethícia Krein, Caroline Nath, Eduarda Luana Storck, Eduardo Shihann Benites, Gabriel Natã Comin, Ikaro Aparecido Ribeiro, Jaqueline Zimmerman, Kimberli Josiane Lohmann, Larissa das Graças Nunes, Luiza Monara Storck, Rafaela Francener Fritz e Ricardo Davi Kliemann;

A todos os funcionários da Unioeste, em especial ao secretário do PPZ, Paulo Henrique Morsch, e aos técnicos dos laboratórios;

À empresa Biotrigo, pelo fornecimento das sementes de trigo utilizadas no experimento, em especial ao Éderson Luis Henz, que passou as diretrizes de cultivo e ensilagem do material.

E a todos os envolvidos, **muito obrigado!**

**“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas;  
é quem faz as verdadeiras perguntas”**

Claude Lévi-Strauss

## RESUMO

Objetivou-se avaliar a qualidade microbiológica da silagem de trigo da cultivar Energix 202 aditivada com açúcar e/ou com inoculante microbiano, em diferentes tempos de armazenamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Foram avaliadas quatro silagens: uma silagem de trigo (ST) sem aditivos, representando o grupo controle; uma aditivada com açúcar (STA); outra com inoculante microbiano (STI); e, por fim, uma aditivada com açúcar e inoculante microbiano (STIA) nos tempos 0 (*in natura*), 28, 56, 84, 112, 140 e 168 dias de armazenamento. As silagens com açúcar e inoculante (STIA) apresentaram pH entre 3,8 e 4,5, configurando o período de estabilidade aeróbia já na quarta semana de armazenamento. Foi verificada diferença significativa entre as médias dos tratamentos para os diferentes grupos de silagem quanto ao teor de matéria seca (MS), sendo que as silagens com adição de açúcar e as silagens inoculadas apresentaram menor teor de MS em relação ao grupo controle. Todos os tratamentos apresentaram valores superiores a 40% de MS em todos os tempos de abertura, havendo uma redução no teor de matéria seca com o aumento do tempo de abertura. As perdas por efluentes (PE) não diferiram entre as silagens; já quanto à recuperação de matéria seca (RMS), as silagens de trigo com inoculante e inoculante + açúcar foram igualmente superiores quando comparadas às demais. Quanto às perdas gasosas (PG), o grupo controle e a silagem de trigo com açúcar apresentaram maiores perdas. Houve diferença entre as silagens e os tempos de armazenamento para avaliação da população de colônias de bactérias ácido lácticas (BAL). A inclusão de açúcar favoreceu a quantidade de BAL aos 28 e 56 dias de armazenamento. As silagens de trigo com e sem inoculantes e açúcar obtiveram quantidade de *Clostridium* aceitáveis. A silagem com inoculante diminuiu a contagem de *Clostridium* e reduziu as perdas de matéria seca. A silagem com adição de açúcar sem inoculante melhorou o perfil fermentativo da silagem de trigo, mantendo o pH na faixa ideal durante os 168 dias de armazenamento, além de reduzir as perdas por gases e efluentes. O açúcar adicionado na silagem de trigo proporcionou uma melhor fermentação do que quando nenhum aditivo foi utilizado, porém não resultou em efeito aditivo quando utilizado conjuntamente com o inoculante bacteriano.

**Palavras-chave:** Açúcar, conservação, inoculante, fermentação, forragem de inverno

## ABSTRACT

### WHEAT SILAGE WITH DIFFERENT ADDITIVES AND STORAGE TIMES

The objective of this study was to evaluate the microbiological quality of wheat silage of the cultivar Energix 202 with added sugar and/or microbial inoculant, at different storage times. The design used was completely randomized, with 4 replications, in split plots in time. Four silages were evaluated: a wheat silage (ST) without additives, representing the control group; one with sugar additive (STA); another with microbial inoculant (STI); and, finally, one with sugar and microbial inoculant (STIA) at 0 (*in natura*), 28, 56, 84, 112, 140, and 168 days of storage. The silages with sugar and inoculant (STIA) presented pH between 3.8 and 4.5, setting the period of aerobic stability already in the fourth week of storage. There was a significant difference between the averages of the treatments for the different silage groups regarding the dry matter (DM) content, and the silages with added sugar and the inoculated silages presented lower DM content in relation to the control group. All treatments showed values greater than 40% DM at all opening times, with a reduction in dry matter content with increasing opening time. The effluent losses (PE) did not differ between the silages; as for the dry matter recovery (RMS), the wheat silages with inoculant and inoculant + sugar were equally superior when compared to the others. As for the gaseous losses (PG), the control group and the wheat silage with sugar showed greater losses. There was a difference between silages and storage times to evaluate the population of lactic acid bacteria (LAB) colonies. The inclusion of sugar favored the amount of LAB at 28 and 56 days of storage. Wheat silages with and without inoculants and sugar obtained amounts of *Clostridium* at safe levels. Silage with inoculant decreased *Clostridium* counts and reduced dry matter losses. The silage with added sugar without inoculant improved the fermentative profile of the wheat silage, keeping the pH in the ideal range during the 168 days of storage, in addition to reducing losses by gases and effluents. The added sugar in wheat silage provided better fermentation than when no additive was used, but did not result in an additive effect when used combined with the bacterial inoculant.

**Keywords:** Sugar, conservation, inoculant, fermentation, winter forage

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fatores que interferem na qualidade da silagem.....	23
Tabela 2. Composição bromatológica do trigo da cultivar Energix 202 nos diferentes tempos de abertura: .....	39
Tabela 3. Carboidratos solúveis das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento. ....	45
Tabela 4. pH das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento. ...	45
Tabela 5. Avaliação microbiológica das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com açúcar (STA), com inoculante (STI), com açúcar + inoculante (STIA) em diferentes tempos de armazenamento .....	47
Tabela 6. Recuperação de MS, perdas gasosas e a produção de efluentes das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA). ....	48
Tabela 7. Matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com açúcar (STA), com inoculante (STI), com açúcar + inoculante (STIA) em diferentes tempos de armazenamento.....	60
Tabela 8. FDN e FDA das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com açúcar (STA), com inoculante (STI), com açúcar + inoculante (STIA) em diferentes tempos de armazenamento.....	61
Tabela 9. Digestibilidade in vitro da matéria seca e da matéria orgânica das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento:.....	63
Tabela 10. Digestibilidade in vitro da FDN e da PB das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento.....	64

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 A cultura mundial do trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> ) e sua utilização.....	16
2.2 A cultura do trigo no Brasil e seu potencial crescimento de produção.....	16
2.3 Utilização do trigo na alimentação animal.....	17
2.4 Uso da Cultivar Energix 202.....	19
2.5 Evolução do processo de ensilagem.....	21
2.6 Processo de ensilagem e fatores que afetam a silagem.....	23
2.7 Uso de inoculantes na confecção de silagem de trigo.....	24
2.8 Utilização de açúcar como aditivo em silagens.....	27
REFERÊNCIAS.....	29
3. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FERMENTATIVA DA SILAGEM DE TRIGO ENERGIX 202 ADITIVADA COM AÇÚCAR E INOCULANTE MICROBIOLÓGICO ...	34
3.1 INTRODUÇÃO.....	36
3.2 Material e métodos.....	37
3.2.2 Delineamento experimental.....	37
3.2.3 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura.....	38
3.2.4 Carboidratos solúveis.....	40
3.2.5 Análises Microbiológicas.....	41
3.2.5.1 <i>Clostridium spp.</i> .....	41
3.2.5.2 Bactérias Ácido Lácticas.....	41
3.2.5.3 Contagem Padrão de <i>Aeróbios Mesófilos</i> .....	42
3.2.6 Medidas de perdas em silagem.....	42
3.2.6.1 Índice de Recuperação da Matéria Seca (RMS).....	42
3.2.6.2 Perdas Gasosas (PG).....	43
3.2.6.3 Produção de Efluentes (PE).....	43
3.2.7 Análise estatística.....	44
3.3 Resultados e discussão.....	44
3.4 Conclusão.....	49

REFERÊNCIAS .....	50
4.1 INTRODUÇÃO.....	54
4.2 Material e métodos .....	55
4.2.1 Localização.....	55
4.2.2 Delineamento experimental.....	55
4.2.3 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura .....	56
4.2.4 Composição químico-bromatológica.....	58
4.2.5 Digestibilidades <i>in vitro</i> .....	58
4.2.6 Análise estatística .....	58
4.3 Resultados e discussão .....	59
4.4 Conclusão .....	65
REFERÊNCIAS .....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	68

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o desenvolvimento de cultivares de trigo geneticamente modificadas para determinados objetivos produtivos vem ganhando espaço no país, como híbridos desenvolvidos exclusivamente para a produção de silagem, sendo essas cultivares favoráveis à alimentação animal no sul do Brasil.

Elencando algumas vantagens na utilização da silagem de trigo no país, tem-se como principal o fato de se tratar de uma cultura de inverno, que não concorre com culturas de verão tradicionalmente cultivadas na região sul do país como, por exemplo, a soja, o milho e o feijão, possibilitando a produção de silagem no período de entressafra. Geralmente caracterizado pelo vazio forrageiro, a prática de ensilagem e a elaboração de silagens de forragens de inverno vêm sendo incentivadas e já se mostraram importantes quanto à utilização da terra no período de inverno e potencial produtivo de volumosos de qualidade, reduzindo os riscos de indisponibilidade de alimento, além de gerar renda com a venda de silagem excedente (FONTANELI; FONTANELI, 2009).

Produtos à base de aditivos bacterianos há algum tempo vêm sendo utilizados no processo de ensilagem com a finalidade de melhorar o processo fermentativo e as características químicas das silagens e, conseqüentemente, o desempenho animal (MCDONALD et al., 1991). Os inoculantes bacterianos são utilizados na ensilagem de diversas forrageiras para aumentar a população de bactérias desejáveis, estimular a fermentação láctica e reduzir o pH.

Além disso, a associação entre diferentes bactérias e carboidratos solúveis permite potencializar a fermentação das silagens, fornecendo substrato para as bactérias lácticas (LOURES, 2004). O princípio básico de atuação desses aditivos é aumentar a disponibilidade de açúcares simples, para que as bactérias tenham acesso à produção de ácido láctico e ocorra a rápida queda no pH do material ensilado. Ademais, podem inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, evitando, por exemplo, a produção de micotoxinas, e proporcionando maior taxa de estabilidade aeróbia na silagem (SILVA et al., 2010).

A silagem de trigo, em geral, apresenta boa fermentação; todavia, a adição de inoculantes visando à aceleração do processo fermentativo, à manutenção dos níveis nutricionais e à melhor conservação do material pode trazer benefícios ao processo de ensilagem. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do uso de açúcar e inoculante bacteriano na qualidade e na composição da silagem, assim como a associação de ambos: inoculante e açúcar.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura mundial do trigo (*Triticum aestivum* L.) e sua utilização

O trigo é uma cultura originária do continente asiático, cultivada pelos povos babilônicos e egípcios há mais de três mil anos, sendo considerado um dos principais alimentos de importância para a humanidade. Juntamente com o milho (*Zea mays*) e o arroz (*Oryza sativa*), são os cereais mais cultivados no mundo (TAKEITI, 2015).

A cultura requer poucos tratamentos químicos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas), sendo também resistente ao frio e se desenvolve bem em solos de baixa fertilidade (KAMINSKI et al., 2011). Este cereal é o segundo mais plantado no mundo, ficando atrás da cultura do milho, que ocupa o primeiro lugar, sendo que a maior parte da produção mundial de trigo é destinada para o consumo humano, restando os seus subprodutos utilizados na produção animal. Em alguns países, como Canadá e Estados Unidos, o trigo já vem sendo utilizado na alimentação de ruminantes (EMBRAPA, 2002; MAIA et al., 2007; ALMEIDA et al., 2009).

Na alimentação humana, o uso destaca-se principalmente na fabricação de farinha ou grão laminado para a produção de produtos forneados, produção de massas, como agente espessante em molhos e pudins e na composição de cereais matinais. Já na alimentação animal ocorre uma maior flexibilidade de uso, pois destina-se à produção de grãos, em sistemas de integração lavoura pecuária (ILP) com as cultivares de duplo propósito, cultivares exclusivas para pastejo e, mais recentemente, na forma de silagem (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

### 2.2 A cultura do trigo no Brasil e seu potencial crescimento de produção

O trigo é uma cultura tradicional em algumas regiões do Brasil; apesar disso, sua produção é insuficiente para o consumo interno. No ano de 2012, o consumo interno foi de 10,2Mt para uma produção de 4,4Mt, causando um déficit de 5,8Mt. Mesmo se forem consideradas as exportações e o estoque nacional, tem-se o total de trigo importado de 5,8Mt, deixando clara a nossa dependência ao mercado externo (EMBRAPA, 2014).

No Brasil, as regiões de adaptação do trigo, ou regiões de valor de cultivo e uso (VCU), foram determinadas por Cunha et al. (2006) e são descritas como regiões homogêneas de adaptação do trigo. As regiões VCU com maior produção e maior área colhida da cultura estão localizadas na região sul do país (VCU II), enquanto as regiões de maior rendimento e potencial

de exploração encontram-se na região Centro-Oeste, Sudeste e parte da região Nordeste do país (VCUIV) (EMBRAPA, 2014), indicando a possibilidade de aumento da produção nacional em mais 400%, passando de 4,4Mt para 23,5Mt, considerando as regiões de adaptação da cultura.

A região sul do país, atualmente com maior produção e maior área colhida, apresenta condições edafoclimáticas compatíveis ao desenvolvimento da cultura do trigo, sendo o Rio Grande do Sul o Estado pioneiro no cultivo e na produção de trigo em escalas comercial e industrial (ABITRIGO, 2013), fazendo desta cultura uma importante atividade na manutenção sustentável da agricultura da região.

O cultivo de espécies mais adaptadas às características edafoclimáticas contribuiu para uma maior sustentabilidade da produção agropecuária por meio do incremento de atividades ligadas à integração lavoura-pecuária (ILP) (DEL DUCA et al., 1994). Ao longo das últimas décadas aconteceu uma verdadeira revolução na qualidade do trigo nacional, sendo que variedades adaptadas às mais diversas condições climáticas, com qualidade adequada ao paladar de consumidores mais exigentes, começaram a ser produzidas e implementadas (MORAES, 2000).

A 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 e azevém, devido às baixas temperaturas e à menor luminosidade, apresentam taxa de crescimento reduzida (FONTANELI et al., 2019).

Ao longo dos anos a expressiva necessidade de estudar culturas alternativas de estação fria que possam contribuir, mais efetivamente, para uma exploração racional da propriedade, visando o aproveitamento como pastagem, feno ou silagem ficou cada vez maior. Essas atividades direcionam o emprego dos cereais de inverno para duplo propósito (forragem e grão), caracterizando a importância econômica do uso dos grãos em alimentação humana e/ou animal no país.

### 2.3 Utilização do trigo na alimentação animal

No Brasil, as principais fontes de alimentação dos ruminantes advêm das pastagens perenes de verão; entretanto, nas regiões ao sul do país, o período que compreende o

outono/inverno marca a queda da disponibilidade de forragem, refletindo de forma negativa na produção anual de carne e leite. Esse período é conhecido como vazio forrageiro, quando as pastagens reduzem a produção de massa de forragem com consequente aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), contribuindo significativamente na diminuição do valor nutritivo do alimento, além de impactar negativamente no consumo dos animais.

Durante o período de vazio forrageiro, uma das opções para oferta de alimento para os ruminantes é a adoção de culturas anuais de inverno. De acordo com Staples (1999), o estágio de maturação altera a qualidade das forrageiras de inverno, os teores de proteína bruta (PB) se mantêm entre 18% e 22% no estágio de crescimento; já em estágio de alongação e enchimento dos grãos, esses valores diminuem para 5% a 7%. Para a digestibilidade se observa a mesma relação, inicialmente as forragens apresentam 70% a 75% de digestibilidade no estágio vegetativo e quando ocorre a maturação, nota-se a redução de digestibilidade para cerca de 55%.

Nos últimos anos, tem se destacado por sua vantagem econômica, a adoção de trigos que possuem aptidões adicionais à função única de produção de grãos, em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), conhecidos como trigos de duplo propósito, além de contribuir com o melhor uso da vasta extensão de terras agrícolas que permanecem ociosas durante o período de outono/inverno no sul do país.

Trigos de duplo propósito são genótipos especiais que, em geral, possuem a fase vegetativa mais longa do que os trigos convencionais de primavera e, em razão disso, durante certo período do ciclo de desenvolvimento podem ser desfolhados (seja por pastejo direto ou por cortes mecânicos), sem que haja o comprometimento do ponto de crescimento do meristema apical e, assim, permitindo, além da oferta de forragem verde, especialmente para ruminantes, na época de maior carência alimentar para esses animais no sul do Brasil, também, após o diferimento dos animais ou a suspensão dos cortes, a produção de grãos com padrão de comercialização para fins industriais (DEI DUCA; FONTANELI, 2005; FONTANELI et al., 2012; DE MORI et al., 2016).

Por outro lado, as cultivares de trigo que são selecionadas para silagem são as mais promissoras em termos de rendimento, ensilagibilidade e valor nutritivo, incluindo variedades de maturação precoce e tardia (ASHBELL et al., 1997).

Além do cultivo de trigo como fonte de produção de volumoso durante o inverno para alimentação animal, é necessário lembrar que existem outros coprodutos que são originados do beneficiamento do grão de trigo na indústria e não competem com a alimentação humana. Esses coprodutos do trigo podem ser obtidos através de diferentes tipos de processamento, como o

processo de moagem e em seguida separação das partes residuais com auxílio de peneiras. Após beneficiamento, os coprodutos podem ser utilizados como ingredientes que compõem a dieta das espécies animais (BRANDELLI et al., 2012).

A maior parte dos moinhos de trigo em atividade está na região Sul (73,63%), sendo que 67 desses estão no Estado do Paraná, 57 no Estado do Rio Grande do Sul e 24 no Estado de Santa Catarina (ABITRIGO, 2014).

O farelo de trigo, ou “farelo de trigo comum”, é um resíduo formado pela mistura do farelo grosso, do farelo fino e da farinha. O alto valor de fibra bruta diminui os valores de energia disponível devido à baixa eficiência fermentativa de aves e de suínos, o que limita o seu uso para a alimentação dessas espécies (BRANDELLI et al., 2012).

A farinha possui aparência semelhante à farinha de trigo e teor de fibra bruta entre 4,5% e 5% na base natural. O farelo fino, devido à maior quantidade de casca do grão, possui teor de fibra bruta mais elevado (de 7% a 7,5% na base natural). O farelo grosso, gerado na última etapa de beneficiamento do grão de trigo, apresenta de 8,5% a 9% de fibra bruta na base natural (BRANDELLI et al., 2012).

O farelo de trigo possui, na sua porção fibrosa, polissacarídeos não-amídicos (PNA), dentre os quais se destacam as arabiloxilanas, a celulose e a lignina. Esse tipo de carboidrato menos solúvel tem o poder de reter a água, aumentando a viscosidade intestinal, modificando a taxa de trânsito do alimento, alterando, por fim, a capacidade de absorção dos nutrientes (BRANDELLI et al., 2012). De acordo com Maes et al. (2004), as arabinoxilanas estão presentes no farelo de trigo em uma proporção de 36,5%, sendo o principal PNA, e a celulose, a lignina e os ácidos urônicos compõem 11%, 3-10% e 3-6% do farelo, respectivamente.

Segundo Pereira et al. (2007), na alimentação de bovinos de corte o farelo de trigo em substituição ao milho diminuiu o ganho de peso dos animais e aumentou a ingestão de Fibra em Detergente Neutro (FDN), porém sem afetar a eficiência alimentar. Já para vacas leiteiras, a substituição de fubá de milho por níveis crescentes de farelo de trigo nas dietas causou diminuição da digestibilidade de alguns nutrientes, mas sem afetar a produção, os níveis de extratos secos totais e desengordurados, proteína e gordura do leite (SOARES et al., 2004).

#### 2.4 Uso da Cultivar Energix 202

As diferentes formas de uso da cultura em questão garantem a manutenção do seu cultivo a nível mundial para diferentes propósitos. Na alimentação animal pode ser usado na

forma de forragem, na composição de ração ou na forma de grãos (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

O trigo com foco na produção de silagem torna-se uma alternativa complementar ao uso de silagens de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), tradicionalmente usadas na alimentação de ruminantes em diferentes sistemas de criação (BUTOLO, 2010).

De acordo com Lamat (2005), o emprego do trigo para a produção de silagem pode chegar a gerar um volume cerca de 1,5 a 2,5 vezes maior do que o volume de silagem gerado por gramíneas não produtoras de grãos de clima temperado; relata ainda que com o trigo de duplo propósito é possível alcançar produtividades superiores a 10 t há<sup>-1</sup> de biomassa seca.

Fontaneli et al. (2009) observou em seu trabalho o rendimento de três cultivares de trigo, sendo que a cultivar BRS Figueira alcançou 5.022 kg Mháha<sup>-1</sup> com teor de matéria seca de 36,9%, proteína bruta 8,8%, fibra em detergente neutro 61,6%, fibra em detergente ácido 34,5% e digestibilidade da matéria seca 62,1%. A BRS Umbu obteve 5.091 kgháS ha<sup>-1</sup> com teor de matéria seca de 38,1%, proteína bruta 8%, fibra em detergente neutro 64,6%, fibra em detergente ácido 35,6% e digestibilidade da matéria seca 61,2%. A BRS 277 alcançou 5.175 há MS ha<sup>-1</sup> com teor de matéria seca de 38,4%, proteína bruta 9%, fibra em detergente neutro 63,9%, fibra em detergente ácido 35,5% e digestibilidade da matéria seca 61,2%.

Segundo o manual de boas práticas de pré-secagem e ensilagem de trigo da Biotrigo (2020), o cultivar Energix 202 é uma mistura de duas cultivares de trigo distintas: TBIO Energia I (30%) e TBIO Energia II (70%), indicado para cultivo em todas as regiões tritícolas do país (VCU1, VCU2, VCU3, VCU4), definidas por desempenho agrônomico e comercial da cultura no país, trigo exclusivo para silagem e pré-secado.

O cultivar possui ciclo precoce, a planta possui entre 90 e 120 centímetros de altura, tolera acamamento, destaca-se quanto à ausência de aristas contribuindo para uma alta aceitabilidade por parte dos animais, excelente sanidade foliar, elevada produção, além de tolerância às principais doenças. O Energix 202 é cultivado com a finalidade única de produção de silagem, podendo ser ofertado na forma de silagem e de pré-secado (BIOTRIGO GENÉTICA, 2020).

Os grãos produzidos por esse cultivar destacam-se pela aptidão para alimentação animal, aumentando a qualidade nutricional da silagem e assegurando rendimento de biomassa. Devido ao ciclo curto, possui um corte mais rápido além de resistência ao calor e equilíbrio na qualidade nutricional. Os teores elevados de proteína bruta configuram as gramíneas de inverno como uma boa opção para animais de maior exigência nutricional, a exemplo de gado de corte

e vacas leiteiras de alta produtividade, podendo nesse último caso a silagem de trigo substituir até 60% do volumoso da dieta desses animais (BIOTRIGO GENÉTICA, 2020).

Para produção de silagem, como fonte de fibra e energia de alta qualidade para ruminantes, as plantas devem ser cortadas no estágio de grãos em massa mole e com cerca de 33% a 38% de matéria seca, o que ocorre aproximadamente entre 90 e 100 dias após a semeadura. O teor de proteína bruta média é variável entre 8% e 11%, dependendo da quantidade de folhas e de afilhos imaturos, sendo que o valor energético maior ou menor vai depender da quantidade de grãos.

## 2.5 Evolução do processo de ensilagem

O processo de ensilagem é uma prática agrícola antiga que começou há mais de 3.000 anos (WILKINSON et al., 2003), as primeiras fontes seguras desse processo de conservação forrageiro, fazendo uso da planta inteira de cereais, provêm dos papiros egípcios encontrados em escavamentos arqueológicos na Tunísia, norte da África. Os relatos datam de 1500 a 1000 anos a.C., e silos tipo torre parcialmente enterrados, da época de 1200 a.C.

A utilização de fossas construídas para armazenamento de forragens verdes, cobertas com terra, era comum na época dos romanos (234 - 149 a.C.) em terras da Dinamarca e da Península Escandinava. Fontes medievais indicam que a prática de ensilar forragens pré-secadas era comumente utilizada na Península itálica e que o fornecimento dessa massa ensilada a animais durante o inverno em barris de vinho foi uma técnica usada até 1700.

Os primeiros relatos que indicam uma gestão racional no processo de ensilagem ocorreram na Alemanha e na Áustria por volta de 1830, fazendo uso de fossas para armazenamento forrageiro. Após a década de 1940, um rápido aumento na prática foi estimulado pela aplicação de tecnologias na mecanização da colheita das principais forrageiras utilizadas (WILKINSON et al., 2003).

Por volta de 1860, na Hungria, as primeiras notícias sobre o uso de silagem de milho começaram a circular, e em poucos anos a técnica começou a ser difundida pela Europa, mais especificamente na Alemanha e na França. Em 1875, a publicação da obra de Auguste Goffart, produtor francês da época, impulsionou a prática quando, após alguns anos de experimentação com silagem de milho em sua fazenda, escreveu "La culture du maïs fourrage", com 61 páginas.

O livro, traduzido em 1870 para o inglês, alavancou a prática da ensilagem na América do Norte. Em 1888, em Nova Iorque, o 5º Congresso de Silagem já ocorria, como consequência do sucesso no processo de ensilagem associado à praticidade e à economicidade do sistema na produção.

Atualmente, a produção de silagem está bem estabelecida nas regiões temperadas da América do Norte e da Europa; entretanto, veio a se popularizar e ser difundida nas regiões tropicais mais recentemente (WILKINS; WILKINSON, 2015).

A prática de ensilagem no Brasil teve seu início no final do século XIX com o artigo da primeira edição da Revista Agrícola no ano de 1875, escrito por Luiz Queiroz, que viria a ser posteriormente fundador da Escola Superior da Agricultura (ESALQ/USP). O artigo relatava que as principais fazendas do país já utilizavam silagem de milho na alimentação do rebanho leiteiro.

Eduardo Cotrim, em 1993, publicou sua obra composta por 12 exemplares intitulada “A Fazenda Moderna: Guia do Criador de Gado Bovino no Brasil”. No livro há relatos da experiência Norte-Americana no processo de ensilagem, além de descrever brevemente os processos de fermentação da massa ensilada, quais culturas passíveis de ensilamento e disposições para construção de silo tipo torre.

Na década de 1920, com a importação de máquinas e tratores, além da implantação de tecnologias nos variados sistemas, a técnica se difundiu ao longo dos anos, inicialmente com o milho e posteriormente com o sorgo e o capim elefante na década de 1960.

Desse modo, a prática de conservação de alimentos forrageiros para posterior utilização na alimentação dos animais em épocas de escassez se torna essencial para manter um programa sustentável de produção animal. Ao longo das últimas décadas, outras forragens passaram a ganhar destaque no cenário nacional por serem espécies adaptadas às condições edafoclimáticas do país, como os capins Tanzânia, Mombaça, Braquiarão, Tifton e Coastcross.

Além das gramíneas adaptadas, o país encontrou em algumas espécies de clima temperado elevado potencial de crescimento produtivo em regiões que oferecem condições favoráveis à produção nacional. Com isso, o uso de cereais de inverno está sendo preferido por parte de produtores que buscam a confecção de silagens no período de inverno, já que o trigo em muitas situações apresenta bons valores nutritivos (BUMBIERIS JR. et al., 2011).

O Trigo (*Triticum sativum*) é de grande valia no sistema de produção agrícola brasileiro, uma vez que esta cultura atua como uma opção para a rotação de cultura no período de inverno, permitindo a manutenção de palha sobre o solo, favorecendo o sistema de plantio (EMBRAPA, 2012). A 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.

## 2.6 Processo de ensilagem e fatores que afetam a silagem

O uso de silagem como estratégia alimentar para o período de vazio forrageiro é usado no mundo inteiro, porém o sucesso do uso de silagem nos diferentes sistemas de produção está diretamente associado à decisão de escolha da cultura e das práticas que envolvem o processo da ensilagem. Tem-se como premissa alguns fatores que interferem na qualidade da silagem, apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores que interferem na qualidade da silagem

Fatores	Qualidade da silagem
Colheita	Teor de Matéria Seca (MS) de 30% a 35%
Compactação do material ensilado	Reduz o acúmulo de ar entre as partículas do alimento
pH e temperatura da silagem	pH entre 3,8 e 4,2 e pouca variação de temperatura entre as camadas do silo
Análise bromatológica	Concentração de nutrientes

A ensilagem é um método de conservação de forragem baseado na fermentação do ácido láctico que ocorre espontaneamente em condições anaeróbicas devido às atividades de uma comunidade complexa de microrganismos epífitos da forragem, que são altamente variáveis em composição e espécie (EIKMEYER et al., 2013; MUCK, 2013). O baixo pH alcançado durante a ensilagem, causado pela produção de ácido láctico e outros ácidos orgânicos, inibe ou previne o crescimento de organismos deteriorantes e patogênicos (WOOLFORD, 1975).

Durante a ensilagem, as bactérias ácido lácticas convertem carboidratos solúveis em água em ácidos orgânicos (principalmente ácido láctico) para um rápido declínio do pH (abaixo de 4,6) para inibir as atividades celulares de plantas e micróbios. Para obter uma silagem de melhor qualidade, é importante observar a matéria seca do material, o poder tampão, carboidratos solúveis da planta, bem como as boas práticas de ensilagem (COAN, 2001).

A confecção de silagens de gramíneas de inverno (aveia, trigo, triticale etc.) pode ocorrer quando a planta atinge o estágio vegetativo, necessitando de pré-emurchecimento, ou

realizada quando as plantas apresentam grão em massa mole, podendo variar a farináceos (FONTANELI et al., 2009). Já para Rosário et al. (2012), a colheita do trigo para silagem deve ocorrer quando a planta apresenta grãos com textura pastosa a farinácea.

Segundo Pereira e Reis (2001), o ideal para o processo de ensilagem é que a forragem apresente teores de MS entre 35% e 45%, sendo que forragens com teores entre 40% e 45% devem ser picadas em partículas menores. O material a ser ensilado deve ser picado no tamanho de 1 a 3 cm e a massa vegetal deve ser bem compactada e vedada, resultando numa boa fermentação e qualidade do produto (FONTANELI; FONTANELI, 2012).

A redução no tamanho de partícula pode promover maior compactação, queda mais rápida do pH e menores perdas. Em acréscimo, a padronização do tamanho das partículas repercute principalmente na melhora da fermentação, da compactação do silo e na eficiência animal (SCHLOSSER et al., 2010).

Em um trabalho realizado Jobim et al. (1999), em que foram confeccionadas silagens de trigo em diferentes estágios de maturação, foi possível observar valores médios na ordem de 44,85% de FDN e 19,75% de PB para a fase vegetativa, 57,85% de FDN e 11,10% de PB na fase de florescimento, 51,61% de FDN e 8,20% de PB na fase de grão leitoso e 47,20% de FDN e 8,80% de PB na fase de grão farináceo.

Boin et al. (2005) concluíram que o estágio ideal para ensilagem de cereais de inverno é o de grão pastoso, no qual trabalhando com aveia obtiveram resultados de 27,52% de MS, 7,09% de PB, 2,84% de extrato etéreo, 12,27% de MM, 63,72% de FDN, 44,57% de FDA, 7,03% de lignina, 20,28% de N-NH<sub>3</sub> e 3,66 de pH.

Para a produção de silagem dos fatores já comentados, um fator interessante que deve ser levado em consideração quanto ao trigo é a forrageira escolhida, cultivares com ausência de aristas, o que facilita a digestão do alimento.

## 2.7 Uso de inoculantes na confecção de silagem de trigo

Durante a fase vegetativa, as culturas de inverno apresentam alto valor nutricional e proporcionam bom desempenho animal. No entanto, nesta fase o teor de umidade das plantas é muito alto, favorecendo a proliferação de microrganismos indesejáveis, como clostrídios, pela fermentação excessiva do material, ocorrência de proteólise e produção de efluentes da silagem (PARIS et al., 2015).

Durante o estágio de maturação da massa, o número de bactérias ácido lácticas (BAL) epífitas, bem como o nível de carboidratos solúveis em água (WSC) e o grau de digestibilidade podem não ser ótimos (MCDONALD et al., 1991).

Aditivos que melhoram a fermentação podem ser usados para melhorar o processo de fermentação e minimizar as perdas em silagens de culturas de inverno (XIE et al., 2012). Os inoculantes contendo bactérias lácticas promovem uma queda de pH mais rápida, permitem a preservação do material da silagem, minimizam as perdas de nutrientes e inibem o crescimento de bactérias *Clostridium sp.* (NIKKHAH, 2013).

McDonald et al. (1991) classificam os aditivos para silagem em cinco principais grupos: estimulantes de fermentação (culturas bacterianas e fontes de carboidratos), inibidores de fermentação (ácidos e outros), inibidores de deterioração aeróbia, nutrientes e absorventes. Dentro da divisão proposta por esses autores, alguns produtos se enquadram em mais de uma categoria, algumas vezes com ações antagonicas em diferentes etapas do processo.

De forma mais simplista, Nussio e Schmidt (2004) propuseram a classificação dos aditivos mais frequentemente usados no Brasil em três grupos: aditivos químicos, aditivos microbianos e sequestrantes de umidade. Nessa classificação, o grupo dos aditivos químicos tem maior apelo para aplicação em silagens de cana-de-açúcar, enquanto os sequestrantes de umidade são recomendados para aplicação em forragens úmidas, como os capins tropicais e de clima temperado. Já os aditivos microbianos cobrem uma vasta gama de possibilidades.

Os benefícios potenciais desses aditivos (microbianos, químicos e sequestrantes de umidade) incluem melhor qualidade da silagem, medida por uma redução do componente da parede celular, aumento do substrato disponível e maior digestibilidade (MCDONALD et al., 1991; KUNG JR; STOKES; LIN, 2003). Isso pode levar a um melhor desempenho do gado; por exemplo, aumento da ingestão de ração, melhor eficiência alimentar, ganho diário mais rápido e aumento da produção de leite e sólidos do leite (KUNG JR; STOKES; LIN, 2003; ADESOGAN, 2005; DEMIREL et al., 2013).

As silagens tratadas com uma ou mais bactérias possuem frequentemente pH, e níveis de ácido acético, ácido butírico e nitrogênio amoniacal mais baixos e, em contrapartida, teores de ácido láctico mais altos, além de exibirem melhor recuperação de MS quando comparadas com silagens não tratadas (MUCK; KUNG, 1997).

Uma metanálise de 130 artigos feita por Oliveira et al. (2017) revelou que os efeitos dos inoculantes biológicos variam conforme o material a ser ensilado. Como resultado, foi observado que o uso de inoculantes reduziu o pH das silagens de gramíneas de clima temperado, alfafa e outras leguminosas, mas não das silagens de milho, sorgo e cana-de-açúcar. A redução

do ácido acético decorrente do uso de inoculante foi significativa para todas as culturas exceto para alfafa e outras leguminosas. A recuperação de MS foi 2,8% maior nas silagens com milho e sorgo inoculadas em comparação com as não tratadas. Observou-se também redução do ácido butírico e nitrogênio amoniacal, e o aumento do ácido lático, independentemente do tipo de forragem inoculada. Além do mais, a inoculação com BAL reduziu as contagens de fungos e clostrídios e aumentou a contagem de leveduras, porém não afetou a estabilidade.

Inoculantes microbianos, como BAL homo fermentativas e hetero fermentativas, são adicionados à silagem para dominar a população natural de bactérias na forragem e influenciar a dinâmica da população microbiana durante o processo de ensilagem (KUNG JR., 1998; WANG et al., 2006).

As bactérias ácido-láticas homo fermentativas são usadas principalmente para melhorar a preservação da silagem, acelerando a fermentação láctica e causando uma rápida queda no pH (KRISTENSEN et al., 2010; MUCK, 2010; NKOSI et al., 2010). Já as bactérias lácticas hetero fermentativas produzem altas concentrações de ácido acético ou propiônico, inibindo assim o crescimento de leveduras e bolores deteriorantes e melhorando a vida útil da silagem na alimentação (FILYA, 2003; KLEINSCHMIT; KUNG, 2006; QUEIROZ et al., 2013).

Microrganismos indesejáveis podem se desenvolver na silagem quando o pH é insuficientemente reduzido ou quando o oxigênio está disponível. Esses microrganismos indesejáveis incluem tanto aqueles que são prejudiciais para a qualidade nutricional da silagem, por exemplo, leveduras e bactérias produtoras de ácido butírico, quanto aqueles que podem ser perigosos para a saúde animal ou a segurança do leite ou outros produtos alimentícios para animais, como *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, outras espécies de *Enterobacteria ceae* e fungos (DRIEHUIS et al., 2018)

Zahiroddini et al. (2004) analisaram o efeito de inoculantes e enzimas hidrolíticas nas características fermentativas e valor nutritivo de silagens de cevada e observaram que a silagem contendo inoculante bacteriano apresentou maior teor de proteína bruta (13,2%) em relação à silagem controle (11,7%), silagem contendo inoculante bacteriano e enzimas (12,6%) e silagens contendo apenas enzimas (11,8%).

Kung Jr. (1998) observou que o fornecimento de silagem inoculada resultou efeitos positivos no desempenho animal, como consumo de ração, ganho de peso vivo, eficiência alimentar ou produção de leite em cerca de um terço dos estudos por eles revisados, sendo que as melhorias destes parâmetros variaram de 5% a 11%. Diferenças típicas nas características de fermentação entre silagem não tratada e inoculada explicariam um aumento de aproximadamente 0,30 kg por dia na produção de leite (HUHTANEN et al., 2003).

Os aditivos químicos e biológicos da silagem podem auxiliar na confecção de silagens bem conservadas, promovendo uma rápida redução do pH da silagem e prevenindo a deterioração aeróbica (KUNG JR; STOKES; LIN, 2003; MUCK et al., 2018). A silagem confeccionada e gerenciada adequadamente é um excelente alimento que não apresenta riscos à saúde humana ou do rebanho. De fato, os microrganismos em tais silagens podem ter efeitos probióticos nos bovinos (WEINBERG et al., 2003).

Recomenda-se investigações mais aprofundadas sobre o período de fermentação para diferentes tipos de forragem. Os efeitos de aditivos sobre a conclusão do processo de fermentação também devem ser investigados, a fim de poupar tempo, custos e otimizar o conteúdo de nutrientes na silagem (MOHD-SETAPAR et al., 2012).

## 2.8 Utilização de açúcar como aditivo em silagens

O melaço tem sido incluído em estudos de ensilagem com a finalidade de aumentar o teor de carboidratos solúveis da massa ensilada, possibilitando o aumento da concentração de carboidratos após a fermentação acética para a fermentação láctica e, com isso, otimizar a produção de ácido láctico (CORRÊA; POTT, 2007). Em silagens ricas em carboidratos solúveis, como as de milho e cana-de-açúcar, se observam grandes quantidades de leveduras (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Os principais carboidratos solúveis presentes nas forrageiras são glicose, frutose, galactose, frutanas e sacarose. Estes açúcares são armazenados principalmente nos colmos, em média de 21% nos sorgos de colmo sacarinos e de 5% a 6% nos graníferos comuns (ZAGO, 1991). Segundo Gourley e Lusk (1978), é necessário um mínimo de 6% a 8% de carboidratos solúveis para que ocorra adequada fermentação no silo, evitando assim fermentações secundárias indesejáveis. De acordo com Haigh (1990), seria um mínimo 3,6% de carboidratos solúveis para manter baixos os níveis de nitrogênio amoniacal e de pH.

Jonsson e Pahlow (1984) relataram que a adição de leveduras (*Sacharomyces*) na silagem diminuiu a contagem de *Clostridium* e reduziu as perdas de matéria seca. Inoculando várias espécies de leveduras juntamente com *Lactobacillus casei* em silagem pré tratadas com açúcar, observaram que as leveduras estimularam as bactérias ácido-láticas e melhoraram o aroma do produto final.

Porém, trabalhos avaliando a utilização de açúcar com aditivo na confecção de silagem de trigo não são numerosos na literatura, sendo pouco explorado o uso científico deste tipo de

aditivo no Brasil, o que acarreta pouca informação, justificando a experimentação sobre os efeitos de tal aditivo.

## REFERÊNCIAS

- ADESOGAN, A.T. Improving forage quality and animal performance with fibrolytic enzymes. p.91-109. In: Florida Ruminant Nutrition Symposium. **Anais...** Gainesville, FL, 2005.
- ALMEIDA, F.M.; SILVA, O.M.; CAMPOS, A.C. Potencial de comércio e o mercado internacional de trigo. In: 47º CONGRESSO SOBER, SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. **Anais...** Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/254.pdf>> Acesso em: 25/03/2022.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; BRUCKENTAL, I; K. et al. Wheat silage: Effect of cultivar and stage of maturity on yield and degradability in situ. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.709-712, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TRIGO. **Sobre o trigo e Estatísticas**. São Paulo, 2013. Disponível em: <[www.abitrigo.com.br](http://www.abitrigo.com.br)> Acesso em: 05/04/2022.
- BIOTRIGO GENÉTICA. **Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticales. Informações técnicas para trigo e triticales: safra 2020**. Passo Fundo, RS, 2020.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 260 p.
- BRANDELLI, A. et al. **Desenvolvimento de ração funcional para aves e suínos através da modificação no farelo de trigo**. Porto Alegre: IEL, 2012. 116 p.
- BUMBIERIS JÚNIOR, V. H.; OLIVEIRA, M. R.; JOBIM, C. C. et al. Perspectivas para uso de silagem de cereais de inverno no Brasil. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Nova Stapha, 2011. p. 39-72.
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de Ingredientes na Alimentação Animal**. 2.ed. Editora CBNA, 2010. 430p.
- COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. et al. Efeitos do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: SBZ, 2001, p.124.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de Capim. IN: Simpósio de forragicultura e pastagens- Temas em evidência, 2, 2007, Lavras. **Anais**. Lavras: UFLA, 2007. Cap.9.
- DE MORI, C. et al. Trigo: **O produtor pergunta a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, p.85-105, 2016.
- DEL DUCA, L. J. A.; GUARIENTI, E. M.; CUNHA, G.; RODRIGUES, O. Experimentação de trigo em semeadura antecipada na região tritícola III do Rio Grande do Sul (1992-93). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 17, 1994, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. p. 126.

- DEMIREL, G.; PEKEL, A. Y.; EKIZ, B. et al. The effects of barley/triticale silage on performance, carcass characteristics, and meat quality of lambs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.37, p.727-733, 2013.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON, J. M.; JIANG, Y. et al. Silage review: animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.4093-4110, 2018.
- EIKMEYER, F.G.; KOFINGER, P.; POSCHENEL, A. et al. [2013]. Metagenome analyses reveal the influence of the inoculant *Lactobacillus buchneri* CD034 on the microbial community involved in grass ensiling. **Journal of Biotechnology**, v.167, n.334-343.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2015 / VIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale** – Brasília, 2014.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo para Mato Grosso do Sul** – 2002. Dourados, 2012.
- FILYA, I. [2003]. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the Fermentation, Aerobic Stability, and Ruminant Degradability of Low Dry Matter Corn and Sorghum Silages. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3575-3581. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73963-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73963-0).
- FONTANELI, R. S.; CUNHA, G.C.; CAIERÃO, E. et al. **BRS Pastoreio: cultivar de trigo de múltiplos propósitos para o sul do Brasil**. Embrapa Trigo v29, ed.168, Passo Fundo, RS, 2019. 33p.
- FONTANELI, R.S. [2009]. **Silagens de Cereais de Inverno**. Embrapa Trigo: Passo Fundo, RS. p.143-150. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/li/li01-2009-FORAGEIRAS/LIVROFONTA-CAP7.PDF>> Acesso em: 20/03/2022.
- FONTANELI, R.S. **Trigo de duplo propósito na integração lavoura-pecuária**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, ed.99, 2007.
- FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos. et. al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.
- FONTANELI, R.S.; SOLLENBERGER, L.E.; STAPLES, C.R. Seeding date effects on yield and nutritive value of cool-season annual forage mixtures. **Soil and Crop Science Society of Florida**, v.59, p.22-24, 1999.
- GOURLEY, L.M., LUSK, J.W. Genetics parameters related to sorghum silage quality. **Journal Science Food Agriculture**, v.61, n.12, p.1821-1827, 1978.
- HAIGH, P.M. **Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms**. Grass and Forage Science. v.45, n.3, p.263-271, 1990.
- HUHTANEN, P.; JOUNI, N.; KHALILI, H. et al. [2003]. Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: Analyses of literature data. **Livestock Production Science**, v.81, p.57-73. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00195-1.

- JOBIM, C.C.; EMILE, J.; LILA, M. et al. Composição química e digestibilidade in vitro da forragem de cereais de inverno em diferentes estádios de desenvolvimento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Porto Alegre., v.1, p.34-36, 1999.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. **Animal Research and Development**, v.20, p.7-22, 1984.
- KAMINSKI, T.A.; SILVA, L.P.; NASCIMENTO JR., A. et al. Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.14, n.2, p. 137-144, 2011.
- KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG, L. [2006]. The Effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the Fermentation of Corn Silage. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3999-4004. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72443-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72443-2).
- KRISTENSEN, N. B.; SLOTH, K. H.; HØJBERG, O. et al. [2010]. Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3764-3774. DOI:10.3168/jds.2010-3136.
- KUNG JR., L. A review on silage additives and enzymes. In: 59TH MINNEAPOLIS NUTRITION CONFERENCE. **Anais...** Minneapolis, MN. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul, 1998. p.121-135.
- KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.305-360.
- LAMAT, D. [2005]. **Infos Chambre D.agriculture Juin**. Disponível em: <[http://www.cantal.chambagri.fr/refpac/IMG/pdf/Fourrages\\_ensiler\\_des\\_cereales\\_pour\\_faire\\_des\\_stocks\\_-\\_Bassin\\_du\\_Cele\\_un\\_programme\\_innovant\\_d\\_aides\\_aux\\_agriculteurs.pdf](http://www.cantal.chambagri.fr/refpac/IMG/pdf/Fourrages_ensiler_des_cereales_pour_faire_des_stocks_-_Bassin_du_Cele_un_programme_innovant_d_aides_aux_agriculteurs.pdf)> Acesso em: 22/06/2019.
- LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- MAES, C.; VANGENEUGDEN, B.; DELCOUR, J.A. Relative activity of two endoxylanases towards water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. **Journal of Cereal Science**, v.39, p.181-186, 2004.
- MAIA, A.R.; LOPES, J.C.; TEIXEIRA, C.O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.678-684, 2007.

- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications, 1991.
- MOHD-SETAPAR, S.; TALIB, N.; AZIZ, R. [2012]. Review on Crucial Parameters of Silage Quality. **APCBEE procedia**, v.3, p.99-103. DOI: 10.1016/j.apcbee.2012.06.053.
- MORAES FERNANDES, M.I.B. de. **Genética e novas biotecnologias no melhoramento de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos Online 4, 2000. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_do04.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do04.htm)> Acesso em: 05/04/2022.
- MUCK, R. E. Recent advances in silage microbiology. **Agricultural and Food Science**, v.22, p.3-15, 2013.
- MUCK, R.E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.
- MUCK, R.E.; KUNG, L. **Effects of silage additives on ensiling**. **Silage: Field to Feedbunk**. NRAES-99. Northeast Regional Agricultural Engineering Service; Ithaca, NY, USA: p. 187-199, 1997.
- NIKKHAH, A. Chronophysiology of ruminant feeding behavior and metabolism: an evolutionary review. **Biological Rhythm Research**, v.44, p.197-218, 2013.
- NKOSI. B.D.; MEESKE. R.; MERWE. H.J. et al. Effects of homofermentative and heterofermentative bacterial silage inoculants on potato hash silage fermentation and digestibility in rams. **Animal Feed Science and Technology**, v.157, p.195-200, 2010.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. p.1-33.
- OLIVEIRA, A.S.; WEINBERG, Z.G.; OGUNADE, I.M. et al. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 4587-4603, 2017.
- PARIS, W.; ZAMARCHI, G.; PAVINATO, P.S. et al. [2015]. Qualidade da silagem de aveia preta sob efeito de estádios fenológicos, tamanhos de partícula e pré-murchamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, p.486-498. DOI: 10.1590/S1519-99402015000300002.
- PEREIRA, E. M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M. et al. Substituição do milho pelo farelo de trigo ou farelo de glúten de milho na ração de bovinos de corte em terminação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.1, p.49-55, 2007.
- PEREIRA, J.R.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.139.
- ROSÁRIO, J.G.do.; NEUMANN, M.; UENO, R.K. et al. Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.207-218, 2012.

- SCHEEREN, P.L. **Informações sobre o trigo**. Centro Nacional de Pesquisa de trigo. EMBRAPA, CNPT, Passo Fundo, RS, 1986. 36 p.
- SCHLOSSER, J.F.; DORNELLES, M.E.; PINHEIRO, E.D. et al. Uniformidade de picado processado por colhedora de forragem. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.2, p.299-306, 2010.
- SILVA, J. M.; CARNAÚBA, J.P.; SILVA, I.O. et al. Influência de inoculante bacteriano-enzimático sobre a microbiota e qualidade nutricional de silagens de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.1, p.62-72, 2010.
- SOARES C. A.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de trigo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2161-2169, 2004.
- TAKEITI, C.Y. **Trigo**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia\\_de\\_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html)> Acesso em: 09/04/2022.
- WANG, X.; HARUTA, S.; WANG, P. et al. Diversity stable enrichment culture which is useful for silage inoculant and its succession in alfalfa silage. **FEMS Microbiol. Ecol**, v.57, p.106-115, 2006.
- WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E.; WEIMER, P.J. The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. **Journal of Applied Microbiology**, v.94, p.1066-1071, 2003.
- WILKINSON, J. M. Managing silage making to reduce losses. **Livestock Science**, v.20, p.280-286, 2015.
- WILKINSON, J.M.; BOLSEN, K.K.; LIN, C.J. History of silage. In: BUSTON, D.R.; MUCK, E.R.; HARRISON, J.H. (Eds). *Silage Science and Technology*. Madison, ASA-CSSASSSA. **Agronomy**, v.42, p.1-30, 2003.
- WOOLFORD, M.K. Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C1-C12) as potential silage additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.26, p.219-228, 1975.
- ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-217.
- ZAHIRODDINI, H.; BAAH, J.; ABSALOM, W. et al. Effect of an inoculant and hydrolytic enzymes on fermentation and nutritive value of whole crop barley silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.117, p.317-330, 2004.

### **3. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FERMENTATIVA DA SILAGEM DE TRIGO ENERGIX 202 ADITIVADA COM AÇÚCAR E INOCULANTE MICROBIOLÓGICO**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a qualidade microbiológica e perdas da silagem de trigo da cultivar Energix 202 aditivada com açúcar e/ou com inoculante microbiano, em diferentes tempos de armazenamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Foram avaliadas quatro silagens: uma silagem de trigo (ST) sem aditivos representando o grupo controle, uma aditivada com açúcar (STA), outra com inoculante microbiano (STI) e, por fim, uma aditivada com açúcar e inoculante microbiano (STIA) nos tempos 0 (*in natura*), 28, 56, 84, 112, 140 e 168 dias de armazenamento. Houve diferença entre as silagens e os tempos de armazenamento para avaliação da população de colônias de bactérias totais, apresentando menores contagens nas STI e STIA. Para as bactérias ácido lácticas (BAL), não houve interação entre silagem e tempo, porém STI e STIA apresentaram menores contagens quando comparadas com as silagens sem inoculante microbiológico. STI e STIA também resultaram menor quantidade de *Clostridium* nos tempos 28, 56 e 112 dias. Na avaliação de enterobactérias, STA apresentou menores contagens no dia 56, não havendo mais contagens nos tempos maiores para todas as silagens. STI e STIA apresentaram pH entre 3,8 e 4,3 configurando o período de estabilidade aeróbia já na quarta semana de armazenamento. As perdas por efluentes (PE) não diferiram entre as silagens, mas aumentaram com o aumento do tempo. A recuperação de matéria seca (RMS) das silagens de trigo com inoculante (STI e STIA) foram igualmente superiores quando comparadas às demais, reduzindo ao longo dos tempos. Quanto às perdas gasosas (PG), o grupo controle e a silagem de trigo com açúcar apresentaram maiores perdas. A adição de inoculante bacteriano reduziu o pH da silagem de trigo mais rapidamente e com maior intensidade, resultando em menor carga bacteriana ao longo do tempo, além de apresentar maior recuperação da matéria seca e reduzir a perda por gases, quando comparado com os demais tratamentos. O uso de açúcar não apresentou efeito aditivo nos parâmetros avaliados.

**Palavras-chave:** bactéria, conservação, efluentes, fermentação, forragem de inverno, perdas

### 3. MICROBIOLOGICAL AND FERMENTATIVE EVALUATION OF ENERGIX 202 WHEAT SILAGE ADDITIVE WITH SUGAR AND MICROBIOLOGICAL INOCULANT

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the microbiological quality and losses of wheat silage of cultivar Energix 202 added with sugar and/or microbial inoculant, at different storage times. The design used was completely randomized, with 4 replications, in split plots in time. Four silages were evaluated: a wheat silage (ST) without additives, representing the control group; one with sugar additive (STA); another with microbial inoculant (STI); and, finally, one with sugar and microbial inoculant (STIA) at 0 (*in natura*), 28, 56, 84, 112, 140, and 168 days of storage. There was difference between silages and storage times to evaluate the population of total bacteria colonies, with lower counts in STI and STIA. For lactic acid bacteria (BAL), there was no interaction between silage and time, but STI and STIA had lower counts when compared to silages without microbiological inoculant. STI and STIA also resulted in lower amounts of Clostridium at 28, 56, and 112 days. In the evaluation of enterobacteria, STA presented lower counts on day 56, with no more counts at longer times for all silages. STI and STIA presented pH between 3.8 and 4.3, configuring the period of aerobic stability already in the fourth week of storage. Effluent losses (PE) did not differ between silages, but increased with increasing time. The dry matter recovery (RMS) of wheat silages with inoculant (STI and STIA) were equally superior when compared to the others, decreasing over time. As for the gaseous losses (PG) the control group and the wheat silage with sugar showed greater losses. The silages with the addition of inoculant reduced the pH of the wheat silage faster and with greater intensity, also reducing the bacterial load over time, in addition to presenting greater recovery of dry matter and reducing the loss by gases. The use of sugar had no additive effect on the parameters evaluated.

**Keywords:** bacteria, conservation, effluents, fermentation, winter forage, losses

### 3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil existe uma grande variedade de cultivares especializadas na produção de silagem, porém produzir forragem de qualidade na forma conservada, evitando perdas, tem sido um grande desafio, pois eventuais perdas geram impacto direto no custo da forragem, refletindo também na redução da eficiência alimentar dos animais, bem como na segurança alimentar dos animais. Desta forma, tem-se buscado pesquisar a utilização de aditivos que possam melhorar os resultados das silagens.

Os aditivos para silagens podem ser classificados quanto aos seus efeitos durante o processo de conservação, estimulantes da fermentação, inibidores da fermentação, inibidores da deterioração aeróbia e os nutrientes e absorventes (MCDONALD et al., 1991; KUNG JR; STOKES; LIN, 2003). Os mais comumente utilizados são os aditivos bacterianos, que possuem bactérias lácticas homofermentativas e heterofermentativas – estas, por sua vez, promovem a inibição de microrganismos que se desenvolvem em pH mais baixo e consomem lactato, resultando no aumento do pH da silagem (PAHLOW et al., 2003).

Diversos autores observaram a dinâmica fermentativa de silagens inoculadas com aditivos bacterianos, verificando rápida elevação na produção de ácido láctico, declínio no pH e consumo de carboidratos solúveis, além da melhoria aeróbica, aumentando a concentração de ácido acético e diminuindo as populações fúngicas (KUNG JR. et al., 2007). Nussio et al. (2002) destacaram que o uso de inoculantes bacterianos aumentam a disponibilidade de carboidratos solúveis como substrato para bactérias lácticas, e isso consequentemente reduz o pH, aumentando a digestibilidade da matéria orgânica da forragem.

A deficiência em carboidratos solúveis reduz a possibilidade de ação das BAL, resultando em menor quantidade de ácido láctico, ficando as silagens propensas a fermentações secundárias (com maiores perdas de MS) e crescimento de microrganismos indesejáveis, sobretudo os clostrídios (ARCURI et al., 2004).

Neste contexto, a hipótese a ser estudada neste trabalho é se a adição de açúcar no momento da ensilagem, a fim de aumentar a disponibilidade de carboidratos solúveis como substrato para as bactérias lácticas influenciaria positivamente a qualidade microbiológica, fermentativa e as perdas de matéria seca da silagem de trigo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adição de açúcar e inoculante bacteriano na qualidade microbiológica, fermentação e perdas da silagem de trigo

da cultivar Energix 202 aditivada com açúcar e/ou com inoculante microbiano, em diferentes tempos de armazenamento.

## 3.2 Material e métodos

### 3.2.1 Localização

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no *campus* Marechal Cândido Rondon. A lavoura foi implantada em uma área experimental localizada na Fazenda Experimental “Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa”, a qual pertence à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon, com latitude 24° 31’ 55’’ Sul e longitude 54° 00’ 58’’ Oeste e altitude aproximada de 404 metros. Já as análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) e no Laboratório de Microbiologia da instituição.

O clima é classificado segundo Köppen como Cfa subtropical (ALVARES et al., 2013), sendo a temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C, com geadas pouco frequentes, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, apresentando assim verões quentes e com concentração da chuva nesse período, no entanto sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2018).

### 3.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Os tipos de silagem foram alocados nas parcelas, e os diferentes tempos de armazenamentos nas subparcelas. Foram avaliados quatro tratamentos, o primeiro sendo o grupo controle silagem de trigo (ST), silagem de trigo com inoculante (STI), com adição de açúcar (STA), silagem de trigo com açúcar + inoculante (STIA), em diferentes tempos de armazenamento, sendo 0, 28, 56, 84, 112, 140, 168 dias de armazenamento, avaliando a contagem de bactérias ácido lácteas, clostrídios, enterobactérias e bactérias totais, o pH, as perdas por efluentes, perdas gasosas e a recuperação de matéria seca.

Para os tratamentos com adição de inoculante, foi utilizado o inoculante Sil-all 4x4<sup>®</sup>, com níveis de garantia de bactérias ácido lácticas totais (mín.) (*Lactobacillus plantarum*,

*Pediococcus acidilactici* e *Lactobacillus salivarius*)  $1,89 \times 10^{10}$  UFC/g *Enterococcus faecium* (mín.)  $2,10 \times 10^9$  UFC/g. A aplicação foi realizada na dosagem recomendada pelo fabricante, na dose de 10g/ton de forragem, totalizando 1,89 UFC/kg de matéria natural de forragem, utilizando água mineral à temperatura ambiente para a diluição do inoculante e pulverizador manual de cinco litros nunca utilizado e previamente higienizado.

Para os tratamentos com adição de açúcar, foi utilizado açúcar cristal na dosagem de 15g/kg de matéria natural de forragem (CARPINTERO et al., 1969).

### 3.2.3 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura

Previamente à sementeira, realizou-se análise de solo no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE, campus Marechal Cândido Rondon, apresentando as seguintes características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,60 mol L<sup>-1</sup> ; P (Mehlich) 48,45 mg dm<sup>-3</sup>; K (Mehlich) 0,63 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 3,64 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 2,55 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 0,20 cmolc d dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>Al (pH SMP 7,5) 5,14 cmolc dm<sup>-3</sup>; SB: 6,83 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC: 11,97 cmolc dm<sup>-3</sup>; V: 57,05%; matéria orgânica: 28,02 g dm<sup>-3</sup>; Cu: 7,50 mg dm<sup>-3</sup>; Zn: 3,10 mg dm<sup>-3</sup>; Mn: 126,00 mg dm<sup>-3</sup> e Fe: 29,60 mg dm<sup>-3</sup>.

O trigo foi plantado no dia 5 de junho de 2019, com adubação de 35 kg de N + 60 kg de P + 60 Kg de K na base, em uma área de 5 ha localizada na Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa da UNIOESTE, situada na Linha Guará, no município de Marechal Cândido Rondon.

Os dados de temperatura mínima e máxima, umidade relativa média do ar e a precipitação durante o período experimental (Figura 1), foram coletados na estação meteorológica da UNIOESTE, localizada a cerca de 300 metros da área experimental. Observou-se uma baixa precipitação durante o período experimental, sendo que a precipitação acumulada durante esse período foi de apenas 33,6 mm.

A colheita do trigo na altura de 10cm do solo foi realizada através de ensiladeira tracionada por trator no dia 30 de agosto de 2019, com o grão no ponto pastoso, obtendo a produção de 3.129 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Após a redução do tamanho de partícula, a adição de açúcar e inoculante biológico foi realizada, seguida de homogeneização, compactação e vedação em silos experimentais de PVC (poli cloreto de vinil), cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, dotados de válvula tipo Bunsen na parte superior, para eliminação dos gases produzidos. Dentro de cada silo, havia 300 g de areia autoclavada e seca

em estufa de ventilação forçada (65 °C por 12 horas), formando uma camada de 5 cm de altura na parte inferior do silo para escoamento dos possíveis efluentes. Também foi colocado um tecido de algodão de 12 cm de diâmetro, autoclavado e seco, evitando assim o contato da areia com o material ensilado.

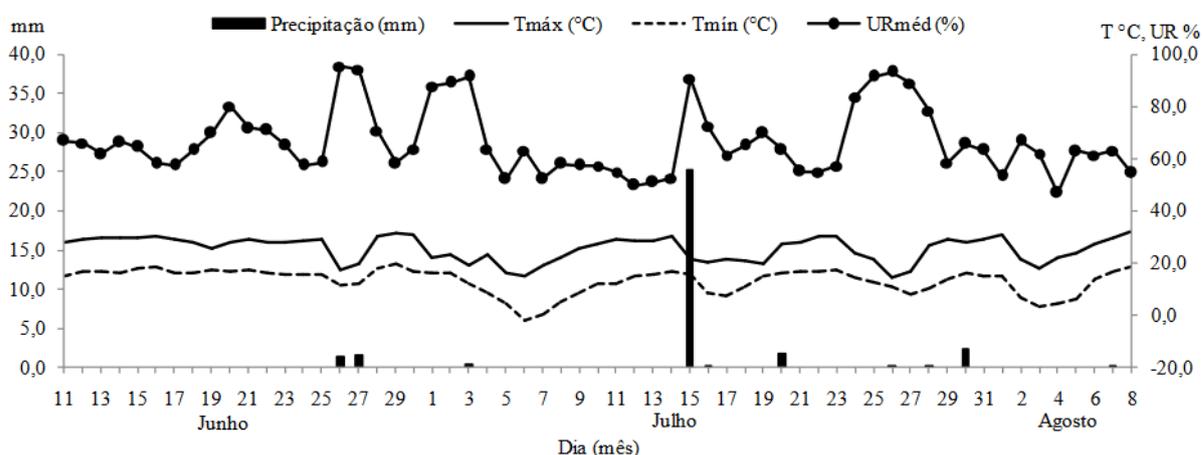


Figura 1. Temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmín), umidade relativa média do ar (URméd) e precipitação pluviométrica durante o período experimental. Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR, junho a agosto/2019.

Para auxiliar a retirada da silagem em cada silo, dois cordões (polipropileno de 2,5 mm) com 1 metro de comprimento cada foram unidos na parte central com um nó, e em cada extremidade realizou-se o mesmo procedimento. No momento da ensilagem, uma liga elástica ajudou a segurar as extremidades do cordão na borda do cilindro enquanto era colocado o material dentro do silo.

Tabela 2. Composição bromatológica do trigo da cultivar Energix 202 nos diferentes tempos de abertura

Tempo de abertura (dias)	pH	MS <sup>1</sup> g kg <sup>-1</sup>	MO <sup>2</sup>	PB <sup>3</sup>	FDN <sup>4</sup>	FDA <sup>5</sup>
0	5,64	442,3	880,6	113,5	568,9	481,1
28	4,62	449,9	880,2	120,6	550,3	479,1
56	4,49	442,1	882,0	120,7	540,8	487,6
84	4,16	447,4	881,6	120,4	550,5	416,6
112	4,15	449,2	887,0	124,2	530,5	378,4
140	4,02	424,5	880,9	119,3	559,1	414,3
168	4,09	436,4	877,0	115,5	522,2	370,6
Média	4,45	437,4	882,8	119,2	546,0	432,5

<sup>1</sup>Matéria Seca; <sup>2</sup>Matéria Orgânica; <sup>3</sup> Proteína Bruta; <sup>4</sup>Fibra em Detergente Neutro; <sup>5</sup>Fibra em Detergente Ácido <sup>6</sup>.

A compactação foi realizada com o uso de bastões de madeira, e após a ensilagem os silos foram fechados, lacrados com fita adesiva, pesados, armazenados em cima de estrados e alocados dentro de um galpão à temperatura ambiente até o momento da abertura. Em média foi colocado 1,332 kg de material fresco em cada silo, ou seja, a densidade específica foi de 484,18 kg m<sup>-3</sup>.

No dia da abertura, os silos foram pesados e após a retirada da tampa foi aferida a temperatura em °C, usando termômetro tipo espeto (INCOTERM 6132). A silagem foi retirada com o uso do cordão, colocada em bandejas plásticas, homogeneizada e amostrada para a avaliação das variáveis. A metodologia de Cherney e Cherney (2003) foi utilizada para avaliação do pH, sendo o pHmetro digital (TE C-5, TECNAL) calibrado previamente.

### 3.2.4 Carboidratos solúveis

Os carboidratos solúveis (CHOs) foram determinados de acordo com a técnica de Dubois et al. (1956), utilizando glicose como padrão. Para a extração dos carboidratos solúveis foram pesados 200 mg de amostra moída para um frasco erlenmeyer de 250 mL e adicionados 200 mL de água destilada. Os frascos com as amostras em água foram colocados em incubadora com mesa de agitação orbital (MA420/E, MARCONI) a 200 rpm em temperatura ambiente durante uma hora para a solubilização dos açúcares. Após a solubilização dos açúcares em água, o conteúdo foi filtrado em papel filtro quantitativo (640M, MACHEREY-NAGEL) de filtragem rápida, restando-se aproximadamente 50 mL do líquido filtrado. Posteriormente, foi colocada uma alíquota de 0,5 mL da solução em tubo de ensaio, adicionou-se 0,5 mL de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico, sendo este tubo mantido imerso em banho de água e gelo durante 10 minutos. Após o resfriamento, foi feita leve agitação e em seguida a leitura em espectrofotômetro (UV-1800, SHIMADZU) a 490 nm. A equação-padrão, relacionando a absorbância e a quantidade de carboidrato solúvel, foi obtida a partir das soluções contendo 0,0, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08, 0,09, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16, 0,18 e 0,20 mg mL<sup>-1</sup> de glicose. Em seguida foram tomados de cada solução, em duplicata de 2 mL, para que se procedesse à transferência para os tubos de ensaio e seguidos os mesmos passos para determinação dos carboidratos solúveis, juntamente com as amostras.

### 3.2.5 Análises Microbiológicas

A metodologia adotada para as análises microbiológicas foi realizada a partir das técnicas de cultura descrita por Silva et al. (2017). Após abertura dos silos e homogeneização da silagem, foram coletadas 25 g de amostra de cada silo para essas análises. Todo o procedimento para manuseio das amostras foi realizado próximo à chama do bico de Bunsen (máximo 10 cm de distância), com o uso de máscaras, luvas de látex e álcool etílico hidratado (70° INPM).

Os materiais utilizados para a realização das diluições das amostras referentes às análises microbiológicas foram autoclavados por 20 minutos a 120°C. A esterilização das placas de Petri foi realizada por via seca, em estufa de esterilização, por 2 horas a 230°C.

Após a preparação do extrato (225 mL de água destilada estéril + 25g de amostra), foi realizada homogeneização com agitação leve. A partir desta solução foram feitas as diluições nos tubos de ensaio com a água destilada esterilizada, pipetando 1 mL em sucessivas diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-7}$ . Posteriormente, foi feita a semeadura em superfície nas placas com os meios de cultura, anteriormente preparados, sendo usado 0,1 mL de inóculo.

Após a incubação, a contagem foi realizada manualmente com auxílio de um contador de colônias do tipo Quebec, sendo necessária a multiplicação da quantidade encontrada na diluição e posteriormente os valores serem transformados em  $\log_{10}$ .

#### 3.2.5.1 *Clostridium spp.*

O meio de cultura colocado nas placas de petri esterilizadas foi o Reinforced Clostridial Medium e o Agar (NEOGEN, Lansing, MI), seguindo a recomendação do fabricante. Após a semeadura em superfície, as placas permaneceram durante 24 horas a 35 °C em incubação anaeróbia, fazendo-se uso da estufa com sistema de injeção de gás com CO<sub>2</sub> (Tecnal-Te-399). O meio utilizado na abertura dos silos com 60 dias estava contaminado, sendo desconsiderados os resultados para esse tempo de armazenamento.

#### 3.2.5.2 Bactérias Ácido Lácticas

O meio de cultura usado foi o *Lactobacillus* MRS Agar (NEOGEN, Lansing, MI) e o preparo foi realizado de acordo com a recomendação do fabricante. Depois da semeadura em

superfície, as placas foram incubadas durante 48 horas a 37 °C em incubação anaeróbia (Eletrolab-EL202).

### 3.2.5.3 Contagem Padrão de *Aeróbios Mesófilos*

O Plate Count Agar (KASVI, São José do Pinhais, PR) foi o meio de cultura usado para a contagem das bactérias *aeróbias mesófilas*, sendo preparado de acordo com a recomendação do fabricante. A semeadura foi realizada em superfície e as placas inoculadas permaneceram em estufa (Eletrolab-EL202) durante 24 a 48 horas a 37 °C.

### 3.2.6 Medidas de perdas em silagem

#### 3.2.6.1 Índice de Recuperação da Matéria Seca (RMS)

Para calcular o índice de recuperação da matéria seca, as perdas por gases e a produção de efluentes foi realizada a pesagem do conjunto, representado por silo, areia, tecido e cordão, antes de ensilar. Após o fechamento do silo, realizou-se a pesagem do conjunto com o material ensilado (silo cheio). No dia da abertura foi feita novamente a pesagem antes de abrir (silo cheio), e depois de aferir a temperatura e retirada toda silagem, foi realizada a pesagem do conjunto (silo + areia + tecido + cordão).

O índice de recuperação da matéria seca foi calculado de acordo com Jobim et al. (2007), conforme descrito abaixo:

$$\text{RMS} = \frac{(\text{MFa} \times \text{MSa})}{(\text{MFe} \times \text{MSe})} \times 100$$

Onde:

RMS = índice de Recuperação da Matéria Seca;

MFa = Massa de Forragem na abertura (kg);

MSa = teor de Matéria Seca na abertura (%);

MFe = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSe = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

### 3.2.6.2 Perdas Gasosas (PG)

A equação usada para calcular a perda por gases foi desenvolvida por Mari (2003), sendo obtida pela diferença entre o peso bruto final e inicial dos silos, em relação à quantidade matéria seca ensilada.

$$PG (\% \text{ MS inicial}) = \left[ \frac{(PSf - PSa)}{MFf \times MSf} \right] \times 100$$

Onde:

PG = Perdas de Gases durante o armazenamento (% da MS inicial);

PSf = Peso do Silo na ensilagem (kg);

PSa = Peso do Silo na abertura (kg);

MFf = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSf = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

### 3.2.6.3 Produção de Efluentes (PE)

A produção de efluentes foi realizada com a diferença entre os valores das pesagens do silo + areia + tecido + cordão, antes e depois da ensilagem, em relação à massa verde ensilada (kg). A estimativa da produção de efluentes que foi drenada para a parte inferior do silo experimental foi determinada pela equação de Schmidt (2006):

$$PE (\text{kg/t MN}) = \frac{(PCa - PCe)}{MVfe} \times 1000$$

Onde:

PE = Produção de Efluentes (kg/t de matéria natural);

PCa = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na abertura (kg);

PCe = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa Verde de forragem ensilada (kg).

### 3.2.7 Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e posteriormente submetidos à análise estatística utilizando PROC MIXED do SAS® On Demand for Academics, de acordo com o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ik} + A_j + TA_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = valor observado para a variável resposta;

$\mu$  = média de todas as observações;

$T_i$  = efeito fixo do  $i$ -ésimo tipo de silagem;

$\epsilon_{ik}$  = erro aleatório associado às parcelas;

$A_j$  = efeito fixo do  $j$ -ésimo tempo de armazenamento;

$TA_{ij}$  é o efeito da interação do  $i$ -ésimo tipo de silagem com o  $j$ -ésimo tempo de armazenamento;

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado às subparcelas.

Foi realizado o teste Tukey, sendo a significância declarada em  $p \leq 0,05$  para todas as variáveis. O erro padrão foi obtido pelo comando LSMEANS.

### 3.3 Resultados e discussão

Ocorreu interação entre as silagens de trigo e os tempos de armazenamento ( $p < 0,0001$ ) na avaliação de carboidratos solúveis (CHOs) no presente estudo (Tabela 3), sendo observado que os teores de carboidratos solúveis das silagens diminuíram ao longo do tempo de armazenamento, porém a silagem de trigo com açúcar obteve maiores níveis quando comparadas às demais, indicando que para esta variável a adição de açúcar elevou os níveis de carboidratos solúveis da silagem.

O princípio básico de atuação desses aditivos é aumentar a disponibilidade de açúcares simples, para que as bactérias tenham acesso à produção de ácido lático e ocorra a rápida queda no pH do material ensilado. Ademais, podem inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, evitando, por exemplo, a produção de micotoxinas, e proporcionando maior taxa de estabilidade aeróbio na silagem (SILVA et al., 2010).

Tabela 3. Carboidratos solúveis das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	Silagem de Trigo				EPM <sup>5</sup>
	ST <sup>1</sup>	STA <sup>2</sup>	STI <sup>3</sup>	STIA <sup>4</sup>	
Carboidratos solúveis (g kg <sup>-1</sup> )					
0	65,9 Ac	88,8 Aa	79,2 Ab	85,7 Aab	1,798
28	27,0 Bb	32,1 Bb	42,1 Ba	30,5 Cb	
56	17,1 Cb	22,7 Cab	19,7 Eab	26,2 Ca	
84	28,4 Bb	31,2 Bab	31,3 CDab	37,3 Ba	
112	30,0 Bb	26,6 BCb	28,7 Db	39,4 Ba	
140	28,5 Bb	31,9 Bab	37,0 BCa	32,4 BCab	
168	31,5 Bab	27,6 BCb	30,5 CDb	37,8 Ba	

<sup>1</sup>Silagem de trigo; <sup>2</sup>Silagem de trigo + açúcar; <sup>3</sup>Silagem de trigo + inoculante; <sup>4</sup>Silagem de trigo + inoculante + açúcar; <sup>5</sup>Erro padrão da Média. Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*p* – valor: Silagem: 0,0002; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: <0,0001.

Nas avaliações do pH (*p* <0,0001) houve interação entre os tipos de silagem nos diferentes tempos de armazenamento (Tabela 4). Ocorreu redução progressiva do pH após o processo de ensilagem ao longo dos dias de armazenamento, para todos os tratamentos. Os tratamentos com adição de inoculante (STI) e de açúcar e inoculante (STIA) apresentaram pH entre 3,8 e 4,5 configurando o período de estabilidade aeróbia já na quarta semana de armazenamento (28 dias). O grupo controle demorou um pouco mais para chegar na faixa de pH ideal, aos 56 dias com pH 4,4.

Tabela 4. pH das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento.

Dias de Armazenamento	Silagem de Trigo				EPM
	ST	STA	STI	STIA	
pH					
0	5,6 Aa	5,6 Aa	5,5 Ab	5,6 Ab	0,0528
28	4,6 Ba	4,6 Ba	4,3 Bb	4,3 Bb	
56	4,5 Ca	4,4 Ca	4,3 Bb	4,3 Bb	
84	4,2 Da	4,1 Db	3,9 Dc	3,9 CDc	
112	4,1 Da	4,0 Eb	3,9 Dc	3,9 Dc	
140	4,0 Fa	4,0 Ea	4,0 Cb	3,9 CDb	
168	4,1 Ea	4,0 Fb	4,0 Cb	3,9 Cb	

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *p* – valor Silagem: <0,0001; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: <0,0001.

Segundo Kung Jr. (2002), pH menor que 5,0 já favorece o crescimento das bactérias produtoras de ácido lático e inibe a proliferação das hetero fermentativas. Para Driehuis et al. (2018), valores de pH menores que 4,5 e teor de matéria seca (MS) superiores a 30% são necessários para evitar o desenvolvimento indesejável de fungos. Neste caso, todas as silagens apresentaram valores de MS dentro do recomendado desde o momento da ensilagem, e valores de pH dentro do recomendado a partir dos 56 dias para a ST e STA aos 28 dias, as demais silagens.

A caracterização do processo de ensilagem, segundo Pereira e Reis (2001), expõe que a conservação da forragem é oriunda de fermentação anaeróbica, na qual ocorre a conversão principalmente dos carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, sob a atuação de microrganismos que, quando em ambiente adequado, se proliferam e aumentam proporcionalmente a sua ação, criando condições propícias para a conservação do alimento, havendo redução do pH e exaustão do oxigênio disponível, cessando a ação de microrganismos indesejáveis, como bactérias do gênero *Clostridium*.

Os valores da avaliação microbiológica estão dispostos na Tabela 5 e são apresentados em log UFC g<sup>-1</sup>. A contagem de bactérias aeróbias mesófilas diferiu entre as silagens (p<0,0001) e entre os tempos de armazenamento (p<0,0001). A média das silagens com açúcar + inoculante foi superior em relação ao grupo controle. Com o passar do tempo de ensilagem, a quantidade de *aeróbios mesófilos* foi reduzindo, pois a média dos tempos no 28º dia foi igual a 7,11 log UFC g<sup>-1</sup>, e após 168 dias de armazenamento o valor encontrado foi de 3,04 log UFC g<sup>-1</sup>, indicando que a redução do pH e o processo de compactação e vedação foram eficientes.

Houve diferença significativa entre as silagens e os tempos de armazenamento para avaliação da população de colônias de bactérias ácido lácticas (BAL) (p=0,0268). Após 28 dias de ensilagem, a quantidade de BAL estava acima de 6 log UFC g<sup>-1</sup>, o que é considerado por McDonald, Henderson e Heron (1991) como favorável para ajudar na redução do pH em menor tempo, conservando melhor o material ensilado. A inclusão de açúcar favoreceu a quantidade de BAL aos 28 e 56 dias de armazenamento; isso pode ter ocorrido provavelmente por causa dos carboidratos prontamente disponíveis adicionados na hora da ensilagem, favorecendo o uso do açúcar como substrato.

Na avaliação da população de bactérias do gênero *Clostridium* houve interação das silagens com os tempos (p<0,0001). À medida que o tempo de armazenamento aumentou, a quantidade de Clostrídios diminuiu (p=0,0266), ocorrendo redução de 5,39 log UFC g<sup>-1</sup> (28 dias de armazenamento) até 2,94 log UFC g<sup>-1</sup> (168 dias de armazenamento) para a silagem de trigo aditivada com açúcar + inoculante. A ausência de diferença entre as silagens para essa variável

possivelmente é devido à baixa temperatura alcançada pelas silagens e devido ao baixo pH verificado, já que a temperatura ideal para o desenvolvimento dos Clostrídios é de 37 °C (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), com pH superior a 4,5 (DRIEHUS et al., 2018).

Tabela 5. Avaliação microbiológica das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com açúcar (STA), com inoculante (STI), com açúcar + inoculante (STIA) em diferentes tempos de armazenamento

Tempo	Silagem de Trigo				Média	EPM
	ST	STA	STI	STIA		
<b>Aeróbios mesófilos (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>						
0	5,2 Bb	5,0 Cb	6,1 Aa	5,2 ABb	-	0,1167
28	7,1 Aa	6,8 Aa	5,5 Ab	5,4 Ab	-	
56	5,7 Ba	5,9 Ba	4,4 Bb	4,6 BCb	-	
84	3,8 Cdab	4,0 Da	3,3 Cb	4,2 Cda	-	
112	4,4 Ca	4,2 Dab	4,1 Bab	3,6 Db	-	
140	3,4 Dab	3,7 Da	2,9 Cb	2,8 Eb	-	
168	3,3 Dab	3,6 Da	3,0 Cab	2,9 Eb	-	
<b>Bactérias Ácido Láticas (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>						
0	4,7	4,5	4,0	4,0	4,3 B	0,1167
28	7,3	6,6	5,7	5,7	6,3 A	
56	5,8	5,7	4,4	4,2	5,0 AB	
84	5,2	5,0	3,9	3,1	4,3 B	
112	5,2	4,6	4,3	3,6	4,4 B	
140	4,9	4,7	3,7	3,5	4,2 B	
168	4,1	3,4	3,0	2,6	3,3 C	
Média	5,2 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	4,0b	3,9b		
<b>Clostridium (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>						
0	4,7 BCb	5,0 Bcab	5,8 Aa	5,0 Abab		0,1186
28	7,0 Aa	6,8 Aa	5,4 Ab	5,4 Ab		
56	5,2 Ba	4,9 Bcab	4,0 Bb	4,3 BCb		
84	4,0 CD	4,2 CD	3,4 BC	4,0 C		
112	4,8 Bca	5,6 Ba	3,6 BCb	3,7 CDb		
140	3,6 D	3,4D	3,9 B	2,9 D		
168	3,4 D	3,7 D	3,0 C	2,9 D		
<b>Enterobactérias (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>						
0	4,8 A	4,5 A	4,8 A	4,6 A		0,1186
28	0 Cb	0 Cb	1,2 Ca	0 Cb		
56	2,8 Ba	1,8 Bb	2,7 Ba	2,5 Ba		
84	0 C	0 C	0 D	0 C		
112	0 C	0 C	0 D	0 C		
140	0 C	0 C	0 D	0 C		
168	0 C	0 C	0 D	0 C		

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ρ – valor aeróbios mesófilos: Silagem: 0,0009; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: <0,0001.

ρ – valor ácido láticas: Silagem: <0,0001; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: 0,0571

ρ – valor *Clostridium*: Silagem: 0,0101; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: 0,0039.

ρ – valor enterobactérias: Silagem: 0,0262; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: 0,0266

Assim, na presente pesquisa, o pH decresceu ao longo dos tempos de abertura, condição esta que pode ter sido responsável pela redução da quantidade de Clostrídios de acordo com os tempos de abertura, uma vez que o pH de todos os tratamentos apresentou redução à medida que se aumentou o tempo de abertura.

Dentre as espécies patogênicas de *Clostridium*, apenas *C. botulinum* pode ser associada a silagem (DRIEHUIS et al., 2018). De acordo com Anderson et al. (2011), os produtos comercialmente estéreis não refrigerados, as suas formulações e os processos térmicos são projetados para obtenção de redução mínima de 12 log de esporos de *C. botulinum*, além da prevenção de sua multiplicação. Portanto, as silagens de trigo com e sem inoculantes e açúcar obtiveram quantidade de *clostridium* em níveis de segurança, e o processo de ensilagem reduziu à medida que o tempo de armazenamento aumentou.

Na recuperação de matéria seca (RMS), definida como a quantidade de material ensilado que permanece disponível para ser utilizado após a abertura do silo (FERREIRA et al., 2017), diferiram entre as médias das silagens e do tempo ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 6).

Tabela 6. Recuperação de MS, perdas gasosas e a produção de efluentes das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA)

		RMS	PG	PE
Silagens	ST	95,3198 B	0,0552 A	9,4826
	STA	92,9621 C	0,0567 A	10,8443
	STI	98,6324 A	0,0416 C	10,9587
	STIA	99,2519 A	0,0488 B	12,0032
Tempo (Dias)	28	98,7730 A	0,0450 B	6,4423 B
	56	99,6830 A	0,0462 B	13,1497 A
	84	95,5388 B	0,0497 AB	16,7594 A
	112	95,1682 B	0,0591 A	9,9667 AB
	140	95,0192 B	0,0493 B	8,0539 B
	168	95,0672 B	0,0541 AB	10,5610 AB
Anova				
Silagens		<0,0001	<0,0001	0,4356
Tempo		<0,0001	0,0001	0,0002
Silagens X Tempo		0,6705	0,6693	0,2466

<sup>1</sup>Com inoculante + açúcar; <sup>2</sup>Erro padrão da Média. Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As silagens de trigo com inoculante e inoculante + açúcar obtiveram maior recuperação de matéria seca (RMS) quando comparadas aos outros tratamentos. Situação inversa aconteceu

quanto às perdas gasosas (PG), sendo que o grupo controle e a silagem de trigo com açúcar apresentaram maiores perdas gasosas, o que justifica a maior RMS, uma vez que o cálculo é determinado em função dessas duas variáveis. Tal diferença pode ser resultado da ação das bactérias contidas no inoculante microbiológico utilizado nos referidos tratamentos, uma vez que as perdas por gases estão associadas ao perfil de fermentação ocorrido na silagem, sendo que as menores perdas são ocasionadas pelas bactérias homofermentativas que utilizam glicose como substrato para a síntese de lactato e, por outro lado, maiores produções de gases estão associadas com as bactérias heterofermentativas (IGARASSI, 2002).

Os resultados obtidos no presente estudo quanto às perdas por efluentes (PE) não diferiram entre os tratamentos. O efluente da silagem contém água e outros componentes orgânicos oriundos do material ensilado, tais como: açúcares, ácidos orgânicos e proteínas (MCDONALD et al., 1991), resultando em uma redução do valor nutricional do produto final inerente ao processo de ensilagem.

Desse modo, a silagem de trigo com inoculante, a silagem de trigo + inoculante + açúcar foram superiores, o que provavelmente decorreu de uma estabilidade fermentativa mais rápida e eficiente.

### 3.4 Conclusão

A silagem de Trigo apresentou aspectos favoráveis para a sua conservação por até 164 dias apresentando estabilidade fermentativa a partir dos 28 dias de ensilagem, sendo uma boa alternativa para os sistemas de produção. O inoculante microbiológico mostrou-se eficaz em permitir uma disponibilidade maior de carboidratos solúveis, reduzir o pH, reduzir a contagem bacteriana total na silagem de trigo, reduzir a perda por gases e obter uma maior recuperação de matéria seca. A adição de açúcar aumentou a disponibilidade de carboidratos solúveis, porém não houve melhorias nos demais parâmetros nem efeito aditivo no uso concomitante ao inoculante microbiológico.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.113, p.407-427, 2013.
- ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C.; LOPES, F.C.F. Microrganismos indesejáveis em forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., Maringá, 2004. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.172-197.
- CARPINTERO, M.C.; HOLDING, A.J.; McDONALD, P. Fermentation studies on lucerne. **Journal of science food and agriculture**, v.20, n.11, p.677-681, 1969.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON, J.M.; JIANG, Y. et al. Silage review: animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.4093-4110, 2018.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- FERREIRA, J.P.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I.M. et al. Losses in production of maize silage with tropical forages. **Revista Agropecuária Técnica**, v.38, n.3, p.133-141, 2017.
- IGARASSI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. Piracicaba, 2002. 152p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.305-360.
- KUNG JR., L.; TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.7, p.1793-1800, 2002.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications, 1991.
- PEREIRA, J.R.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.139.
- SILVA, J. M.; CARNAÚBA, J.P.; SILVA, I.O. et al. Influência de inoculante bacteriano-enzimático sobre a microbiota e qualidade nutricional de silagens de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.1, p.62-72, 2010.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5.ed. São Paulo: Blucher, 2017.

#### **4. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM DE TRIGO ENERGIX 202 ADITIVADA COM AÇÚCAR E INOCULANTE BACTERIANO**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar composição e digestibilidade da silagem de trigo da silagem de trigo cultivar Energix 202 aditivada com açúcar e/ou com inoculante microbiano, em diferentes tempos de armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Foram avaliadas quatro silagens, uma silagem de trigo (ST) sem aditivos representando o grupo controle, uma aditivada com açúcar (STA), outra com inoculante microbiano (STI), e por fim uma aditivada com açúcar e inoculante microbiano (STIA) nos tempos 0 (*in natura*), 28, 56, 84, 112, 140 e 168 dias de armazenamento. As silagens com adição de açúcar (STA) e a silagem inoculada (STI) apresentaram menor teor de MS (42,5% e 42,7%) em relação ao grupo controle (43,7%), havendo redução do teor de matéria seca com o aumento dos tempos. Os teores de matéria orgânica diminuíram nas silagens de trigo e de trigo com açúcar quando comparamos o tempo zero com o tempo 168 (ST = 877,0 g kg<sup>-1</sup> MS e STA = 883,6 g kg<sup>-1</sup> MS). Por outro lado, nos referidos tempos, o teor de matéria orgânica se preservou nas silagens que receberam inoculante bacteriano (STI = 886,6 g kg<sup>-1</sup> MS e STIA = 886,9 g kg<sup>-1</sup> MS). Os teores de proteína bruta foram superiores a 123,0 g kg<sup>-1</sup> MS para silagem com açúcar (STA) aos 168 dias de armazenamento se mostrando superior aos tratamentos ST, STI e STIA, que obtiveram teores de PB de 115,5 g kg<sup>-1</sup> MS 116,7 g kg<sup>-1</sup> MS e 116,9 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente. Para FDN e FDA, no tempo 168 as silagens não diferiram entre si, apresentando valores de FDN entre 508 g kg<sup>-1</sup>MS e 522 g kg<sup>-1</sup> MS e de FDA entre 356 g kg<sup>-1</sup> MS e 371 g kg<sup>-1</sup> MS. No tempo 168, as silagens com açúcar apresentaram maiores DIVPB (STIA=90,3% e STA=88,8%), seguidas da STI (84,8%) e ST (82,3%) e a STA apresentou maior DIVMS (74,1%). A adição de açúcar no momento da ensilagem do trigo proporcionou melhores taxas de digestibilidade *in vitro* para FDN e PB.

**Palavras-chave:** Conservação, fermentação, forragem de inverno, nutrientes, digestibilidade

#### 4. BROMATOLOGICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY OF ENERGIX 202 WHEAT SILAGE WITH SUGAR AND BACTERIAL INOCULANT ADDITIVES

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the composition and digestibility of wheat silage of the Energix 202 cultivar added with sugar and/or microbial inoculant, at different storage times. The experimental design used was completely randomized, with 4 replications, in split plots in time. Four silages were evaluated: a wheat silage (ST) without additives, representing the control group; one with sugar additive (STA); another with microbial inoculant (STI); and, finally, one with sugar and microbial inoculant (STIA) at the times 0 (in natura), 28, 56, 84, 112, 140, and 168 days of storage. The silages with added sugar (STA) and the inoculated silage (STI) had lower DM content (42.5% and 42.7%) compared to the control group (43.7%), with a reduction in the matter content dries going up with increasing time. Organic matter content decreased in wheat and wheat silages with sugar when comparing time zero with time 168 (ST = 877.0 g kg<sup>-1</sup> DM and STA = 883.6 g kg<sup>-1</sup> DM). On the other hand, at those times, the organic matter content was preserved in the silages that received bacterial inoculant (STI = 886.6 g kg<sup>-1</sup> DM and STIA = 886.9 g kg<sup>-1</sup> DM). Crude protein contents were higher than 123.0 g kg<sup>-1</sup> DM for silage with sugar (STA) at 168 days of storage, proving superior to ST, STI, and STIA treatments, which obtained CP contents of 115.5 g kg<sup>-1</sup> MS 116.7 g kg<sup>-1</sup> MS and 116.9 g kg<sup>-1</sup> MS, respectively. For NDF and ADF, at time 168 the silages did not differ, showing NDF values between 508 g kg<sup>-1</sup> DM and 522 g kg<sup>-1</sup> DM, and ADF values between 356 g kg<sup>-1</sup> DM and 371 g kg<sup>-1</sup> DM. At time 168, the silages with sugar showed the highest DIVPB (STIA=90.3% and STA=88.8%), followed by STI (84.8%) and ST (82.3%) and the STA showed the highest IVDMD (74.1%). The addition of sugar at the time of wheat silage provided better in vitro digestibility rates for NDF and CP.

**Keywords:** Conservation, fermentation, winter forage, nutrients, digestibility

## 4.1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil e no mundo a atividade pecuária vem exigindo melhores resultados na eficiência animal, sendo estes utilizados como indicadores de sustentabilidade, tanto no viés econômico como no viés ambiental. Assim, a suplementação com forragem conservada vem assumindo um papel cada vez mais importante na alimentação de ruminantes, exigindo uma busca constante voltada para a produção de silagem de forma que proporcione um melhor desempenho animal.

A silagem de trigo se destaca por possibilitar a produção de forragem conservada de qualidade no período de entressafra, geralmente caracterizado pelo vazio forrageiro, não concorrendo com as culturas tradicionais de verão, como milho, soja e feijão, reduzindo os riscos de indisponibilidade de alimento (FONTANELI; FONTANELI, 2009). De acordo com Lamat (2005), o emprego do trigo para a produção de silagem pode chegar a gerar um volume cerca de 1,5 a 2,5 vezes maior do que o volume de silagem gerado por gramíneas não produtoras de grãos de clima temperado.

A silagem de trigo, em geral, apresenta boa fermentação; todavia, a adição de inoculantes visando a aceleração do processo fermentativo, manutenção dos níveis nutricionais e melhor conservação do material pode trazer benefícios ao processo de ensilagem. Produtos à base de aditivos bacterianos há algum tempo vêm sendo utilizados no processo de ensilagem com a finalidade de melhorar o processo fermentativo e as características químicas das silagens, maior digestibilidade e, conseqüentemente, o desempenho animal (MCDONALD et al., 1991).

Nussio et al. (2002) destacaram que o uso de inoculantes bacterianos aumenta a disponibilidade de carboidratos solúveis como substrato para bactérias lácticas e, conseqüentemente, reduz o pH, aumentando a digestibilidade da matéria orgânica da forragem.

Neste contexto, a hipótese a ser estudada neste trabalho é se a adição de açúcar no momento da ensilagem, a fim de aumentar a disponibilidade de carboidratos solúveis como substrato para as bactérias lácticas, influenciaria positivamente na composição química e na digestibilidade dos nutrientes da silagem de trigo?

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adição de açúcar e inoculante bacteriano na composição química e na digestibilidade nas silagens de trigo.

## 4.2 Material e métodos

### 4.2.1 Localização

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no *campus* Marechal Cândido Rondon. A lavoura foi implantada em uma área experimental localizada na Fazenda Experimental “Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa”, a qual pertence à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon, com latitude 24° 31’ 55’’ Sul e longitude 54° 00’ 58’’ Oeste e altitude aproximada de 404 metros. Já as análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) e no Laboratório de Microbiologia da instituição.

O clima é classificado segundo Köppen como Cfa subtropical (ALVARES et al., 2013), sendo a temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C, com geadas pouco frequentes, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, apresentando assim verões quentes e com concentração da chuva nesse período, no entanto sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2018).

### 4.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente causalizado (DIC), com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Os tipos de silagem foram alocados nas parcelas, e os diferentes tempos de armazenamentos nas subparcelas. Foram avaliados quatro tratamentos, silagem de trigo (ST), silagem de trigo com inoculante (STI), silagem de trigo com açúcar (STA), silagem de trigo com açúcar + inoculante (STIA), em diferentes tempos de armazenamento, 0, 28, 56, 84, 112, 140, 168 dias de armazenamento, avaliando matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e as digestibilidades da MS, MO, FDN e PB.

Para os tratamentos com adição de inoculante, foi utilizado o inoculante Sil-all 4x4<sup>®</sup>, com níveis de garantia de bactérias ácido lácticas totais (mín.) (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* e *Lactobacillus salivarius*)  $1,89 \times 10^{10}$  UFC/g *Enterococcus faecium* (mín.)  $2,10 \times 10^9$  UFC/g. A aplicação foi realizada na dosagem recomendada pelo fabricante, na dose de 10g/ton de forragem, totalizando 1,89 UFC/kg de matéria natural de forragem,

utilizando água mineral à temperatura ambiente para a diluição do inoculante e pulverizador manual de cinco litros nunca utilizado e previamente higienizado.

Para os tratamentos com adição de açúcar, foi utilizado açúcar cristal na dosagem de 15g/kg de matéria natural de forragem (CARPINTERO et al., 1969), pulverizando manualmente.

Após a inclusão dos aditivos, o material foi homogeneizado manualmente.

#### 4.2.3 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura

Previamente à sementeira, realizou-se análise de solo no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE, campus Marechal Cândido Rondon, apresentando as seguintes características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,60 mol L<sup>-1</sup>; P (Mehlich) 48,45 mg dm<sup>-3</sup>; K (Mehlich) 0,63 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 3,64 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 2,55 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 0,20 cmolc d dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>Al (pH SMP 7,5) 5,14 cmolc dm<sup>-3</sup>; SB: 6,83 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC: 11,97 cmolc dm<sup>-3</sup>; V: 57,05%; matéria orgânica: 28,02 g dm<sup>-3</sup>; Cu: 7,50 mg dm<sup>-3</sup>; Zn: 3,10 mg dm<sup>-3</sup>; Mn: 126,00 mg dm<sup>-3</sup> e Fe: 29,60 mg dm<sup>-3</sup>.

Os dados de temperaturas mínima e máxima, umidade relativa média do ar e a precipitação durante o período experimental (Figura 1) foram coletados na estação meteorológica da UNIOESTE, localizada a cerca de 300 metros da área experimental. Observou-se uma baixa precipitação durante o período experimental, sendo que a precipitação acumulada durante esse período foi de apenas 33,6 mm.

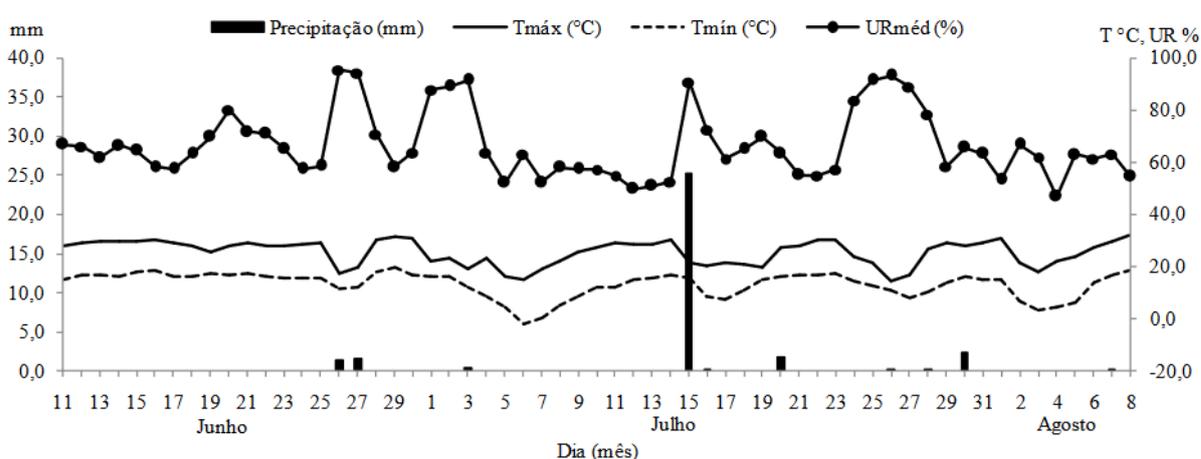


Figura 1. Temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmín), umidade relativa média do ar (URméd) e precipitação pluviométrica durante o período experimental.

Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR, junho a agosto/2019.

O trigo foi plantado no dia 5 de junho de 2019, com adubação de 35 kg de N + 60 kg de P + 60 Kg de K na base, em uma área de 5 ha localizada na Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa da UNIOESTE, situada na Linha Guará, no município de Marechal Cândido Rondon.

A colheita do trigo na altura de 10cm do solo foi realizada através de ensiladeira tracionada por trator no dia 30 de agosto de 2019, com o grão no ponto pastoso, obtendo a produção de 3.129 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Após a redução do tamanho de partícula, a adição de açúcar e inoculante biológico foi realizada, seguida de homogeneização, compactação e vedação em silos experimentais de PVC (poli cloreto de vinil), cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, dotados de válvula tipo Bunsen na parte superior, para eliminação dos gases produzidos. Dentro de cada silo havia 300 g de areia autoclavada e seca em estufa de ventilação forçada (65 °C por 12 horas), formando uma camada de 5 cm de altura na parte inferior do silo para escoamento dos possíveis efluentes. Também foi colocado um tecido de algodão de 12 cm de diâmetro, autoclavado e seco, evitando assim o contato da areia com o material ensilado.

Para auxiliar a retirada da silagem em cada silo, dois cordões (polipropileno de 2,5 mm) com 1 metro de comprimento cada foram unidos na parte central com um nó, e em cada extremidade realizou-se o mesmo procedimento. No momento da ensilagem, uma liga elástica ajudou a segurar as extremidades do cordão na borda do cilindro enquanto era colocado o material dentro do silo.

A compactação foi realizada com o uso de bastões de madeira, e após a ensilagem os silos foram fechados, lacrados com fita adesiva, pesados, armazenados em cima de estrados e alocados dentro de um galpão à temperatura ambiente até o momento da abertura. Em média foi colocado 1,332 kg de material fresco em cada silo, ou seja, a densidade específica foi de 484,18 kg m<sup>-3</sup>.

No dia da abertura, os silos foram pesados e após a retirada da tampa foi aferida a temperatura em °C, usando termômetro tipo espeto (INCOTERM 6132). A silagem foi retirada com o uso do cordão, colocada em bandejas plásticas, homogeneizada e amostrada para a avaliação das variáveis. A metodologia de Cherney e Cherney (2003) foi utilizada para avaliação do pH, sendo o pHmetro digital (TE C-5, TECNAL) calibrado previamente.

#### 4.2.4 Composição químico-bromatológica

Para as análises da composição químico-bromatológica foram separadas amostras no momento da abertura dos silos, as quais foram pré-secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas e posteriormente moídas em peneira com crivo de um milímetro. Foram analisadas para a determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) segundo a AOAC (1990), e a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada segundo Van Soest et al. (1991). A matéria orgânica (MO) foi calculada pela diferença entre a MS e a MM.

#### 4.2.5 Digestibilidades *in vitro*

Para calcular a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi utilizada a técnica descrita por Tilley e Terry (1963) adaptada por Holden (1999), com dois estágios de incubação. A DIVMS foi determinada pela diferença da amostra incubada com a amostra residual.

A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada por meio da queima do resíduo do material incubado em mufla e o resultado foi obtido a partir do cálculo da diferença entre a quantidade incubada e o resíduo após a incubação.

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da proteína bruta (DIVPB) foi usado o mesmo procedimento anteriormente descrito, porém as amostras após a secagem em estufas foram pesadas para determinação da proteína bruta, segundo a AOAC (1990).

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN), foi utilizada a técnica de Goering e Van Soest (1975), com incubação das amostras por 48 horas a uma temperatura de 39 °C, com posterior extração em detergente neutro através da análise de FDN. A DIVFDN foi calculada pela diferença entre o FDN do alimento antes e após a incubação.

#### 4.2.6 Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e posteriormente submetidos à análise estatística utilizando PROC MIXED do SAS® On Demand for Academics, de acordo com o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik} + A_j + TA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = valor observado para a variável resposta;

$\mu$  = média de todas as observações;

$T_i$  = efeito fixo do  $i$ -ésimo tipo de silagem;

$\epsilon_{ik}$  = erro aleatório associado às parcelas;

$A_j$  = efeito fixo do  $j$ -ésimo tempo de armazenamento;

$TA_{ij}$  é o efeito da interação do  $i$ -ésimo tipo de silagem com o  $j$ -ésimo tempo de armazenamento;

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado às subparcelas.

Foi realizado o teste Tukey, sendo a significância declarada em  $p \leq 0,05$  para todas as variáveis. O erro padrão foi obtido pelo comando LSMEANS.

#### 4.3 Resultados e discussão

O trigo utilizado para o presente ensaio apresentou um teor de matéria seca de 43,1% no dia da ensilagem, valor este considerado por alguns autores, como Pereira e Reis (2001), dentro da faixa ideal (35% e 45%) para o processo de fermentação, de tal modo que todas as silagens apresentaram parâmetros fermentativos satisfatórios, com redução do pH a níveis desejáveis já a partir do 28º dia, mantendo-se durante todo o tempo de armazenamento.

Não houve interação entre silagens e tempos de tratamentos, porém observou-se efeito isolado do tempo, havendo redução do teor de matéria seca com o aumento dos tempos ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 7). Também houve diferença significativa entre as médias ( $p = 0,0003$ ) para as diferentes silagens quanto ao teor de MS, observando-se que as silagens com adição de açúcar (STA) e a silagem inoculada (STI) apresentaram menor teor de MS (42,5% e 42,7%) em relação ao grupo controle (43,7%). O grupo de silagem com inoculante e açúcar (STIA) manteve teores de matéria seca semelhantes ao do grupo controle.

Baixos teores de MS, como normalmente as gramíneas de inverno apresentam, podem acarretar um ambiente propício para a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*, resultando em produção de ácido butírico e em outras atividades nocivas como a deterioração de proteínas do material ensilado, assim como, também, o excesso de água pode carrear nutrientes solúveis através da lixiviação (ANDRIGUETTO et al., 2002; EVANGELISTA et al., 2004).

Tabela 7. Matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com açúcar (STA), com inoculante (STI), com açúcar + inoculante (STIA) em diferentes tempos de armazenamento

Tempo	Silagem de Trigo				Média	EPM
	ST	STA	STI	STIA		
Matéria Seca (g kg <sup>-1</sup> MS)						
0	442,3	437,8	423,5	419,8	430,9 B	0,1296
28	449,9	441,8	425,2	422,3	434,8 AB	
56	450,9	442,1	438,4	433,3	441,2 A	
84	437,4	431,0	430,3	428,7	431,8 B	
112	431,2	429,2	423,6	418,4	425,6 BC	
140	427,1	424,5	424,4	410,9	421,7 C	
168	436,4	424,1	421,2	420,9	425,6 BC	
Média	437,3 a	425,4 b	427,3 b	430,9 ab	430,0	
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> MS)						
0	880,6 BCb	891,2 Aa	887,3 Aab	888,7 Aab		0,0628
28	880,2 BCb	890,9 Aa	884,6 Aab	884,2 ABab		
56	882,0 BCab	879,5 Cb	887,0 Aab	890,4 Aa		
84	881,6 BCa	887,8 ABCa	884,5 Aa	883,3 ABa		
112	870,4 ABa	882,0 BCa	887,0 Aa	887,3 Aa		
140	890,9 Aa	888,0 ABa	877,8 Ab	877,7 Bb		
168	877,0 Cb	883,6 ABCab	886,6 Aa	886,9 ABa		
Proteína Bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)						
0	113,5 D	115,8 B	114,7 B	111,6 D		
28	120,6 AB	120,7 A	120,7 A	118,9 AB		
56	120,7 ABab	119,6 ABab	121,2 Aa	115,9 BCDb		
84	120,4 AB	121,0 A	118,6 AB	120,7 AB		
112	124,2 Aa	123,4 Aa	114,3 Bb	121,2 Aa		
140	119,3 BCa	121,1 Aa	118,7 ABa	112,4 CDb		
168	115,5 CDb	123,0 Aa	116,7 ABb	116,9 ABCb		

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Matéria seca:  $\rho$  – valor: Silagem: 0,0003; Tempo: <,0001; Silagem x Tempo: 0,1226.

Matéria orgânica:  $\rho$  – valor: Silagem: 0,1424; Tempo: 0,8641; Silagem x Tempo: 0,0309.

Proteína bruta:  $\rho$  – valor: Silagem: 0,1424; Tempo: 0,8641; Silagem x Tempo: 0,0309

Os teores de matéria orgânica diminuíram nas silagens de trigo (ST = 877,0 g kg<sup>-1</sup> MS) e de trigo com açúcar (STA = 883,6 g kg<sup>-1</sup> MS) quando comparamos o tempo zero com o tempo 168. Por outro lado, nos referidos tempos, o teor de matéria orgânica se preservou nas silagens que receberam inoculante microbiológico (STI = 886,6 g kg<sup>-1</sup> MS e STIA = 886,9 g kg<sup>-1</sup> MS) (Tabela 7).

Segundo Ashbell (1995), a manutenção do teor de matéria orgânica é indicativa de melhor conservação da forragem, pois quando há fermentação inadequada, ocorrem perdas de material orgânico, aumentando a participação relativa da cinza (matéria mineral) na matéria seca. Desta forma, é possível depreender que as silagens inoculadas (STI e STIA) apresentaram uma fermentação mais eficiente quando comparadas com as silagens não inoculadas. Algumas variações podem ser interpretadas como contaminação do material com terra.

Nos tratamentos avaliados foram obtidos teores de proteína bruta (Tabela 7) superiores a 123,0 g Kg<sup>-1</sup> para silagem com açúcar (STA) aos 168 dias de armazenamento, mostrando-se superior aos tratamentos ST, STI e STIA, que obtiveram teores de PB de 115,5 g kg<sup>-1</sup> MS, 116,7 g kg<sup>-1</sup> MS e 116,9 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente.

Tabela 8. FDN e FDA das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com açúcar (STA), com inoculante (STI), com açúcar + inoculante (STIA) em diferentes tempos de armazenamento

Tempo	Silagem de Trigo				EPM
	ST	STA	STI	STIA	
FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)					
0	568,9 Aab	516,5 ABc	587,7 Aa	549,5 Abc	0,3120
28	550,3 AB	518,6 AB	522,5 B	537,7 AB	
56	540,8 AB	540,7 A	517,6 B	538,5 AB	
84	550,5 ABa	509,9 ABb	494,5 Bb	476,5 Cb	
112	530,5 Ba	504,3 Bab	491,1 Bb	504,6 BCab	
140	559,1 ABa	528,3 ABab	490,3 Bc	499,4 Cbc	
168	522,2 B	508,3 AB	516,4 B	510,9 BC	
FDA (g kg <sup>-1</sup> MS)					
0	481,1 Aab	439,5 Ab	502,9 Aa	483,3 Aa	0,6362
28	479,1 Aab	469,8 Aab	443,5 Bb	486,9 Aa	
56	487,6 Aa	342,0 BCc	460,6 ABa	393,3 Bb	
84	416,6 Ba	306,8 Cc	356,5 Cb	275,4 Db	
112	378,4 B	353,8 B	346,9 C	373,4 BC	
140	414,3 Ba	369,5 Bb	365,5 Cb	349,7 Cb	
168	370,6 B	356,1 B	369,2 C	360,2 BC	

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ρ – valor FDN: Silagem: 0,0071; Tempo: <,0001; Silagem x Tempo: 0,0074.

ρ – valor FDA: Silagem: <,0001; Tempo: <,0001; Silagem x Tempo: <,0001.

Weinberg et al. (2008), em um estudo que comparou 143 silagens de trigo comerciais em Israel, observou valores médios de proteína entre 115 g kg<sup>-1</sup> MS e 94 g kg<sup>-1</sup> MS, este último para silagens de trigo elaboradas no ponto pastoso-farináceo. Nota-se que no presente estudo os valores de PB obtidos são superiores ao referido estudo, demonstrando que a cultivar Energix 202 oferece ótimo resultado quanto a proteína.

Foi observada diferença para os resultados de fibra em detergente neutro (FDN) em razão do tempo ( $p < 0,0001$ ), havendo decréscimo dos teores de FDN com o aumento do tempo para todos os tratamentos. No dia 168 as silagens não diferiram entre si, apresentando valores entre 508 g kg<sup>-1</sup> MS e 522 g kg<sup>-1</sup> MS (Tabela 8).

Segundo Sanderson (1993) e Luther (1986), a redução do teor de FDN no processo de ensilagem ocorre devido à degradação da hemicelulose. Tal processo decorre da ação de enzimas endógenas da planta ou oriundas da hidrólise ácida como relatada por Jones et al. (1992).

Para fibra em detergente ácido (FDA) também houve diferença em razão do tempo ( $p < 0,0001$ ), apresentando comportamento muito semelhante aos teores de FDN, ou seja, houve decréscimo da FDA com o aumento dos tempos, finalizando o experimento no dia 168 com teores entre 356 g kg<sup>-1</sup> MS e 371 g kg<sup>-1</sup> MS, sem diferença entre as silagens (Tabela 8).

Quando comparados com o grupo controle, os demais tratamentos apresentaram valores menores de FDA. Silva et al. (2005), ao avaliarem o uso de inoculantes microbianos contendo *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sp.*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus sp.* e *Pediococcus sp.*, observaram redução nos teores de FDA nos tempos de abertura quando comparado com o tratamento controle. Ranjit e Kung Jr. (2000) obtiveram resultados semelhantes, com redução de FDA após 100 dias de conservação nas silagens inoculadas.

Bolsen et al. (2002) observaram redução no consumo de MS e na digestibilidade da matéria orgânica, proteína bruta e da fração FDN. No referido estudo, as silagens deterioradas apresentaram maiores valores de pH, de fração fibrosa e menores de matéria seca, matéria orgânica e amido quando comparadas às de alta qualidade.

Neste caso, todos os tratamentos apresentam resultados satisfatórios quanto aos teores de PB, FDN e FDA quando comparados a silagens de trigo produzidas comercialmente em Israel, conforme dados apresentados por Weinberg et al. (2008).

Tabela 9. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	Silagem de Trigo				Média	EPM <sup>2</sup>
	ST	STA	STI	STIA		
DIGESTIBILIDADE DA MS (%)						
0	71,9 A	74,4 A	72,1 A	71,1 A		0,783
28	71,3 Aa	61,9 Cb	71,8 Aa	59,9 Bb		
56	70,4 A	71,7 AB	70,2 A	71,6 A		
84	68,7 A	71,7 AB	70,4 A	69,3 A		
112	44,0 Cb	54,8 Da	47,1 Cb	52,4 Ca		
140	63,9 Bb	68,7 Ba	65,0 Bb	69,0 Aa		
168	69,4 Ab	74,1 Aa	71,4 Aab	69,9 Ab		
DIGESTIBILIDADE DA MO (%)						
0	73,6 A	75,5 A	74,4 A	72,2 A		0,837
28	72,4 ABa	62,1 Cb	71,8 ABa	59,6 Bb		
56	71,4 AB	73,1 AB	70,7 AB	73,4 A		
84	68,6 B	72,1 AB	69,3 BC	69,4 A		
112	43,86 Dc	55,3 Da	47,0 Dbc	49,8 Db		
140	63,4 Cb	70,0 Ba	65,4 Cb	71,1 Aa		
168	69,5 AB	73,6 AB	70,9 AB	69,5 A		

Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DIVMS: p – valor: Silagem: 0,0375; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: <0,0001

DIVMO: p – valor: Silagem: 0,0037; Tempo: <0,0001; Silagem x Tempo: <0,0001

Na avaliação da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) houve interação entre as inclusões e os tempos de armazenamento ( $P < 0,0001$ ). Porém, ao compararmos individualmente cada silagem no tempo 0 com o tempo 168, cada uma apresentou DIVMS igual nos referidos tempos. Já ao compararmos a digestibilidade no tempo 168, a STA apresentou maior DIVMS (74,1%), seguida da STI (71,4%) e com menor DIVMS a ST (69,4%) e STIA (69,9%).

A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) também teve interação entre as silagens e os tempos de armazenamento ( $p < 0,0001$ ). No tempo 28, a ST e a STI apresentaram as maiores digestibilidade com 72,4% e 71,8%, respectivamente. Já a STA e a STIA apresentaram apenas 62,1% e 59,6% de DIVMO, respectivamente. Por outro lado, no dia 140 o resultado foi oposto, com maiores resultados para STA (70,0%) e STIA (71,1), seguidos por ST (63,4%) e STI (65,4%).

As maiores digestibilidades da MS e da MO nas silagens de trigo aditivadas com açúcar provavelmente decorreu do aumento no teor de carboidratos solúveis no material, bem como da melhora do processo fermentativo.

Tabela 10. Digestibilidade *in vitro* da FDN e da PB das silagens de trigo (ST) da cultivar Energix 202, com inoculante (STI), com açúcar (STA), com inoculante + açúcar (STIA) em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	Silagem de Trigo				Média	EPM <sup>2</sup>
	ST	STA	STI	STIA		
<b>DIGESTIBILIDADE DA FDN (%)</b>						
0	49,7BCa	49,5BCDa	47,7Aab	45,3BCb		0,355
28	43,0Eb	50,9BCa	42,3Bb	48,7Aa		
56	47,4CDa	47,6DEa	43,5Bb	47,7ABa		
84	48,2BCbc	52,5ABa	45,7ABc	49,8Aab		
112	50,7Ba	49,5CDa	44,6Bb	48,3Aa		
140	54,5Aa	54,3Aa	47,9Ab	49,2Ab		
168	45,5DE	45,0E	43,9B	44,3C		
<b>DIGESTIBILIDADE DA PB (%)</b>						
0	88,8A	88,9C	88,8AB	88,3BCD		0,229
28	89,1Aab	89,5BCab	90,8Aa	88,1Cdb		
56	90,5A	91,9A	90,2A	91,1A		
84	90,0Aab	91,6ABa	89,2ABb	89,6BCDab		
112	89,7Aa	88,5Cab	84,9Cc	87,4Db		
140	88,6Aab	90,2ABa	87,5Bb	88,14CDab		
168	82,3Bc	88,8Ca	84,8Cb	90,3ABa		

DIVFDN: *p* – valor: Silagem: 0,0375; Tempo: <,0001; Silagem x Tempo: <,0001

DIVPB: *p* – valor: Silagem: 0,0004; Tempo: <,0001; Silagem x Tempo: <,0001

Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação entre as silagens e os tempos de armazenamento ( $p < 0,0001$ ) quanto à avaliação da digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN), sendo que a silagem de trigo com açúcar apresentou melhores resultados em todos os tempos avaliados, exceto no tempo 168, quando não houve diferença entre tratamentos, demonstrando que o uso do açúcar pode trazer ganhos de digestibilidade de fibra. A silagem inoculada apresentou os piores resultados de DIVFDN, mantendo-se abaixo das outras silagens do tempo 28 ao tempo 140.

A redução na digestibilidade da FDN pode ser explicada pela degradação da hemicelulose durante o processo de ensilagem, conforme explicado por Sanderson (1993) e Luther (1986).

Ocorreu interação entre as silagens de trigo e os tempos de armazenamento ( $p < ,0001$ ) na avaliação da digestibilidade *in vitro* da proteína bruta (DIVPB). No tempo zero, as silagens não apresentaram diferença entre si; todavia, no tempo 168 as silagens aditivadas com açúcar apresentaram maiores DIVPB (STIA=90,3% e STA=88,8%), seguidas da STI (84,8%) e ST (82,3%).

A menor digestibilidade da fração proteica das silagens que não foram aditivadas com açúcar pode ser explicada por uma possível reação de Maillard, que usualmente ocorre quando a temperatura do material ensilado supera 40°C, decorrendo na polimerização da hemicelulose e de açúcares com os grupos amino dos aminoácidos, o qual não é disponível para os microrganismos do rúmen (VAN SOEST, 1994).

#### **4.4 Conclusão**

O inoculante microbiológico proporcionou um melhor processo fermentativo, demonstrado pela manutenção do teor da matéria orgânica ao longo do tempo de conservação. O mesmo aditivo ainda resultou em uma maior redução no teor de fibra insolúvel em detergente neutro do material ensilado, quando comparado com a silagem sem aditivos ou aditivada com açúcar.

A aditivação da silagem de trigo com açúcar resultou em menores teores de fibra insolúvel em detergente ácido, maior digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica, da fibra insolúvel em detergente neutro e da proteína bruta, mostrando ser uma opção no uso como aditivo na confecção de forragens conservadas com menor disponibilidade de carboidratos solúveis, melhorando a qualidade nutricional do produto final.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIGUETTO, J.M. et al. **Nutrição animal**: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos. v.1. São Paulo: Nobel, 2002. 395p.
- ASHBELL, G. 1995. **Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay**. Bet Dagan: Agricultural Research Organization, The Volcani Center. (n.1664-E). 58p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed., Arlington: AOAC International, 1990. 1025p.
- BOLSEN, K. K., WHITLOCK, L. A., URIARTE-ARCHUNDIA, M. E. Effect of surface spoilage on the nutritive value of maize silages diets. In: THE 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE. **Anais...** Auchincruive, 2002. p.75-77.
- CARPINTERO, M.C.; HOLDING, A.J.; McDONALD, P. Fermentation studies on lucerne. **Journal of science food and agriculture**, v.20 , n.11, p.677-681, 1969.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C. et al. Produção de silagem de capim marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência Agrotecnica**, v.28, n.2, p.446- 452, 2004.
- FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS; H.P. dos. et. al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses** (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook 379. United States Department of Agriculture, 1975. 20p.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.171-794, 1999.
- JONES, B.A.; HATFIELD, R.D.; MUCK, R.E. Effect of fermentation and bacterial inoculation on lucerne cell walls. **Journal of Science Food Agriculture**, v.60, n.2, p. 147-153, 1992.
- KUNG JR., L.; SCHMIDT, R.J.; EBLING, T.E. et al. The Effect of *Lactobacillus Buchneri* 40788 on the Fermentation and Aerobic Stability of Ground and Whole High Moisture Corn. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.2309-2314, 2007.
- KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.305-360.
- LUTHER, R.M. Effect of microbial inoculation of whole-plant corn silage on chemical characteristics, preservation and utilization by steers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1329-1336, 1986.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications, 1991.

- NUSSIO, L. G., PAZIANI, S. D. F., Nussio, C. M. B., 2002. Ensilagem de capins tropicais. In Embrapa Pecuária Sudeste. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Recife, PE: SBZ: Ed. dos Editores, 2002..
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage Science and Technology**. American Society of Agronomy, Madison, WI, 2003. p.31-93.
- RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.526-535, 2000.
- SANDERSON, M.A. Aerobic stability and in vitro fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages. **Journal of Animal Science**, v.71, n.2, p.505-514, 1993.
- SCHEFFER-BASSO, S.M. et al. **Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo – Centro de Pesquisa em Alimentação, 2003. 31p.
- SILVA, A.V.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Composição bromatológica e digestibilidade in vitro da matéria seca de silagens de milho e sorgo tratadas com inoculantes microbianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1881-1890, 2005.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; SOLOMON, R. [2009]. The quality of commercial wheat silages in Israel. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.2, p.0–644. DOI:10.3168/jds.2008-1120.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A silagem de Trigo cultivar Energix 202 é uma alternativa de produção de forragem conservada, apresentando boa fermentação e composição bromatológica interessante, além de ser uma cultura de inverno que não concorre com as culturas tradicionais. A utilização de aditivos no trigo ensilado mostrou-se uma alternativa para a melhoria da fermentação e da qualidade microbiológica. A adição de açúcar pode ser vantajosa, melhorando a qualidade nutricional da silagem de trigo.