

UEMS – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MATO GROSSO DO SUL

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGENS DE MILHO  
(*Zea mays* L.) E CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus*) EM  
PEQUENAS PROPRIEDADES DO NOROESTE PAULISTA**

GABRIEL MAZI ZANINI

CASSILÂNDIA-MS

Agosto/2025.

UEMS – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MATO GROSSO DO SUL

**DESEMPENHO PRODUTIVO E QUALITATIVO DE  
SILAGENS DE MILHO (*Zea mays* L.) E CAPIM-ELEFANTE  
(*Cenchrus purpureus*) EM UNIDADES DE PRODUÇÃO NO  
CERRADO DO NOROESTE PAULISTA**

**GABRIEL MAZI ZANINI**

**Orientador: Rogério Soares de Freitas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA-MS

Agosto/2025

---

Z35d Zanini, Gabriel Mazi

Desempenho produtivo e qualitativo de silagens de milho (Zeamays L.) e capim-elefante (Cenchrus purpureus) em unidades de produção no cerrado do noroeste paulista/ Gabriel Mazi Zanini. – Cassilândia, MS: UEMS, 2025.

116 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Soares de Freitas.

1. Avaliação bromatológica. 2. Ensilagem. 3. Produtividade forrageira. I. Freitas, Rogério Soares de. I. Título.

CDD 23. ed. - 636.0855

---

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
(UEMS)

Susy dos Santos Pereira CRB1°1783

## PÁGINA DE APROVAÇÃO

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por me guiar sempre pelo caminho certo, e à minha família.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos concedidas ao longo de toda esta caminhada.

À minha esposa Mariane e ao meu filho José Gabriel, pelo apoio, auxílio e incentivo constantes.

Ao meu orientador, Dr. Rogério Soares de Freitas, pela paciência e dedicação a mim e ao projeto.

Aos funcionários do Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais – IAC Votuporanga e a CATI de Valentim Gentil pela ajuda na execução do trabalho.

E, por fim, agradeço aos produtores e parceiros que confiaram no nosso trabalho, abrindo as portas de suas propriedades e contribuindo com este projeto.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS .....	11
RESUMO.....	13
ABSTRACT .....	14
INTRODUÇÃO GERAL .....	15
REFERÊNCIAS .....	16
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....	18
1.1 A PECUÁRIA E A NECESSIDADE DE FORRAGENS CONSERVADAS..	18
1.2 A ENSILAGEM COMO ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO.....	19
1.2.1 Princípios e Benefícios do Processo .....	19
1.2.2 A dinâmica da fermentação e a microbiota envolvida.....	21
1.2.3 Fatores Críticos para o Sucesso da Ensilagem .....	23
1.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SILAGENS .....	25
1.3.1 Análises físicas e químico-bromatológicas tradicionais.....	25
1.3.2 Espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) .....	26
1.3.3 Análise de coloração como indicador alternativo de qualidade .....	26
1.4 SILAGEM DE MILHO ( <i>Zea mays</i> L.).....	28
1.4.1 Importância e produção no cenário nacional.....	28
1.4.2 Parâmetros de qualidade e avaliação bromatológica .....	29
1.5 SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU ( <i>Cenchrus purpureus</i> )	
31	
1.5.1 Relevância do cultivo e da conservação do BRS Capiaçú .....	31
1.5.2 Aspectos agronômicos e manejo do BRS Capiaçú .....	32
1.5.3 Aspectos técnicos da ensilagem do BRS Capiaçú .....	33
1.5.4 Qualidade nutricional da forragem e da silagem do BRS Capiaçú .....	34
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGENS DE MILHO ( <i>Zea mays</i> L.) EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO NOROESTE PAULISTA. ....	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT .....	45
1. INTRODUÇÃO .....	46
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55

<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>78</b>
<b>Capítulo 3 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE (<i>Cenchrus purpureus</i>) NA REGIÃO DE VOTUPORANGA-SP .....</b>	<b>84</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>84</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>85</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>86</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>87</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>109</b>
<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>110</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>111</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Avaliação das propriedades com cultivo de híbridos em relação a extensão da área cultivada, data de semeadura, data de colheita (D.A.S.), espaçamento médio entre linhas e entre plantas, realizados na primeira e segunda etapa de avaliações.....	55
<b>Tabela 2</b> - Avaliação da altura da primeira espiga (m), altura de plantas (m), diâmetro médio de colmo (mm), quantidade média de espigas em 4 metros lineares e quantidade média de plantas em 4 metros lineares realizadas na segunda etapa. ....	56
<b>Tabela 3</b> - Peso de plantas totais em 4 metros lineares (kg), matéria seca na colheita - MS e produção de massa verde (MV) reportada pelo produtor no final da colheita. ....	57
<b>Tabela 4</b> -- População aproximada de plantas por hectare, participação média do peso de espigas verdes em relação ao peso de plantas totais verdes em 4 metros lineares (%), produtividade de matéria seca (MS) por hectare (kg), participação de grãos secos na matéria seca - MS (%), estimados através dos dados produtivos.....	59
<b>Tabela 5</b> - Avaliação de comprimento médio de espigas secas, número de fileiras e número de grãos, peso médio de grãos seco em 4 metros lineares (kg) e diâmetro médio de sabugos (mm) realizados no laboratório do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais. ....	60
<b>Tabela 6</b> – Peso médio de espigas úmidas com palha em 4 metros lineares (kg), realizados no dia da colheita (in loco) e peso médio de espigas secas com palha em 4 metros lineares (kg), peso médio de espigas secas sem palha em 4 metros lineares, diâmetro médio das espigas secas (mm), comprimento médio de espigas secas, número de fileiras e número de grãos, peso médio de grãos seco em 4 metros lineares (kg) e diâmetro médio de sabugos (mm) realizados no laboratório do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais. ....	60
<b>Tabela 7</b> – Adubações (plantio e cobertura) realizadas para a cultura do milho, nas propriedades avaliadas.....	62
<b>Tabela 8</b> – Avaliação da compactação média de silos em 1m <sup>3</sup> e produção de grãos por hectare, por propriedade no momento do corte das plantas para ensilamento. ....	63
<b>Tabela 9</b> - Avaliações das granulometrias das silagens através das peneiras Penn State® 19mm, 8mm, 4mm e fundo sólido.....	64
<b>Tabela 10</b> - Avaliação da temperatura média das silagens e comparação com a temperatura máxima do ar (média) obtida através da estação meteorológica do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais.....	65
<b>Tabela 11</b> – Resultados laboratoriais para carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais, amido, energia líquida de manutenção, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, lignina, digestibilidade in vitro da matéria seca em 48 horas, extrato etéreo e proteína bruta das forragens pertencentes aos híbridos de milho avaliados. ....	68
<b>Tabela 12</b> - Porcentagem de ácido láctico das silagens em relação ao teor de matéria seca e resultados laboratoriais para carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais, amido, energia de manutenção, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, digestibilidade in vitro da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta. ....	69
<b>Tabela 13</b> - Apresentação do percentual de assertividade de cada propriedade e suas respectivas notas finais. ....	75

<b>Tabela 14</b> - Correlação entre notas finais e ângulo Hue das forragens úmida e seca e das silagens úmida e seca.....	76
<b>Tabela 15</b> - Período entre plantio/último corte e data de colheita de capim elefante BRS Capiapu nas propriedades avaliadas. ....	92
<b>Tabela 16</b> - Avaliação de parâmetros agronômicos do BRS Capiapu. ....	93
<b>Tabela 17</b> - Avaliação de parâmetros agronômicos do BRS Capiapu. ....	93
<b>Tabela 18</b> - Avaliação de parâmetros agronômicos do BRS Capiapu. ....	94
<b>Tabela 19</b> - Avaliação dos manejos de aduções de plantio e cobertura e relação folha/colmo do BRS Capiapu, realizados durante avaliação agronômica, nas propriedades .....	95
<b>Tabela 20</b> - Avaliação com peneira Penn State® das silagens de BRS Capiapu avaliadas. ....	96
<b>Tabela 21</b> - Avaliação da compactação do silo e da temperatura da silagem de BRS Capiapu, realizados durante a terceira visita às propriedades acompanhadas. ....	97
<b>Tabela 22</b> - Avaliação produtiva do BRS Capiapu nas propriedades avaliadas. ....	98
<b>Tabela 23</b> - Parâmetros químicos das forragens de BRS Capiapu obtidas em propriedades rurais da região Votuporanga-SP.....	101
<b>Tabela 24</b> - Parâmetros químicos das silagens de BRS Capiapu obtidas em propriedades rurais da região Votuporanga-SP.....	102

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Avaliações meteorológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024.....	48
<b>Figura 2</b> - Avaliações meteorológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o CIIAGRO, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024 – Auriflama-SP.....	49
<b>Figura 3</b> - Avaliações meteorológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o CIIAGRO, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024 – Nhandeara-SP.....	49
<b>Figura 4</b> - Avaliações meteorológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o CIIAGRO, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024 – Votuporanga-SP.....	50
<b>Figura 5:</b> Distribuição das variáveis de características agronômicas do milho ( <i>Zea mays</i> L.) e parâmetros físicos da silagem, no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2.....	66
<b>Figura 7</b> – Distribuição das variáveis de características agronômicas do milho ( <i>Zea mays</i> L.) e parâmetros físicos da silagem, no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2. COMPPLANTA = comprimento de plantas. DIAMPLANTA = diâmetro de plantas. QTDESPIGA = quantidade de espigas. ESPIGAPESO = peso das espigas. DIAMESPIGA = diâmetro das espigas. COMPESPIGA = comprimento das espigas. NFILEIRAS = número de fileiras das espigas. GRAOPESO = peso dos grãos. FHUE = ângulo HUE da forragem. SILOCOMPPEPO = compactação do silo. TEMPSILAGEM = temperatura da silagem. 19PENSTATE = Peneira Penn State® de 19 milímetros. 8PENSTATE = Peneira Penn State® de 8 milímetros. 4PENSTATE = Peneira Penn State® de 4 milímetros. FUNDOPENSTATE = Peneira Penn State® de fundo sólido. SHUE = ângulo HUE da silagem. FPMV = produção de massa verde da forragem. FPMS = produção de matéria seca da forragem. SIQ = índice de qualidade da silagem. ALTESPIGA = Altura da primeira espiga em relação ao solo.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 9:</b> Avaliações meteorológicas durante o ciclo da cultura, com médias de a cada dez dias, segundo o IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais – Votuporanga-SP. ....	87
<b>Figura 10</b> - Avaliações meteorológicas durante o ciclo da cultura, com médias de a cada dez dias, segundo CIIAGRO – Nhandeara-SP.....	88
<b>Figura 11</b> - Avaliações meteorológicas durante o ciclo da cultura, com médias de a cada dez dias, segundo CIIAGRO – Votuporanga-SP.....	88
<b>Figura 10:</b> Distribuição das variáveis de características agronômicas do BRS Capiapu ( <i>Cenchrus purpureus</i> ) e parâmetros físicos da silagem, no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2. RFC = relação folha colmo.....	99
<b>Figura 11:</b> Distribuição das variáveis de características químicas do BRS Capiapu ( <i>Cenchrus purpureus</i> ), no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2... 106	

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

- 19PENSTATE - Avaliação de granulometria na peneira Penn State® 19mm
- 4PENSTATE - Avaliação de granulometria na peneira Penn State® 4mm
- 8PENSTATE - Avaliação de granulometria na peneira Penn State® 8mm
- ALTESPIGA – Altura da primeira espiga em relação ao solo
- CM – Centímetro
- CNF – Carboidratos não fibrosos
- COMPESPIGA – Comprimento das espigas
- COMPLANTA – Comprimento da planta
- D.A.S.- Dias após semeadura
- DIAMESPIGA – Diâmetro das espigas
- DIAMPLANTA – Diâmetro da planta
- DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
- DP – Desvio padrão
- EE – Extrato etéreo
- ESALQLAB – Laboratório da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP
- ESPIGAPESO – Peso das espigas
- FDA – Fibra em detergente ácido
- FDN – Fibra em detergente neutro
- FHUE – Ângulo HUE da forragem
- FPMS – Produção de massa seca da forragem
- FPMV – Produção de massa verde da forragem
- FUNDOPENSTATE - Avaliação de granulometria na peneira Penn State® fundo sólido
- GRÃOPESO – Peso dos grãos secos
- Ha<sup>-1</sup>- Hectare
- HUE – Ângulo HUE
- IAC – Instituto Agronômico de Campinas
- LED – Light Emitting Diode
- MM – Milímetro

MP – Massa da planta

MS – Matéria seca

MV – Massa verde

NDT - Nutrientes digestíveis totais

NEM – Energia líquida de manutenção

NFILEIRAS – Número de fileiras de grãos

NIRS - Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (Espectroscopia no Infravermelho Próximo)

PB – Proteína bruta

pH – Potencial hidrogeniônico

QTDESPIGA – Quantidade de espigas por parcela

SHUE – Ângulo HUE da silagem

SILOCOMPESO – Compactação da silagem

SIQ – Índice de qualidade da silagem

TEMPSILAGEM – Temperatura da silagem

UA – Unidade animal

UEMS – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

## RESUMO

Com objetivo de avaliar a produção e qualidade de silagens de milho e BRS Capiaçú foi realizado estudos em dez propriedades localizadas na região noroeste do Estado de São Paulo. A pesquisa foi conduzida em três etapas, cada uma com um foco específico. A primeira etapa contemplou a coleta de informações sobre o plantio e a produção, considerando o tamanho da área, o genótipo utilizado, os tipos de adubação e outros manejos adotados. Na segunda etapa, realizada durante o processo de ensilagem, foram avaliadas características da cultura, como altura, peso e diâmetro das plantas, além da granulometria (utilizando peneiras Penn State®). Também foram coletadas amostras para análise da matéria seca e composição química da forragem (bromatológica), além do registro fotográfico visando relacionar a qualidade bromatológica das amostras com um método visual de fácil aplicação prática. A terceira etapa ocorreu na abertura dos silos, respeitando o momento definido pelo produtor. Nessa fase, foram avaliados a compactação, as dimensões dos silos, a presença de chorume, a temperatura e a granulometria da silagem. Ainda, nesta etapa, amostras foram coletadas para análise bromatológica final, matéria seca e registro fotográfico. Entre as propriedades avaliadas para a produção de silagem de milho, 50% não alcançaram os níveis mínimos recomendados de matéria seca (MS) no momento da colheita. A produtividade média de massa verde ( $24,5t\ ha^{-1}$ ), de matéria seca ( $7,3t\ ha^{-1}$ ) e de grãos no momento da colheita das plantas ( $2,2t\ ha^{-1}$ ) foram muito baixas. Esses fatores influenciaram negativamente os índices médios de amido da silagem (14,89%), CNF da silagem (27,56%) e NDT da silagem (63,4%). Já o BRS Capiaçú apresentou produtividade média de matéria seca de  $6,8t\ ha^{-1}$ . A produção de massa verde também ficou aquém do potencial da cultura, com média de  $26,6t\ ha^{-1}$ , enquanto o esperado seria de até 100 toneladas por corte. Observou-se ainda um prolongamento no intervalo entre plantio ou último corte e a colheita, com média de 158,8 dias, o que contribuiu para o aumento dos teores de lignina (8,79%), FDN (78,31%) e FDA (52,40%), além da diminuição no teor de proteína bruta, que foi de apenas 4,21%. Os resultados indicaram que tanto as silagens de milho quanto as de BRS Capiaçú apresentam potencial de melhoria, tanto no processo de produção quanto no de ensilagem, com maior necessidade de atenção nas silagens de BRS Capiaçú, reforçando a importância do acompanhamento técnico especializado.

**Palavras-chave:** Silagem de milho, BRS Capiaçú, qualidade bromatológica, processo de ensilagem, análise de forragem, manejo da cultura.

## ABSTRACT

With the objective of evaluating the production and quality of corn and BRS Capiaçú silages, studies were conducted on ten farms located in the northwest region of the State of São Paulo. The research was carried out in three stages, each with a specific focus. The first stage involved collecting information on planting and production, considering the area size, the genotype used, the types of fertilization, and other management practices adopted. In the second stage, conducted during the ensilage process, crop characteristics such as plant height, weight, and diameter were evaluated, in addition to particle size analysis (using Penn State® sieves). Samples were also collected for the analysis of dry matter (DM) and chemical composition (bromatological analysis) of the forage, along with photographic documentation to correlate the bromatological quality of the samples with a practical and easily applied visual method. The third stage took place when the silos were opened, respecting the timing defined by the producer. In this phase, compaction, silo dimensions, presence of leachate, temperature, and silage particle size were assessed. Additionally, in this stage, samples were collected for final bromatological analysis, dry matter, and photographic documentation. Among the farms evaluated for corn silage production, 50% did not achieve the minimum recommended levels of dry matter (DM) at the time of harvest. The average productivity of green mass ( $24.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dry matter ( $7.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), and grain at the time of plant harvest ( $2.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) were very low. These factors negatively influenced the average indices of silage starch (14.89%), silage Non-Fiber Carbohydrates (NFC) (27.56%), and silage Total Digestible Nutrients (TDN) (63.4%). BRS Capiaçú, on the other hand, showed an average dry matter productivity of  $6.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Green mass production was also below the crop's potential, with an average of  $26.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , while the expected yield would be up to 100 tons per cut. A prolongation in the interval between planting or the last cut and the harvest was also observed, with an average of 158.8 days, which contributed to the increase in lignin (8.79%), Neutral Detergent Fiber (NDF) (78.31%), and Acid Detergent Fiber (ADF) (52.40%) contents, in addition to the decrease in the crude protein content, which was only 4.21%. The results indicated that both corn and BRS Capiaçú silages have potential for improvement, both in the production and ensilage processes, with a greater need for attention in BRS Capiaçú silages, reinforcing the importance of specialized technical assistance.

**Keywords:** Corn silage, BRS Capiaçú, bromatological quality, ensiling process, forage analysis, crop management.

## INTRODUÇÃO GERAL

A ensilagem é uma alternativa eficiente para garantir alimento durante períodos de seca, pois permite conservar os nutrientes das plantas por meio da fermentação anaeróbia (Muck, 1988; Cândido e Furtado, 2020). Essa prática torna-se essencial devido à irregularidade das chuvas, que afeta diretamente a produtividade das pastagens. Durante a estação seca, a produção de forragem diminui, reduzindo a oferta de alimento para os animais (Rêgo *et al.*, 2015).

A silagem é o produto resultante da fermentação anaeróbica de culturas vegetais ricas em carboidratos solúveis, como milho, cana-de-açúcar, milheto, sorgo (Paziani *et al.*, 2019; McDonald *et al.*, 1991; Allen *et al.*, 2003). Uma outra opção promissora nesse processo é o capim-elefante cultivar BRS Capiáçu, que apresenta alta produtividade de biomassa e baixo custo de produção (Retore *et al.*, 2020), cuja silagem pode custar menos da metade da silagem de milho (Oliveira, 2023; Retore, 2018). Essa planta é especialmente vantajosa para pequenas propriedades, graças à sua elevada produção de massa verde (Pereira *et al.*, 2021).

No entanto, Pedroso (2012a); Cândido e Furtado (2020) e Barrocas *et al.* (2017) destacam que uma das maneiras mais eficientes para avaliar com precisão a qualidade do alimento destinado aos animais é por meio de análise bromatológica, assegurando que o valor nutricional esteja de acordo com recomendado para a cultura. As análises mais comuns nesse contexto incluem a matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), teor de lignina, nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (CNF), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), além dos cálculos do perfil energético do alimento, como a energia líquida de manutenção (NEM) (Cruz *et al.*, 2008; Duarte *et al.*, 2011).

Diante disso, este trabalho foi realizado com objetivo avaliar a produção e qualidade da silagem produzida na região de Votuporanga-SP através dos parâmetros biométricos obtidos no campo e bromatológicos das forragens e das silagens de milho e de capim-elefante BRS Capiáçu.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S.; COORS, J. G.; ROTH, G. W. Corn Silage. **Silage Science and technology**. Agronomy Monograph 42, p. 547-608. 2003.
- BARROCAS, G. E. G.; TANURE, J. P. M.; GOMES, R. da C. **Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras – Compêndio de POPs**. Brasília-DF. Embrapa. 2017. 142p. (Documentos 236).
- CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. Estoque de forragem para a seca: Produção e utilização de silagem. **Imprensa Universitária UFC**. 194p. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020\\_liv\\_mjdcandido.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020_liv_mjdcandido.pdf). Acesso em: 05 de novembro de 2025.
- CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; NETO, M. M. G.; ALBERNAZ, W. M. **Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita**. Embrapa. 2008. 7p. (Circular técnica 112) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491771/1/Circ112.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2025.
- DUARTE, A. P.; GERAGE, A. C.; TSUNECHIRO, A. *et al.* Milho – **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa informações tecnológicas. p. 338. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/921542>. Acesso em: 22 de abril de 2025.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The biochemistry of silage. **Chalcombe publications**. Marlow: Second edition, 1991. 340p.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**. Vol. 71, p.2992-3002, n. 11, 1988. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(88\)79897-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(88)79897-5/pdf). Acesso em: 22 de setembro de 2023.
- OLIVEIRA, J. S. **BRS Capiaçú: qual o momento certo para fazer a silagem?** Juiz de Fora -M. Embrapa. 2023. 6p. (Comunicado técnico 95). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1157417/1/BRS-Capiacu-qual-o-momento-certo-para-fazer-a-silagem.pdf>. Acesso em: 28 de maio de 2025.
- PAZIANI, S. de F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; FREITAS, R. S.; GALLO, P. B.; MATEUS, G. P. Correlações entre variáveis quantitativas e qualitativas de milho e de sorgo para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.18 n.3 p.408-416. 2019.
- PEDROSO, A. M. Silagem de milho: é sempre uma boa forrageira? **Inforleite**. n.23, p. 32-35, 2012a. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/924123/1/PROCIAMP2012.00018.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2025.
- PEREIRA, A. V.; AUAD, A. M.; SANTOS, A. M. B.; MITTELMANN A.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C.; LÉDO, F. J. da S.; OLIVEIRA, J. S.; LEITE, J. L. B.; MACHADO, J. C.; MATOS, L. L.; MARENZ, M. J. F.; ANDRADE, P. J. M.; BENDER, S. E.; ROCHA, W. S. D. **BRS Capiaçú e BRS Kurumi: cultivo e uso**. Embrapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2021. p.117. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131853/brs-capiacu-e-brs-kurumi-cultivo-e-uso>. Acesso em: 19 de maio de 2025.

RÊGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S; SIGNORETTI, R. D. Importância do tamanho de partícula e do uso de inoculante bacteriano em silagens. **Revista colombiana de ciência animal.** p.88-99. 2015. Disponível em: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/267-reciav7n1a14.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/267-reciav7n1a14.pdf). Acesso em 22 de setembro de 2023.

RETORE, M. Capins elefantes: BRS Kurumi e BRS Capiaçú. In: PEZARICO, C. R.; RETORE, M. **Tecnologia para a agricultura familiar.** 3 ed. Embrapa agropecuária oeste. 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125537/1/04.pdf>. Acesso em: 28 de maio de 2025.

RETORE, M.; ALVES, J. P.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; MENDES, S. da S. **Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú.** Dourados – MS. Embrapa. 2020. 10p. (Comunicado técnico 261). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1130009/1/COT-261-2020.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2025.

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.**

### **1.1 A PECUÁRIA E A NECESSIDADE DE FORRAGENS CONSERVADAS**

O Brasil abriga a maior concentração de bovinos comerciais do mundo (Moura et al., 2024). No entanto, apenas 5% dos animais destinados à produção de carne são mantidos em sistemas de confinamento. A maior parte destes, aproximadamente 80%, são criados em regime de pastagem, o que evidencia a relevância desse recurso alimentar para a pecuária nacional (Nicacio et al., 2015).

A utilização de pastagens representa uma alternativa economicamente viável e eficiente para a criação de ruminantes. Contudo, essa prática enfrenta desafios ao longo do ano, em função das variações sazonais do clima, principalmente entre os períodos chuvoso e seco, que afetam diretamente o crescimento das forrageiras (Novaes et al., 2004; Cândido e Furtado, 2020).

A elevada produção de forragem concentrada em um único período anual acarreta variações significativas no desempenho dos animais, como perdas de peso, redução da taxa de natalidade, queda na produtividade e aumento da mortalidade, resultando em impactos econômicos expressivos para a pecuária bovina (Pereira et al., 2008; Pereira e Souza, 2022).

Além disso, a eficiência de aproveitamento da pastagem pelos animais é limitada, situando-se em torno de 30%. Isso se deve a fatores como o pisoteio, a seletividade na alimentação e a presença de sobras vegetativas, o que compromete o consumo efetivo de matéria seca. Por exemplo, uma unidade animal (UA) consome, em média, 2% de seu peso corporal em matéria seca por dia, o equivalente a 9 kg, no entanto, com apenas 30% de eficiência de pastejo, é necessário disponibilizar 30 kg de matéria seca para garantir esse consumo diário (Barbeiro et al., 2021).

Diante disso, com a finalidade de manter a regularidade na oferta de alimento ao longo do ano, especialmente na estação seca, empregam-se técnicas de conservação de forragem, como a ensilagem e a fenação, que visam preservar a produção obtida durante os períodos de maior disponibilidade climática (Neto; Câmara, 2000; Barrocas et al, 2017).

## 1.2 A ENSILAGEM COMO ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO

A silagem tem como objetivo estratégico suprir nutricionalmente os animais durante períodos de escassez de forragem, permitindo maior concentração de animais por área, possibilitando o armazenando de grandes volumes de alimentos em espaços reduzidos (silos) e otimizando o fornecimento de MS e energia ao longo do ano (Novaes et al., 2004; Oliveira e Martins, 2021).

Para alcançar bons resultados, é essencial que a silagem seja feita a partir de culturas bem manejadas, pois o processo de ensilagem e o armazenamento no silo não melhoram o valor nutritivo original do material (Cardoso; Silva, 1995; Bezerra et al. 2021).

Assim, a produção de uma silagem de qualidade exige planejamento. É fundamental calcular a real necessidade de volumoso (em kg) para o lote de animais, definindo assim a quantidade a ser produzida. Também é necessário considerar as perdas durante o processo de conservação, que podem variar de 8 a 25%, dependendo da cultura utilizada, afetando diretamente o custo final. Outros pontos importantes incluem a definição da área ideal (ha) para cultivo da forragem, os tratos culturais necessários, a escolha da cultura mais adequada para as condições locais, o manejo correto do plantio à colheita, e a identificação do ponto ideal de colheita, que varia conforme a espécie forrageira. O processo de ensilagem deve seguir técnicas e uso adequado de equipamentos, além de ser acompanhado da análise bromatológica do material, garantindo fornecimento adequado aos animais (SENAR, 2011).

Cada etapa da ensilagem deve ser ajustada à cultura utilizada, demandando cuidados técnicos para preservar melhor o material e reduzir perdas de valor nutricional (Oliveira, 1998; Bezerra et al. 2020). Com isso, há menores oscilações produtivas no decorrer do ano, possibilitando maior viabilidade e lucratividade ao agronegócio brasileiro (Novaes et al. 2004; Cândido e Furtado, 2020).

### 1.2.1 Princípios e Benefícios do Processo

A ensilagem consiste em uma técnica de conservação de forragens baseada na fermentação em ambiente anaeróbico. Essa prática tem início com a colheita e o preparo do material vegetal, que é posteriormente depositado e compactado dentro do silo (McDonald *et al.* 1991). O objetivo principal é preservar o valor nutricional do volumoso,

minimizando perdas energéticas, por meio da eliminação do oxigênio e da indução de fermentações predominantemente lácticas (Muck, 1988; Allen et al., 2003; Ramos et al. 2021).

Para que a fermentação ocorra de forma eficiente, é essencial que a forragem seja colhida com um teor de matéria seca (MS) ideal, entre 30% e 35%, e com no mínimo 3% de carboidratos solúveis, que servem de substrato para a ação das bactérias ácido-láticas (Cruz et al., 2008; Guimarães Júnior e Pereira, 2008; Tonucci, 2013; Sales, 2015; Resende et al., 2017; Thiago e Silva, 2006). A produtividade média esperada é de cerca de 30 toneladas por hectare de massa fresca (Thiago; Silva, 2006), podendo chegar a 40–50 toneladas por hectare de massa verde conforme observado por Duarte et al. (2011). Silva (2001); Ferreira (1991) e Cruz et al (2021) indicam que, para o milho, o teor de MS deve situar-se entre 30% e 35%, sendo necessária uma concentração mínima de 8% de carboidratos solúveis para garantir uma fermentação satisfatória. Quando o valor de MS excede 37%, ou seja, eleva-se o teor, ocorrem perdas no rendimento da silagem e, também, há aumento no tamanho das partículas (granulometria), o que compromete a compactação do silo (Resende et al., 2017).

Após a colheita, o material vegetal deve ser picado em partículas pequenas para facilitar o processo de compactação no silo (Cardoso; Silva, 1995; Carvalho et al., 2015). Neumann et al. (2007) recomendam tamanhos entre 0,2 cm e 0,6 cm, os quais favorecem a compactação eficiente, promovendo a expulsão do oxigênio residual e aprimorando a qualidade microbiológica do produto final. Já Cardoso et al., (2011), sugerem partículas entre 0,5 cm e 2,0 cm, destacando a importância de vedar o silo em até três dias após o corte. A compactação adequada é considerada um fator determinante para obtenção de silagem de alto padrão (Cardoso; Silva, 1995; Cândido e Furtado, 2020).

Entre os principais benefícios da silagem, destaca-se a possibilidade de ofertar alimento volumoso de elevada qualidade durante períodos de escassez hídrica, quando as pastagens não conseguem suprir as exigências nutricionais dos animais. O armazenamento em estruturas apropriadas, como silos, assegura a estabilidade do fornecimento de alimento ao longo do ano, contribuindo tanto para a produção de leite quanto para a produção de carne. Além disso, a prática da ensilagem permite um manejo mais eficiente das áreas de pastagem, otimiza o aproveitamento da energia e do teor de MS produzidos por hectare e possibilita o aumento da lotação animal (Novaes et al., 2004).

### 1.2.2 A dinâmica da fermentação e a microbiota envolvida

A presença de umidade no material ensilado cria um ambiente propício ao desenvolvimento de diversos microrganismos, muitos dos quais podem causar deterioração do valor nutritivo. No contexto da conservação em ambiente anaeróbico, o controle da atividade microbiana ocorre pela interação entre a ausência de oxigênio, a fermentação dos açúcares solúveis e a ação das bactérias ácido-láticas (Muck, 2010). Esse processo é essencial para a estabilidade da silagem, ocorrendo após o enchimento, compactação e vedação do silo, quando o oxigênio residual é rapidamente consumido pelas enzimas endógenas da planta, promovendo um ambiente com baixa pressão parcial de oxigênio (McDonald et al., 1991).

Segundo Rotz e Muck (1994), o armazenamento em silos pode ser dividido em quatro fases: pré-selagem, fermentação, estabilidade e utilização. A fermentação pode ainda ser classificada em três etapas, consecutivas (Machado et al. (2012) e D'Oliveira e Oliveira (2014), sendo a primeira, de natureza aeróbica, com início no momento do corte e compactação, marcada pela respiração celular, elevação da temperatura e consequente perda de energia. Essa fase, que pode durar até 72 horas, deve ser encerrada rapidamente para evitar perdas qualitativas, como o escurecimento do material causado pela reação de Maillard, a qual compromete o valor nutricional da silagem (Guimarães Junior e Pereira, 2008).

Na segunda etapa, já em ambiente anaeróbico, inicia-se a fermentação propriamente dita, que pode durar de 24 a 72 horas. Nesta fase, enterobactérias e bactérias heterofermentativas são as primeiras a atuar, resistindo ao calor e ao ácido acético. A rápida redução do pH é promovida inicialmente por essas bactérias e, em seguida, por bactérias homofermentativas, cuja ação aumenta a produção de ácido lático. A fermentação se estabiliza quando o pH atinge valores próximos a 4,0, completando-se entre 10 e 14 dias. A terceira fase é a de estabilidade, caracterizada pela manutenção do pH e conservação do material, desde que o ambiente anaeróbico seja preservado.

D'Oliveira e Oliveira (2014) menciona ainda uma quarta fase, denominada deterioração aeróbica, que se inicia com a reintrodução de oxigênio no momento da abertura do silo. Leveduras e bactérias deterioradoras consomem os ácidos produzidos, elevando o pH e a temperatura, o que favorece o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Idealmente, uma silagem de boa qualidade deve conter cerca de 80% de ácido lático em

relação ao total de ácidos produzidos, apresentando odor característico de fermentado láctico, e não alcoólico (Duarte et al., 2011).

O processo fermentativo da ensilagem envolve uma comunidade microbiana diversa, composta por bactérias e fungos com diferentes exigências ambientais. A maior parte dessa microbiota é formada por microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos, enquanto as bactérias ácido-láticas, embora em menor número, exercem papel fundamental na preservação do material (Muck, 2010).

Dentre os microrganismos indesejáveis, destacam-se os clostrídios, bactérias esporuladas que permanecem latentes nas forragens até que encontrem condições favoráveis à germinação, sobretudo ambientes anaeróbios. Uma vez ativadas, essas bactérias produzem ácido butírico e promovem a degradação proteica, o que compromete a qualidade da silagem (McDonald *et al.*, 1991). Muck (2010) descreve três mecanismos de ação prejudicial: fermentação de proteínas (clostrídios proteolíticos), fermentação de carboidratos (*Clostridium butyricum*) e fermentação de açúcares específicos (*Clostridium tyrobutyricum*).

As enterobactérias, por sua vez, são anaeróbias facultativas que utilizam açúcares e aminoácidos como substratos, gerando ácido acético como principal produto. Inicialmente competem com as bactérias lácticas pelos substratos, mas são inibidas com a queda do pH (Muck, 2010). Algumas bactérias acéticas toleram ambientes ácidos e, na ausência de etanol, consomem o próprio ácido acético, liberando CO<sub>2</sub> e água, o que provoca aumento do pH e favorece o crescimento de microrganismos deterioradores. Ainda, resíduos vegetativos, como sabugos mal picados, podem formar microambientes favoráveis ao desenvolvimento de fungos e bactérias após a abertura do silo, afetando negativamente a estabilidade aeróbia (Jobim et al., 1997).

As bactérias ácido-láticas pertencem a diferentes gêneros, como *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* e *Lactobacillus*. Essas bactérias, em sua maioria, são anaeróbias facultativas e metabolizam carboidratos solúveis como principal fonte energética (Muck, 1988; McDonald *et al.*, 1991). São classificadas em homofermentativas, que produzem exclusivamente ácido láctico, e heterofermentativas, que geram também ácido acético, etanol e dióxido de carbono (Muck, 2010).

Leveduras estão fortemente associadas à deterioração da silagem. Elas consomem tanto carboidratos quanto ácido láctico, sendo capazes de crescer em ambientes com pH abaixo de 3,5, desde que haja oxigênio. Esse metabolismo contribui para a elevação

do pH, criando condições ideais para a multiplicação de microrganismos secundários. Algumas espécies continuam ativas mesmo após o fim da fermentação (anaerobicamente), convertendo açúcares residuais em etanol (> 20/kg/MS) (Muck, 2010).

Os fungos filamentosos, ou bolores, apresentam crescimento mais lento e exigem oxigênio para se desenvolver. Apesar de não serem os principais agentes da deterioração, sua presença indica elevada exposição ao ar e perda considerável da qualidade. Certos fungos ainda podem produzir micotoxinas, que representam riscos à saúde dos animais, principalmente ruminantes (Faria et al. 2022; Muck, 2010).

Segundo Guimarães Júnior e Pereira (2008), os processos fermentativos mais eficientes são aqueles que promovem a mínima alteração das características nutricionais da forragem original. Isso depende da população microbiana presente, da quantidade de ácido láctico produzido, da consequente redução do pH e da disponibilidade de carboidratos solúveis entre 5% e 8%, que atuam como substratos para as bactérias ácido-láticas.

### 1.2.3 Fatores Críticos para o Sucesso da Ensilagem

Um aspecto importante que pode influenciar diretamente a compactação do silo é a presença de oxigênio, que interfere na fermentação responsável pela conservação do material e também afeta o padrão de mastigação dos ruminantes, reduzindo a produção (Cândido e Furtado, 2020; Rêgo et al., 2015).

Para auxiliar na avaliação do tamanho das partículas, utiliza-se um conjunto de quatro peneiras (Penn State®) dispostas em ordem decrescente, contendo esferas de diferentes diâmetros para reter partículas variadas. Essas esferas têm diâmetros de 19 mm, 8 mm, 4 mm e uma peneira de fundo sólido (sem esferas). As concentrações ideais de forragem e/ou silagens retida em cada peneira são de 3 a 8% na primeira (19 mm), 45 a 65% na segunda (8 mm), 20 a 30% na terceira (4 mm) e no máximo 10% na peneira de fundo sólido, considerando o peso da amostra inicial (Henrichs; Jones, 2013).

Segundo McDonald *et al.*, (1991), partículas menores que 2,5 cm favorecem o desenvolvimento de bactérias ácido-láticas, aumentando a conservação da silagem. Neumann *et al.*, (2007) observaram melhor compactação, temperatura e pH na desensilagem com partículas entre 0,2 e 0,6 cm. O tamanho ideal para o corte, conforme Novaes et al., (2004) e Guimarães Junior e Pereira (2008), é 2 cm, sendo desaconselhado

ultrapassar 3 cm. Cardoso et al., (2011) apontam que granulometrias entre 0,5 e 2,0 cm promovem melhor compactação, qualidade da fermentação e digestibilidade do material. Resende et al., (2017) indicam que o tamanho correto está entre 0,8 e 1,5 cm.

De acordo com D'Oliveira e Oliveira (2014) e Cândido e Furtado (2020), o tamanho médio das partículas da silagem deve ser até 2 cm, pois partículas muito pequenas podem causar perdas excessivas de matéria seca, principalmente em materiais com menos de 30% de MS. Tonucci (2013) recomenda partículas entre 2 e 3 cm, pois tamanhos menores que 2 cm podem gerar perdas nutricionais por efluentes. Ferreira (1991) sugere granulometria próxima a 1 cm para silagem de milho de boa qualidade. Carvalho et al., (2015) destacam que partículas menores que 0,8 cm reduzem o consumo e o tempo de ruminação dos animais, prejudicando o aproveitamento nutricional, enquanto partículas maiores que 1,5 cm dificultam a compactação do silo e aumentam as sobras no cocho após a alimentação.

A remoção do oxigênio é essencial para preservar a qualidade do material ensilado, sendo recomendado o uso de equipamentos com peso mínimo correspondente a 40% da massa descarregada por hora (SENAR, 2011; Duarte et al., 2011). Conforme Resende et al. (2017), a University of Wisconsin-Madison desenvolveu uma fórmula para calcular o peso ideal do trator ou compactador, baseada na quantidade de forragem descarregada por hora. A orientação é multiplicar esse valor (em toneladas) por 360; assim, para 4 toneladas por hora, o equipamento deve pesar ao menos 1.440 kg para atingir uma densidade de  $700 \text{ kg.m}^{-3}$ .

A compactação insuficiente favorece a atividade de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos facultativos, que consomem os açúcares presentes utilizando o oxigênio disponível (Machado et al., 2012). A forragem deve ser carregada até 72 horas após o corte, depositada em camadas médias de 40 cm e compactada com tratores (D'Oliveira; Oliveira, 2014). Novaes et al., (2004) apoiam essa espessura máxima, especialmente para silagem de milho, enquanto Carvalho et al., (2015) e Resende et al. (2017) sugerem camadas de 20 cm antes da compactação.

Na literatura há uma ampla variação dos resultados que define a densidade ideal de um silo para preservar a qualidade do material ensilado com valores entre  $400 \text{ kg.m}^{-3}$  a  $800 \text{ kg.m}^{-3}$  (Tomich et al., 2003; SENAR, 2011; Novaes et al., 2004; Duarte et al., 2011; Tonucci 2013; Sales 2015). Essa diferença de resultados pode estar relacionada ao teor de matéria seca da biomassa ensilada, a granulometria entre outros fatores. Contudo, existe um

consenso de que um valor de compactação em torno de 550 kg.m<sup>-3</sup> é suficiente para se obter uma qualidade do material ensilado (Loures *et al.*, 2003). Granulometria inadequada e compactação deficiente aumentam a entrada de ar na abertura do silo, acelerando a deterioração do material (Santos et al, 2013; Ferreira, 1991).

A estabilização da silagem ocorre quando o pH se mantém em torno de 4,2 e a produção de ácido láctico fica entre 1 e 2%, processo que leva de 21 a 27 dias após a ensilagem, momento em que o produto está pronto para uso (Novaes et al., 2004).

Após a abertura, é essencial tomar cuidado com bolores, fermentação butírica, odor alcoólico e partes escurecidas, que devem ser retiradas antes do fornecimento (Novaes et al., 2004). Segundo Duarte et al., (2011), a fermentação completa acontece entre 18 e 21 dias, exceto em ambientes com temperaturas amenas extremas, recomendando-se retirar diariamente fatias de 15 a 20 cm da superfície.

SENAR (2011) e Guimarães Júnior e Pereira (2008) indicam que o silo deve ser utilizado no mínimo 30 dias após a vedação. Sales (2015) reforça que a abertura antes de 30 dias não é recomendada, sugerindo, como o ideal, a utilização do material ensilado após 60 dias da ensilagem. O corte diário deve ser uniforme, removendo camadas mínimas de 20 cm para evitar o contato excessivo com oxigênio (Novaes *et al.*, 2004; Sales, 2015). Já Ferreira (1991), após a abertura, ocorrem processos oxidativos e fermentações aeróbicas que consomem substâncias importantes para a produção ou manutenção animal, assim recomenda-se a retirada diária de fatias de 15 cm de espessura.

### **1.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SILAGENS**

#### **1.3.1 Análises físicas e químico-bromatológicas tradicionais**

Antes de avaliar a silagem em si, é essencial analisar a forragem que será ensilada, pois ela representa a matéria-prima do processo de conservação. Devem ser observados parâmetros como: quantidade de folhas (kg), altura e peso das plantas (kg), produtividade de massa verde e seca (kg.ha<sup>-1</sup>), produção de espigas e grãos (quando houver), além da presença de doenças (Neumann et al., 2011, citado por Marcondes et al., 2012).

De acordo com Cardoso et al. (2011), a avaliação da silagem deve incluir os teores de MS, FDN, FDA, NDT, DIVMS, CZ, EE, PB, lignina, CNF e estimativas energéticas. Segundo Tomich et al. (2003), para garantir uma silagem de boa qualidade,

alguns critérios químicos devem ser atendidos: pH próximo de 4,2, teor de nitrogênio amoniacal até 10% do nitrogênio total, ácido butírico entre 0 e 0,1%, e ácido acético até 2,5%, o que indica uma fermentação adequada. D'Oliveira e Oliveira (2014) também recomendam a análise do ácido lático, que deve estar entre 6% e 8%.

D'Oliveira e Oliveira (2014), destaca ainda outros indicadores de qualidade como o odor da silagem, que deve ser suave e agradável, odores frutados, pútridos, de vinagre ou queimado indicam fermentação indesejada, a presença de chorume, que revela excesso de umidade, e o tamanho das partículas, sendo ideal que sejam pequenas, uniformes e com cortes angulados, enquanto partículas grandes, fibrosas e irregulares são indesejadas.

### 1.3.2 Espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS)

A espectrometria de infravermelho próximo (NIRS) utiliza comprimentos de onda próximos ao da luz visível para analisar a composição de materiais. Quando a luz incide sobre a amostra, parte dela é absorvida e parte refletida, dependendo da sua constituição. Essa interação gera um espectro, que é analisado por meio da quimiometria, utilizando regressão multivariada para estimar a composição do material. Os resultados obtidos são calibrados com base em valores de referência determinados por métodos químicos tradicionais (Tibola et al., 2018).

Esse banco de dados formado a partir de diversas amostras do mesmo tipo de ingrediente, chama-se curva de predição, e sua função é deixar os resultados mais fidedignos (Salman et al. 2010). Portanto, o método NIRS pode ser aplicado tanto em análises qualitativas quanto quantitativas e é eficaz em diferentes tipos de amostras, sejam líquidas ou sólidas (Onório; Seixas, 2010).

A técnica abrange a faixa do espectro eletromagnético com comprimentos de onda entre 750 e 2.500 nanômetros, equivalentes a frequências entre  $1,2 \times 10^{14}$  Hz e  $4,0 \times 10^{14}$  Hz, e energias de 0,50 a 1,65 eV. em unidades de número de onda, isso corresponde de  $4.000 \text{ cm}^{-1}$  a  $13.333 \text{ cm}^{-1}$ . Com isso, sua utilização objetiva baixo custo e a rapidez na obtenção dos resultados, o que o torna uma ferramenta eficiente (Tibola et al., 2018; Salman et al. 2010).

### 1.3.3 Análise de coloração como indicador alternativo de qualidade

A análise da silagem, antes de seu uso, é essencial para conhecer sua composição nutricional e possibilitar o cálculo adequado da dieta animal (Cardoso et al., 2011). Através do conhecimento prévio bromatológico do material a ser utilizado, é possível formular a dieta de acordo com os requerimentos nutricionais da categoria em questão, reduzir excreções desnecessárias de nutrientes ou gases, resultando em menor contaminação do meio ambiente, além de minimizar gastos para o sistema de produção (Salman et al, 2010).

Para a realização da análise bromatológica, é necessário seguir alguns procedimentos como coletar amostras em pontos aleatórios do silo, misturá-las para obter uma amostra homogênea, separar uma porção representativa, embalar em plástico vedado com o mínimo de oxigênio, identificar, congelar e, então, enviar ao laboratório. Esses cuidados garantem a preservação da qualidade do material (Schafhauser Junior, 2014). No entanto, muitos produtores podem enfrentar dificuldades para seguir esse protocolo devido à sua complexidade.

Segundo Bernardes et al. (2013), ao avaliar 39 propriedades rurais em Minas Gerais, verificou-se que 92,3% dos produtores não realizavam nenhuma análise bromatológica da silagem, colocando em risco a qualidade da nutrição fornecida aos animais.

A avaliação da silagem pode ser feita por meio de parâmetros físico-químicos, bromatológicos e microbiológicos (Lima et al., 2021). Além das análises laboratoriais, também são possíveis avaliações visuais e sensoriais diretamente no local de armazenamento. D'Oliveira e Oliveira (2014) destacam que essas observações podem indicar a qualidade do material ensilado.

Entre os métodos práticos de avaliação estão a análise do odor, do tamanho das partículas (granulometria) e da coloração da silagem, conforme descrito por Lugão et al. (2011), citado por D'Oliveira e Oliveira (2014). A coloração ideal varia do verde ao verde-amarelado, indicando fermentação adequada. Já tons escuros, como preto ou marrom-escuro, sugerem putrefação. A cor enegrecida também pode ser consequência da reação de Maillard, resultante do superaquecimento no interior do silo (Guimarães; Pereira, 2008).

A cor, inclusive, é uma ferramenta importante na agricultura para indicar a qualidade de alimentos, como frutas e hortaliças (Ferreira; Spricigo, 2017). Os principais sistemas de análise de cor utilizados são CIE XYZ, CIE L\* a\* b\*, CIE LCH, Hunter L a b e RGB (vermelho, verde e azul). O sistema CIE L\* a\* b\* permite uma diferenciação mais

precisa de cores do que a percepção visual humana. Nesse sistema, o eixo  $L^*$  varia do preto (0) ao branco (100), o eixo  $a^*$  do verde (valores negativos) ao vermelho (positivos), e o eixo  $b^*$  do azul (negativos) ao amarelo (positivos) (Pathare et al., 2012; McGuire, 1992).

Para interpretação mais aprofundada das cores, os valores de  $a^*$  e  $b^*$  podem ser usados na equação  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ , resultando no ângulo HUE. Esse ângulo é um atributo qualitativo que representa a tonalidade da cor:  $0^\circ$  indica proximidade aos tons de vermelho,  $90^\circ$  ao amarelo,  $180^\circ$  ao verde e  $270^\circ$  ao azul (Pathare et al., 2012; McGuire, 1992).

## **1.4 SILAGEM DE MILHO (*Zea mays* L.).**

### **1.4.1 Importância e produção no cenário nacional**

O milho, planta originária das Américas, possui grande importância socioeconômica devido à sua ampla aplicabilidade, que vai desde a alimentação animal até o uso em indústrias de alta tecnologia. A maior parte da produção de grãos de milho, cerca de 70%, é destinada à alimentação animal (Duarte et al., 2021). Desde a safra 2018/19, o Brasil consolidou-se como um dos principais produtores e exportadores mundiais de milho, ultrapassando 100 milhões de toneladas na produção e exportando aproximadamente 50 milhões de toneladas (Guimarães, 2024).

Segundo a CONAB (2025), a produção nacional estimada para a safra 2024/25 é de 124,7 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 16,9 milhões de hectares. Esse volume é favorecido pelas condições climáticas nas principais macrorregiões produtoras e resulta em uma produtividade média de  $5.794 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , superior à da safra anterior (2023/24), que foi de 115,65 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

Entre os estados com maior produção destacam-se o Mato Grosso (42,2%), Paraná (13%), Goiás (9,8%), Mato Grosso do Sul (7%) e Minas Gerais (5,3%), que juntos representaram 77,3% da produção nacional na safra 2023/24 (MAPA, 2024).

Para a safra 2033/34, a projeção é de uma produção de 153,1 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 32,3%. Esse crescimento será impulsionado principalmente pela exportação (58,3 milhões de toneladas previstas) e pela produção de etanol de milho, atividade em que o Estado do Mato Grosso se destaca, com 5,92 bilhões de litros produzidos em 2023/24 e expectativa de 6,94 bilhões de litros em 2024/25. O consumo

interno de milho também deve ultrapassar 109 milhões de toneladas, superando os 84,243 milhões consumidos na safra 2023/24 (MAPA, 2024).

Entre a maior utilização do milho produzido, conforme destacado, está a nutrição animal, e, uma das maneiras de utilizar esse alimento para os ruminantes é através da silagem, que consiste em um método de conservação através da fermentação anaeróbica (Oliveira e Martins, 2021). A silagem, também, é uma forma de direcionar alimentação para os ruminantes durante a época seca do ano, prática que ajuda a minimizar as oscilações na produção animal durante meses de menor oferta de alimento pelas pastagens (Novaes et al., 2004).

As principais modalidades de silagem do milho incluem a silagem da planta inteira, de espigas e de grãos úmidos, entre outras, proporcionando flexibilidade ao produtor e possibilitando adequações conforme cada sistema de produção (D'Oliveira e Oliveira, 2014).

No Estado de São Paulo, conforme o Projeto LUPA (2019), citado pelo Instituto de Economia Agrícola (2022), existem mais de 75 mil Unidades de Produção Agrícola (UPAs) voltadas à bovinocultura, com média de 32,5 animais por propriedade. Dentre essas, 5.335 UPAs produzem silagem.

De acordo com Cruz et al. (2021c), o milho apresenta elevado potencial para produção de silagem, podendo atingir 65 t ha<sup>-1</sup> de massa verde e 21,74 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) quando colhido com 33% de MS, conforme dados da safra 2008/09.

Porém, dados apontam que, nas safras 2004/05 e 2005/06, no Estado de São Paulo, as produtividades médias foram de 42 t ha<sup>-1</sup> de massa verde e 17,2 t ha<sup>-1</sup> de MS, valores que sofreram influência tanto da variabilidade genética dos híbridos quanto das condições climáticas locais, demonstrando potencial para melhorias (Paziani e Duarte, 2006).

#### 1.4.2 Parâmetros de qualidade e avaliação bromatológica

A silagem de milho é frequentemente associada a um alimento de alta qualidade, embora isso nem sempre seja verdadeiro. A única forma de garantir a real qualidade da silagem é por meio da análise bromatológica (Pedroso, 2012a). Essa análise permite avaliar detalhadamente a composição do material, facilitando a formulação adequada de dietas para resultados eficientes. Entre os principais parâmetros está a matéria

seca (MS), que deve variar entre 32 e 37%, considerando a fibra total sem umidade, pois, segundo Silva e Queiroz (2006), a MS serve como base para outras análises. Pedroso (2012b) ressalta também a importância do grau de maturação do grão na colheita, já que grãos mais maduros são menos aproveitados pelos bovinos.

Conforme Cruz et al., (2008), o principal erro dos produtores está na identificação incorreta do teor ideal de MS. Além disso, a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) deve ser inferior a 50%, pois influencia diretamente o consumo, enquanto a fibra em detergente ácido (FDA) deve ficar abaixo de 30%, pois mede as frações indigestíveis como lignina e celulose.

Outros parâmetros importantes são os nutrientes digestíveis totais (NDT), que se relacionam diretamente com a energia da silagem e devem ser superiores a 66%; as cinzas, que indicam minerais presentes e devem ultrapassar 3%; o extrato etéreo, que mede a gordura e deve ser acima de 3%; e a proteína bruta (PB), que deve estar no mínimo em 7,5%, com Cruz et al., (2021a) citando valores entre 6 e 9%. A lignina deve ser inferior a 5%, devido ao seu efeito negativo na digestibilidade. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) precisa ser superior a 66%, pois está relacionada ao aproveitamento do alimento. A porcentagem de carboidratos não fibrosos (CNF) e amido deve ultrapassar 25%, devido à sua relação com o NDT e a energia. Por fim, as energias líquidas para ganho, manutenção e lactação devem ser maiores que 1 kcal cada (Duarte et al., 2011).

Cruz et al., (2021a) recomendam colher o milho com teor de MS entre 32 e 35%, já que umidade elevada favorece a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*, produtoras de ácido butírico, além de causar perdas nutricionais por efluentes, enquanto um teor muito baixo dificulta a compactação do material (Silva, 2001).

Para manter o equilíbrio do ambiente ruminal, é fundamental a presença de fibras fisicamente efetivas (FDN efetivo), que estimulam a ruminação e a liberação de substâncias tamponantes naturais, preservando o pH ideal. O tamanho das partículas e os teores de FDN devem ser adequados, níveis até 50% (Cruz et al., 2021a), pois excesso limita o consumo. Partículas maiores aumentam o FDN fisicamente efetivo (Pедroso, 2012b). O FDA representa a fração menos digerível, composta por lignina e celulose após aplicação do detergente ácido (Silva; Queiroz, 200), afetando a digestibilidade do material. Cruz et al., (2021a) consideram aceitável um FDA de até 30% em relação à MS. A lignina, por sua vez, não deve ultrapassar 5%, pois limita a digestibilidade (Cardoso et al., 2011).

Oliveira (1998) destaca que a qualidade da silagem deve ser avaliada com pelo menos quatro análises: matéria seca, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB). Silva (2001) e Neumann (2011) apud Marcondes *et al.* (2012) indicam o NDT como parâmetro para avaliar a energia, recomendando níveis iguais ou superiores a 70% da MS. Pedroso (2012a) lembra que a silagem de milho é rica em energia, podendo conter até 30% de amido, mas pobre em alguns nutrientes como proteína bruta (7 a 9%), cálcio, potássio, enxofre, fósforo, zinco, manganês, iodo e cobalto.

Lanes *et al.*, (2006) indicam que uma silagem de qualidade deve apresentar pH inferior a 4,2, ácido butírico abaixo de 0,1% e ácido láctico entre 6 e 8%. Oliveira (1998) acrescenta que silagens de boa qualidade devem conter ácido butírico <0,1%, ácido acético <0,2%, ácido propiônico entre 0,0 e 1,0%, ácido láctico entre 6,0 e 8,0% e pH entre 4,0 e 4,5. Outro critério é a porcentagem de grãos na MS, que deve variar entre 30 e 40%, indicando um alimento não totalmente volumoso devido ao alto teor de grãos (Pedroso, 2012b).

Neumann (2011) apud Marcondes *et al.*, (2012) recomendam que híbridos de milho para silagem forneçam pelo menos 70% de NDT, mais de 30% de amido na MS, 2 a 5% de extrato etéreo, além de produzirem 18 t/ha de matéria seca, 7 t/ha de grãos e ter pelo menos 35% de grãos na MS. Cardoso *et al.*, (2011) ressaltam que o extrato etéreo serve para medir a gordura da silagem, com ideal acima de 3%. Eles também relacionam o amido ao NDT, recomendando níveis acima de 25% da MS, valor semelhante para CNF. Em estudo de Cappelle *et al.*, (2001), a digestibilidade *in vitro* da MS variou entre 53,73 e 65,79%, enquanto a digestibilidade da matéria orgânica ficou entre 56,49 e 66,60%. A avaliação da DIVMS é essencial para medir o aproveitamento da MS, relacionado ao FDA, e níveis acima de 66% são considerados ideais (Cardoso *et al.*, 2011).

## **1.5 SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU (*Cenchrus purpureus*)**

### **1.5.1 Relevância do cultivo e da conservação do BRS Capiaçú**

Embora culturas tradicionais como o milho e o sorgo sejam amplamente utilizadas na produção de silagem, os altos custos associados à sua implantação e manejo representam um entrave, sobretudo para pequenos produtores. No entanto, a estocagem de

volumoso para o período seco permanece uma exigência indispensável para garantir a sustentabilidade da produção pecuária. Nesse contexto, o capim-elefante BRS Capiáçu tem se destacado como alternativa de baixo custo e elevada produtividade, sendo uma excelente opção para suplementação alimentar de ruminantes (Retore et al., 2020).

Tanto na pecuária leiteira quanto na de corte, é essencial o planejamento estratégico da produção ou aquisição de forragem conservada para suprir a carência alimentar durante a estiagem, conforme ressalta Oliveira (2023). Devido à sua expressiva produção de massa verde, o BRS Capiáçu é particularmente vantajoso para pequenas propriedades rurais, permitindo tanto a colheita mecanizada quanto manual. Ainda, segundo Pereira et al. (2021), essa cultivar apresenta até 30% de incremento na produção de biomassa em comparação a outras variedades de capim-elefante, atingindo produtividade média de até 300 toneladas de matéria verde por hectare ao ano, distribuídas em três cortes.

De acordo com dados de Pereira et al. (2016), a silagem de BRS Capiáçu é 57% mais econômica que a de milho, 43% mais barata que a de sorgo e 42% inferior em custo à silagem de cana-de-açúcar. Outro diferencial é a versatilidade de utilização, podendo ser fornecido aos animais tanto na forma de forragem picada (verde), quanto ensilada, sendo esta última a mais comum (Oliveira, 2023; Retore, 2018).

### 1.5.2 Aspectos agronômicos e manejo do BRS Capiáçu

A cultivar BRS Capiáçu, desenvolvida pela Embrapa Gado de Leite, é propagada exclusivamente por colmos e apresenta florescimento tardio, normalmente entre os meses de julho e agosto. Sua morfologia é composta por touceiras eretas, com cerca de 30 perfilhos por metro quadrado, altura média de 4,2 metros, colmos com diâmetro aproximado de 1,6 cm e internódios de 16 cm. As folhas são largas, com média de 5,17 cm de largura e 106 cm de comprimento, exibindo coloração verde com nervura central esbranquiçada (Pereira et al., 2016; Pereira et al., 2021).

O período ideal para o plantio na região Sudeste ocorre entre outubro e janeiro, quando predominam temperaturas elevadas e alta umidade (Gomes et al., 2024). No plantio, utiliza-se colmos com idade entre 120 e 150 dias e comprimento de 50 a 60 cm. Alternativamente, pode-se produzir mudas previamente formadas em recipientes e posteriormente transplantadas para o campo, com espaçamento de 1,30 m entre linhas quando se adota a colheita mecanizada (Pereira et al., 2021), porém, se a colheita for manual,

pode-se utilizar espaçamento de 0,8 a 1,0 entre linhas, possibilitando maior densidade populacional de plantas (Neiva, 2016).

O BRS Capiaçú destaca-se pelo elevado potencial produtivo, alcançando até 50 toneladas de matéria seca (MS) por hectare ao ano, ou 300 toneladas de matéria verde (MV) por hectare em três cortes anuais (Pereira et al., 2021). Apresenta boa tolerância ao estresse hídrico, desde que o solo possua alta fertilidade e boa drenagem, uma vez que, seu cultivo é recomendado principalmente para regiões inseridas no bioma Mata Atlântica (Pereira et al., 2016).

Sua longevidade produtiva pode atingir até 15 anos sem replantio, desde que sejam adotadas práticas adequadas de manejo. A calagem deve ser realizada com antecedência mínima de 60 dias, visando elevar a saturação por bases a 60%. A adubação de plantio deve conter entre 100 e 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos sulcos, dada a baixa disponibilidade de fósforo nos solos tropicais. Quando os teores de potássio no solo estiverem abaixo de 58 mg.kg<sup>-1</sup>, recomenda-se aplicação de 80 a 100 kg.ha<sup>-1</sup> do nutriente. A inclusão de micronutrientes, entre 30 e 50 kg.ha<sup>-1</sup>, deve ocorrer juntamente à primeira adubação de cobertura (Pereira et al., 2021).

A adubação de cobertura anual, no primeiro ano, deve totalizar entre 1.200 e 1.400 kg.ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 20-05-20, fracionados em três aplicações: a primeira aos 50 dias após o plantio, a segunda no início do período chuvoso e a terceira entre 10 e 15 dias após o corte realizado em março ou abril. A partir do segundo ano, a recomendação é de 1.000 kg.ha<sup>-1</sup> por ano, divididos em duas parcelas: metade no início das chuvas e metade após o corte principal (Pereira *et al.*, 2021). A adução orgânica também é aceitável, sendo recomendável o uso de dejetos animais (Neiva, 2016).

### 1.5.3 Aspectos técnicos da ensilagem do BRS Capiaçú

De acordo com Pereira et al., (2021), o momento ideal para a ensilagem do BRS Capiaçú não deve ser definido com base na idade ou estatura das plantas, mas sim no teor de matéria seca (MS), sendo recomendados valores entre 18% e 20%. Esse intervalo é geralmente alcançado por volta dos 90 dias após o corte anterior. Quando a MS está abaixo de 18%, recomenda-se o uso de aditivos energéticos, como o fubá de milho, com o objetivo de favorecer o processo fermentativo.

Considerando que o BRS Capiaçú não atinge naturalmente os níveis ideais de MS para ensilagem, entre 28% e 34%, é fundamental adotar medidas para reduzir o teor de umidade da forragem. Uma das estratégias mais eficazes é a incorporação de fontes de matéria seca, como sabugo de milho triturado ou fubá, na proporção de 5% a 15%, ajustada conforme a umidade presente no momento do corte. Paula et al., (2020) indicam especificamente a adição de 10% de fubá, prática que contribui para minimizar perdas fermentativas e elevar o valor nutricional da silagem (Retore et al., 2020).

Alves et al., (2019) observaram que cortes realizados aos 60 dias proporcionam melhores parâmetros nutricionais em relação aos efetuados aos 90 e 120 dias, independentemente do manejo da adubação de cobertura. No entanto, Retore (2018) aponta que cortes entre 100 e 110 dias são vantajosos por apresentarem maiores teores proteicos e melhor digestibilidade, ainda que exijam estratégias complementares como pré-secagem ou uso de aditivos devido à elevada umidade.

A janela de corte mais indicada se situa entre 90 e 110 dias, conciliando adequadamente os aspectos nutricionais com o teor ideal de matéria seca (Retore, 2024). Uma das principais limitações das gramíneas tropicais na ensilagem é a baixa concentração de carboidratos solúveis, essenciais para a fermentação láctica (Pereira et al., 2008). No entanto, essa restrição é menos expressiva no BRS Capiaçú. O desafio predominante está na alta umidade do material, que pode resultar em excessiva produção de efluentes e favorecer o crescimento de microrganismos indesejáveis, como *Clostridium spp.*, comprometendo a estabilidade e a qualidade do produto final (Oliveira, 2023).

Segundo Oliveira (2023), trabalhar com silagens que possuam entre 20% e 22% de MS representa uma alternativa viável para redução das perdas por efluentes, sem comprometer a qualidade do material conservado. Outro fator técnico importante é o tamanho das partículas da forragem. Recomenda-se o picado entre 10 e 15 mm, pois essa granulometria favorece a compactação, promove condições ideais para a fermentação e permite a abertura do silo após um período mínimo de 30 dias de vedação (Pereira et al., 2021).

#### 1.5.4 Qualidade nutricional da forragem e da silagem do BRS Capiaçú

O capim-elefante BRS Capiaçú destaca-se pelo alto potencial produtivo, com rendimento médio de aproximadamente 100 toneladas de massa verde por hectare em cada corte. Aos 90 dias de crescimento, as plantas alcançam cerca de 3,6 metros de altura, com produção estimada de 108,5 t/ha de massa natural e 17,5 t/ha de matéria seca, o que

corresponde a um teor de matéria seca (MS) de aproximadamente 16%. Nesse estágio, a composição bromatológica da forragem apresenta, em média, 6% de proteína bruta (PB), 68,2% de fibra em detergente neutro (FDN), 7% de lignina e 46,2% de nutrientes digestíveis totais (NDT). A silagem produzida a partir desse material apresenta 18% de MS, 5,3% de PB, 72,2% de FDN, 7,6% de lignina, 46,8% de NDT e pH de 3,9 (Pereira et al., 2016).

Aos 110 dias, o BRS Capiaçú atinge aproximadamente 4,1 metros de altura, com produtividade de 112,2 t/ha de massa natural e 22,5 t/ha de matéria seca, o que equivale a um teor de MS de 19,7%. Nessa fase, a forragem contém 5,6% de PB, 68,6% de FDN, 7,7% de lignina e 45,6% de NDT. A silagem obtida nesse ponto apresenta 20,4% de MS, 5,1% de PB, 73,8% de FDN, 9% de lignina, 45,4% de NDT e pH de 3,8 (Pereira et al., 2016).

De acordo com Paula et al. (2022), o BRS Capiaçú aos 60 dias de rebrota apresenta composição bromatológica superior, com 8,08% de PB, 2,85% de extrato etéreo (EE), 55,9% de NDT, 16,4% de carboidratos não fibrosos (CNF), além de 63% de FDN, 43% de fibra em detergente ácido (FDA) e 6,78% de lignina. Contudo, o elevado teor de umidade nessa fase representa um desafio para a ensilagem, podendo comprometer a qualidade final do produto.

Em comparação à silagem de cana-de-açúcar, a silagem de BRS Capiaçú possui maiores teores de proteína bruta, embora ainda inferiores aos verificados nas silagens de milho e sorgo. Por outro lado, o menor teor de NDT compromete parcialmente o valor energético, exigindo suplementação com concentrados para garantir adequado desempenho animal (Pereira et al., 2016). Retore (2024) aponta que a silagem de BRS Capiaçú apresenta, em média, 5,5% de PB, reforçando a importância de seu uso estratégico em sistemas de produção, associada a outras fontes nutricionais para formulação de dietas equilibradas.

Diante disso, mesmo com as perdas nutricionais progressivas causadas pelo avanço da maturação, Neiva (2025) recomenda a ensilagem do BRS Capiaçú quando o teor de MS estiver próximo de 20%, visando otimizar o equilíbrio entre valor nutritivo e estabilidade da silagem.

## 1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M. S.; COORS, J. G.; ROTH, G. W. Corn Silage. **Silage Science and technology**. Agronomy Monograph 42, p. 547-608. 2003.
- ALVES, J. P.; RETORE, M.; ORRICO JUNIOR, M. A. P. Composição química da BRS Capiapu em função da idade de corte e adubação nitrogenada, na região sul de MS. In: 1º congresso internacional – Ciências agropecuárias. Universidad Nacional de Concepción. Paraguai. 2019. **Anais/Resumos**. 2019. 4p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1120198/1/36955.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2025.
- BARBEIRO, R. P.; RIBEIRO, A. C. de C.; MOURA, A. M.; LONGHINI, V. Z.; MATTOS, T. F. de A.; BARBEIRO, M. M. D. Potencial produtivo de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura. **Ciência animal brasileira**. v.22. 2021.
- BARROCAS, G. E. G.; TANURE, J. P. M.; GOMES, R. da C. **Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras – Compêndio de POPs**. Brasília-DF. Embrapa. 2017. 142p. (Documentos 236).
- BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S.; LIMA, L. M.; SILVA, N. C. Produção e uso de silagens em fazendas leiteiras em três mesorregiões do Estado de Minas Gerais. **Revista ciências agrárias – Amazonian Journal**. v.56. n.2. p.133-138. 2013.
- BEZERRA, J. D. C.; SILVA, N. V.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S.; CASTRO, F. M.; CARVALHO, A. P. C.; FRANÇA, S. A.; BARBOSA, S. N. Influências na qualidade de forragem durante o armazenamento. **Nucleus Animalium**. v.12, n.2, 2020.
- CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. Estoque de forragem para a seca: Produção e utilização de silagem. **Imprensa Universitária UFC**. 194p. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020\\_liv\\_mjdcandido.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020_liv_mjdcandido.pdf). Acesso em: 05 de novembro de 2025.
- CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista brasileira de zootecnia**. 30(6):1837-1856, 2001.
- CARDOSO, D. A. D. B.; OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, J. J. Produção e uso de silagem. Capítulo 18. In: Cruz, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho – O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Infoteca-e Embrapa. 2011. p. 280-296.
- CARDOSO, E. G.; SILVA, J. M. **Silos, silagem e ensilagem**. Campo Grande-MS. Embrapa. n.2. 1995.
- CARDOSO, E. G.; SILVA, J. M. **Silos, silagem e ensilagem**. Embrapa gado de corte. n.2. 1995. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD02.html>. Acesso em: 10 de abril de 2025.
- CARVALHO, D. O; CHAVES, F. F.; MIRANDA, J. E. C.; OLIVEIRA, J. S.; BERNARDO, W. F.; MAGALHÃES, V. M. A. **Sete passos para uma boa silagem de milho – Cartilha adaptada ao letramento do produtor**. Embrapa. p. 32. 2015.

CONAB. **Produção de grãos deve chegar a 298,6 milhões de toneladas na safra 2023/2024.** Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-deve-chegar-a-298-6-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

CONAB. **Produção de grãos é estimada em 330,3 milhões de toneladas na safra 2024/25.** 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-e-estimada-em-330-3-milhoes-de-toneladas-na-safra-2024-25>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; NETO, M. M. G. **Milho para silagem.** Embrapa. 2021a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-para-silagem>. Acesso em: 22 de março de 2025.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; NETO, M. M. G.; ALBERNAZ, W. M. **Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita.** Embrapa. 2008. 7p. (Circular técnica 112) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491771/1/Circ112.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2025.

CRUZ, S. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. **Milho para silagem.** Ageitec. Embrapa. 2021c. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-para-silagem>. Acesso em: 16 de julho de 2025.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. **Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro.** Juiz de Fora, MG. Embrapa. 2014. 10p. (Comunicado Técnico 74) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/991566/1/COT74PersioProducaodeSilagemdeMilhoparaSuplementacaodoRebanhoLeiteiro.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2025.

DUARTE, A. P.; GERAGE, A. C.; TSUNECHIRO, A. *et al.* **Milho – O produtor pergunta, a Embrapa responde.** Embrapa informações tecnológicas. p. 338. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/921542>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

DUARTE, J. de O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Milho - Importância socioeconômica.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

FARIA, M.; MASCARIN, G. M.; SOUZA, D. A.; LOPES, R. B. **Controle de qualidade de produtos comerciais à base de fungos para o manejo de invertebrados (insetos, ácaros, nematoides) em sistemas agropecuários.** Brasília-DF. Embrapa. 2022. 50p. (Documentos 377).

FERREIRA, J. J. **Aspectos importantes para melhor qualidade da silagem de milho e maior eficiência na sua utilização.** Sete Lagoas – MG. 1991. Embrapa. 86p. (Circular técnica 14).

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colometria – princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos-SP. Capítulo 1. p.209-220. 2017.

GOMES, F. de K.; SILVA, K. T.; LIMA, N. M. F.; MELO, L. G. P. **BRS Capiaçú: informações importantes para implantação da forrageira na propriedade**. EPAMIG – Pesquisa Agropecuária. 2024. 5p. (Circular técnica. n.414). Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2024/11/CT-414.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2025.

GUIM, A. Produção e avaliação de silagem. In: SIMPÓSIO PO DE FORRAGEIRAS NATIVAS, 3., 2002. Anais... Área: UFPB, 2002. CD-ROM. Apud. PEREIRA, R. G. de A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; MAGALHÃES, J. A. **Processos de ensilagem e plantas a ensilar**. Porto Velho – RO. Embrapa. 2008. p.13. (Documento 124).

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L. G. R. **Como proceder para produzir uma boa silagem**. Embrapa – infoteca-e. p. 2. 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/158828/1/LuisGustavaocpat sa.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L. G. R. **Como proceder para produzir uma boa silagem**. Embrapa – infoteca-e. p. 2. 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/158828/1/LuisGustavaocpat sa.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

GUIMARÃES, L. J. M. **Artigo: Dia nacional do milho – A importância do milho para o agronegócio brasileiro**. Embrapa. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/89583335/artigo-dia-nacional-do-milho---a-importancia-do-milho-para-o-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

HEINRICHS, J.; JONES, C. M. **The penn state particle separator**. Department of Animal Science. Penn state extension. Pennsylvania State University. DSE 2013-186, 2013.

Instituto de Economia Agrícola. **A bovinocultura em sistema misto de produção na região de atuação da APTA regional de Presidente Prudente**. v.17. n.9. 2022. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-52-2022.pdf>. Acesso em: 16 de julho de 2025.

JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. de A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 32. n. 2. p. 201-204. 1997.

LANE, E. C.de M.; OLIVEIRA, J. S.; LOPES, F. C. F.; VILLANI, E. M. A. Silagem de milho como alimento para o período da estiagem: como produzir e garantir boa qualidade. **CES Revista**. 14p. 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/595910/1/Silagem-de-milho-como-alimento-para-o-periodo-da-estiagem.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2025.

LIMA, L. E. G.; RAMOS, M. L.; CABRAL, G. H.; PEREIRA, S. L. A.; LOPES, N. P. Avaliação físico-química, bromatológica e microbiológica de silagens produzidas de resíduos de tambaqui. In: 9º congresso brasileiro de aquicultura e biologia aquática. **Anais/Resumos**. 2021. 1p.

MACHADO, F. S.; JUNIOR, R. G.; TEIXEIRA, A. de M.; CAMPOS, M. M.; PEREIRA, L. G. R. In: VI Simpósio mineiro e I Simpósio nacional sobre nutrição de gado de leite.

Departamento de zootecnia – Escola de Veterinária da UFMG. **Anais/Resumos**. 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/949089/1/Qualidade-na-producao-de-silagens.pdf>. Acesso em: 11 de abril de 2025

MAPA. **Projeções do agronegócio – Brasil 2023/24 a 2033/34 Projeções a longo prazo**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The biochemistry of silage. **Chalcombe publications**. Marlow: Second edition, 1991. 340p.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **Feature**. vol. 27, n.12, p. 1254- 1255, 1992.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**. Vol. 71, p.2992-3002, n. 11, 1988. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(88\)79897-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(88)79897-5/pdf). Acesso em: 22 de setembro de 2023.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, p. 183-191. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/ynGDVy5rLyTQPPWMjHssmDM/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 14 de abril de 2025.

NEIVA, R. **Alta produção de biomassa impulsiona uso da BRS Capiacu na geração de energia renovável**. Embrapa – Objetivos de desenvolvimento sustentável. 2025. Disponível em: [https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/busca-de-noticias/-/noticia/100041743/alta-producao-de-biomassa-impulsiona-uso-da-brs-capiacu-na-geracao-de-energia-renovavel?p\\_auth=5jtPzeT7#:~:text=Toler%C3%A2ncia%20a%20estresses%20clim%C3%A1ticos,-Outras%20caracter%C3%ADsticas%20positivas&text=ao%20estresse%20h%C3%ADrico.-,Embora%20haja%20redu%C3%A7%C3%A3o%20do%20crescimento%20durante%20a%20seca%2C%20o%20capim,meu%20rebanho%E2%80%9D%2C%20afirma%20Ventura](https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/busca-de-noticias/-/noticia/100041743/alta-producao-de-biomassa-impulsiona-uso-da-brs-capiacu-na-geracao-de-energia-renovavel?p_auth=5jtPzeT7#:~:text=Toler%C3%A2ncia%20a%20estresses%20clim%C3%A1ticos,-Outras%20caracter%C3%ADsticas%20positivas&text=ao%20estresse%20h%C3%ADrico.-,Embora%20haja%20redu%C3%A7%C3%A3o%20do%20crescimento%20durante%20a%20seca%2C%20o%20capim,meu%20rebanho%E2%80%9D%2C%20afirma%20Ventura). Acesso em: 22 de junho de 2025.

NEIVA, R. **Nova cultivar de capim-elefante apresenta produtividade 30% maior**. Embrapa – notícias. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17002039/nova-cultivar-de-capim-elefante-apresenta-produtividade-30-maior>. Acesso em: 04 de julho de 2025.

NETO, R. B. de A.; CÂMARA, J. A. da S. Conservação de forragem: fenação e silagem. Tereina -PI. 2000. 18p. (**Recomendações técnicas número 6**).

NEUMANN (2011) apud MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.2, p.173-192, 2012.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P. R. F.; NORBERG, J. L.; OST, P. R.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de desensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, n. 5, p. 1603-1613. 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbz/a/GnmTLJdtCqdNGhvgjLByshB/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 10 de abril de 2025.

NICACIO, A. C.; NUNEZ, A. J. C.; MARINO, C. T.; NOGUEIRA, E.; FELTRIN, G. B.; OLIVEIRA, L. O. F.; ALBERTINI, T. Z. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Embrapa. 2015. p. 121-139.

NICACIO, A. C.; NUNEZ, A. J. C.; MARINO, C. T.; NOGUEIRA, E.; FELTRIN, G. B.; OLIVEIRA, L. O. F.; ALBERTINI, T. Z. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Embrapa. 2015. p. 121-139.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. da C. Silagens: oportunidades e pontos críticos. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2004. 10p. (**Comunicado técnico 43**).

OLIVEIRA, J. S. **BRS Capiaçú: qual o momento certo para fazer a silagem?** Juiz de Fora -M. Embrapa. 2023. 6p. (Comunicado técnico 95). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1157417/1/BRS-Capiacu-qual-o-momento-certo-para-fazer-a-silagem.pdf>. Acesso em: 28 de maio de 2025.

OLIVEIRA, J. S. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 1998. 34p. (Circular técnica 47). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/957981/1/Producaooutilizacaodesilagem.pdf>. Acesso em: 23 de abril em 2025.

OLIVEIRA, J. S. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 1998. 34p. (Circular técnica 47). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/957981/1/Producaooutilizacaodesilagem.pdf>. Acesso em: 23 de abril em 2025.

OLIVEIRA, J. S.; MARTINS, C. E. **Agronegócio do leite – Silagem**. Embrapa. 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem). Acesso em: 17 de julho de 2025.

ONÓRIO, D. F.; SEIXAS, F. A. V. Uso de FT-NIR para identificação e quantificação de microrganismos em alimentos. **Uningá review**. n.3. p.62-70. 2010.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour measurement and analysis in fresh and processed food: A review. **Food Bioprocess Technol**. v.6. p.36-60, 2012.

PAULA, A. G. S.; MURTA, R. M.; RIBEIRO, I. M.; SILVA, S. C. C.; SILVA, V. J.; SOUZA, I. G. B. Valor nutricional do capim elefante CV. BRS Capiaçú aos 120 dias de rebrota. In: X Seminário de iniciação científica do IFNMG – II Seminário da pós-graduação do IFNMG. 2022. **Anais/Resumos**. 2022. 3p.

PAULA, P. R. P.; NEIVA JÚNIOR, A. P.; SOUZA, W. L.; ABREU, M. J. I.; TEIXEIRA, R. M. A.; CAPPLLE, E. R.; TAVARES, V. B. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante BRS Capiaçú com inclusão de fubá de milho. **Pubvet**. v.14, n.10, a680, p.1-11, 2020.

PAZIANI, S. de F.; DUARTE, A. P. Avaliação de cultivares de milho e sorgo para silagem. **Pesquisa e tecnologia**. v. 3. n. 2. 2006. Disponível em: <https://repositorio->

[aptaregional.agricultura.sp.gov.br/server/api/core/bitstreams/523b456b-3d87-4b4b-9897-c610be71dd32/content](http://aptaregional.agricultura.sp.gov.br/server/api/core/bitstreams/523b456b-3d87-4b4b-9897-c610be71dd32/content). Acesso em: 16 de julho de 2025.

PEDROSO, A. M. Cuidados na colheita da silagem de milho. **Mundo do leite**. n. 54, p. 28-29. 2012b. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/924107/1/PROCIAMP2012.00016.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2025.

PEDROSO, A. M. Silagem de milho: é sempre uma boa forrageira? **Inforleite**. n.23, p. 32-35, 2012a. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/924123/1/PROCIAMP2012.00018.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2025.

PEREIRA, A. V.; AUAD, A. M.; SANTOS, A. M. B.; MITTELMANN A.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C.; LÉDO, F. J. da S.; OLIVEIRA, J. S.; LEITE, J. L. B.; MACHADO, J. C.; MATOS, L. L.; MARENZ, M. J. F.; ANDRADE, P. J. M.; BENDER, S. E.; ROCHA, W. S. D. **BRS Capiaçú e BRS Kurumi: cultivo e uso**. Embrapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2021. p.117. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131853/brs-capiacu-e-brs-kurumi-cultivo-e-uso>. Acesso em: 19 de maio de 2025.

PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. da S.; MORENZ, M. J. F.; LEITE, J. L. B.; SANTOS, A. M. B.; MARTINS, C. E.; MACHADO, J. C. **BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2016. 6p. (Comunicado técnico 79). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056288/1/ComunicadoTecnico79.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2025.

PEREIRA, M. de A.; SOUZA, V. F. **Boas práticas agropecuárias: Bovinos e Bubalinos de corte**. Campo Grande-MS. Embrapa Gado de Corte. 2022. (Manual Orientador 3ª edição).

RAMOS, B. L. P.; PIRES, A. J. V.; CRUZ, N. T.; SANTOS, A. P. da S.; NASCIMENTO, L. M. G.; SANTOS, H. P.; AMORIM, J. M. S. Perdas no processo de ensilagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

RÊGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S; SIGNORETTI, R. D. Importância do tamanho de partícula e do uso de inoculante bacteriano em silagens. **Revista colombiana de ciência animal**. p.88-99. 2015. Disponível em: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/267-reciav7n1a14.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/267-reciav7n1a14.pdf). Acesso em 22 de setembro de 2023.

RESENDE, H.; OLIVEIRA, J. S.; MIRANDA, J. E. C.; LEITE, J. L. B. **Tecnologia e custo da silagem de milho**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2017. 11p. (Circular técnica 114). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1078472/1/CT114Tecnologiaacustosilagemdemilho.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

RETORE, M. Capins elefantes: BRS Kurumi e BRS Capiaçú. In: In: RETORE, M.; PEZARICO, C. R. (ed.). **Tecnologias para a agricultura familiar**. Dourados – MS. Embrapa Agropecuária Oeste. 2024. 5. ed. 246p. (Documentos, 122).

RETORE, M. Capins elefantes: BRS Kurumi e BRS Capiaçú. In: PEZARICO, C. R.; RETORE, M. **Tecnologia para a agricultura familiar**. 3 ed. Embrapa agropecuária oeste. 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125537/1/04.pdf>. Acesso em: 28 de maio de 2025.

RETORE, M.; ALVES, J. P.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; MENDES, S. da S. **Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú**. Dourados – MS. Embrapa. 2020. 10p. (Comunicado técnico 261). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1130009/1/COT-261-2020.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2025.

ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. Chapter 20. In: **Changes in forage quality**. 1994. p.828-868.

SALES, M. F. L. **Os dez passos da ensilagem**. Embrapa – Infotec-e. 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1039523/1/25971.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

SALMAN, A. K. D.; FERREIRA, A. C. D.; SOARES, J. P. G.; SOUZA, J. P. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. Porto Velho-RO. Embrapa. 2010. 9p. (**Documentos 136**).

SANTOS, S. F.; GONÇALVES, M. F.; RIOS, M. P.; RODRIGUES, R. D.; GOMES, L. R.; RODRIGUES, G. G.; SOUZA, R. R.; FERREIRA, I. C. Principais tipos de silos e microrganismos envolvidos no processo de ensilagem. **Veterinária notícias**. v.19, n.2, p.140-152. Uberlândia-MG. 2013.

SCHAFHAUSER JUNIOR, J.; SCHEIBLER, R. B.; RIZZO, F. A.; SOUZA, A. P. B.; FLUCK, A. C. Coleta e envio de amostras para análise de composição no laboratório de Bromatologia e nutrição animal. Embrapa. 2014. 6p. (**Comunicado técnico 316**).

SENAR. **Silagem de milho e sorgo: Produção, ensilagem e utilização**. Brasília – DF. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR. 2011. 114p. (Coleção SENAR 154). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/154-SILAGEM-DE-MILHO-E-SORGO-NOVO.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2025.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235 p.

SILVA, J. M. **Gado de corte divulga**. Embrapa/Ministério da Agricultura e do Abastecimento. n. 51. 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/325257/1/GadodeCorteDivulga51.pdf>.

THIAGO, L. R. L. de S.; SILVA, J. M. **Aspectos práticos da suplementação alimentar de bovinos de corte**. Campo Grande – MS. Embrapa. 2006. 30p (Documentos 159). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/326990/1/DOC159.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

TIBOLA, C. S.; MEDEIROS, E. P.; OLIVEIRA, M. A. **Espectometria no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos.** Embrapa. 2018. 202p.

TONUCCI, R. G. **Produção de forragem conservada – silagem.** Embrapa Caprinos e Ovinos. p. 2. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1010167/1/CNPC2014Producao.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

## **CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGENS DE MILHO (*Zea mays* L.) EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO NOROESTE PAULISTA.**

### **RESUMO**

A silagem de milho é uma alternativa estratégica e eficiente para a alimentação de bovinos em períodos de estiagem. Entretanto, sua qualidade está diretamente relacionada a fatores agronômicos e ao processo fermentativo. No Brasil, a pecuária é uma atividade tradicional, mas bastante influenciada pelas condições climáticas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção e a qualidade da silagem de milho na região de Votuporanga-SP. Para isso, foram realizadas visitas técnicas em 10 propriedades representativas, onde foram coletados dados referentes ao cultivo, à ensilagem e ao material ensilado. As análises contemplaram características agronômicas, como altura das plantas, altura da primeira espiga, diâmetro e peso médio das plantas, além de avaliações específicas das espigas, incluindo comprimento, diâmetro, número de fileiras, quantidade e peso de grãos. Também foram realizadas análises bromatológicas da forragem e da silagem. Complementarmente, parâmetros como granulometria, temperatura e índice de tonalidade (ângulo Hue) foram avaliados. Os resultados mostraram que, embora 50% das propriedades apresentassem teores de matéria seca dentro da faixa recomendada, nenhuma atingiu os valores mínimos de produção de grãos e de massa seca por hectare. Apenas 30% das amostras apresentaram proporção adequada de grãos na matéria seca da silagem, o que resultou em baixos teores de amido, carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Além disso, mais da metade das propriedades apresentou níveis elevados de fibra (FDN e FDA), fator que pode comprometer a digestibilidade da silagem. A concentração de ácido lático também se mostrou insuficiente, evidenciando falhas no processo fermentativo. Em contrapartida, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, a energia líquida de manutenção, a proteína bruta e o extrato etéreo apresentaram resultados satisfatórios. De forma geral, a qualidade média das silagens foi classificada como intermediária (nota 2,9 em uma escala de 1 a 6, sendo 1 para silagens muito ruins e 6 para silagens de excelente qualidade). Esses resultados reforçam a necessidade de melhorias no manejo agronômico, no momento da colheita e no processo de ensilagem, a fim de elevar a qualidade do alimento ofertado ao rebanho.

**Palavras-chave:** Híbridos, análise bromatológica, qualidade fermentativa.

## CHAPTER 2 – PRODUCTION AND QUALITY OF CORN SILAGE (*Zea mays* L.) IN SMALL FARMS OF THE NORTHWESTERN REGION OF SÃO PAULO STATE

### ABSTRACT

Corn silage is a strategic and efficient alternative for feeding cattle during dry periods. However, its quality is directly related to both agronomic factors and the fermentation process. In Brazil, livestock farming is a traditional activity, but it is highly influenced by climatic conditions. The present study aimed to evaluate the production and quality of corn silage in the Votuporanga region of São Paulo State (Votuporanga-SP). To achieve this, technical visits were conducted on 10 representative farms where data concerning cultivation, ensiling, and the ensiled material were collected. The analyses covered agronomic characteristics, such as plant height, height of the first ear, plant diameter, and average plant weight, in addition to specific evaluations of the ears, including length, diameter, number of kernel rows, kernel quantity, and kernel weight. Bromatological analyses of the forage and the silage were also performed. Additionally, parameters such as particle size, temperature, and hue index (Hue angle) were evaluated. The results showed that although 50% of the farms had dry matter contents within the recommended range, none reached the minimum values for grain production and dry mass per hectare. Only 30% of the samples had an adequate proportion of grain in the silage dry matter, which resulted in low levels of starch, Non-Fiber Carbohydrates (NFC), and Total Digestible Nutrients (TDN). Furthermore, more than half of the farms showed high fiber levels (NDF and ADF), a factor that can compromise silage digestibility. The lactic acid concentration also proved insufficient, indicating flaws in the fermentation process. In contrast, *in vitro* dry matter digestibility, net energy for maintenance, crude protein, and ether extract showed satisfactory results. Overall, the average quality of the silages was classified as intermediate (score 2.9 on a scale of 1 to 6, where 1 is for very poor silages and 6 is for excellent quality silages). These results reinforce the need for improvements in agronomic management, harvesting time, and the ensiling process in order to enhance the quality of the feed offered to the herd.

**Keywords:** corn silage, hybrids, bromatological analysis, fermentation quality.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, uma característica marcante da pecuária é a criação de bovinos a pasto (ABIEC, 2020; Gomes et al., 2015). De acordo com Dias-Filho (2016), grande parte dos animais é mantida em pastagens naturais ou cultivadas, o que possibilita menores custos de produção. A produtividade da carne e seus subprodutos variam ao longo do ano devido a fatores nutricionais, influenciados por condições climáticas como baixos índices pluviométricos, variações de temperatura e luminosidade. Por isso, a conservação de alimentos, especialmente na estação seca, é uma alternativa eficiente, como a silagem, viabilizando produção animal durante o ano (Rêgo et al., 2015).

A silagem é um material proveniente de culturas vegetais fermentadas previamente (McDonald et al., 1991), com o objetivo de preservar o máximo de nutrientes em relação à matéria-prima original (Cândido e Furtado, 2020; Muck, 1988). O milho é a principal cultura utilizada para produção de silagem de alta qualidade no Brasil. Isso se deve a alta qualidade nutricional da planta de milho, facilidade de obtenção de sementes de alta qualidade, e diversos outros recursos tecnológicos que permitem alta produtividade de matéria seca. Segundo Van Soest (1994), o uso racional dos recursos alimentares disponíveis é essencial para a produção animal e o manejo sustentável da área. A conservação ocorre por meio de fermentação anaeróbica dos carboidratos presentes e a qualidade final do produto depende do correto desenvolvimento das etapas anteriores (Allen et al., 2003).

Para que essa fermentação anaeróbica aconteça adequadamente e obtenha-se silagem de alta qualidade, é fundamental a ausência de oxigênio, permitindo a ação das bactérias lácticas e inibindo microrganismos indesejados (McDonald et al., 1991). Além disso, fatores como a granulometria da forragem picada e sua compactação no silo influenciam diretamente na qualidade da silagem, por contribuírem para o processo anaeróbio (Rêgo et al., 2015).

Conforme D'Oliveira e Oliveira (2014), quando todas as etapas do processo são bem conduzidas, a silagem de milho pode ser um excelente volumoso para bovinos. Contudo, essa técnica exige parâmetros específicos, muitas vezes difíceis de avaliar visualmente, que são determinantes para a qualidade nutricional, como a análise bromatológica. Além disso, muitos produtores podem possuir dificuldades para interpretar resultados das análises bromatológicas das silagens, uma vez que é fundamental saber

interpretar cada item contido na análise para que seja possível utiliza-los da melhor maneira possível (Santos et al. 2023).

Segundo Townsend (2011), estudos que analisam forragens exigem, como requisito fundamental, a realização de avaliações agronômicas da cultura, as quais oferecem dados importantes para embasar os demais resultados, além disso, apresentarem como vantagem o baixo custo para execução.

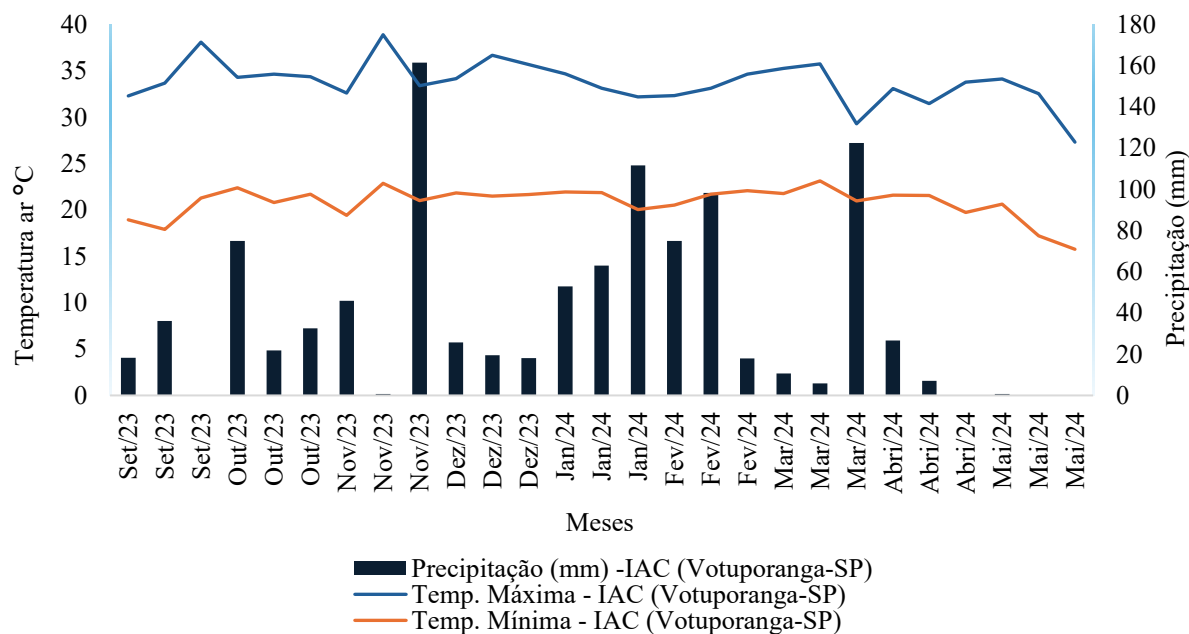
Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de produção e a qualidade da silagem de milho na região de Votuporanga-SP, através de visitas (*in loco*) e testes laboratoriais, utilizando parâmetros químicos e físicos. Além disso, buscou-se testar método inovador de identificação da qualidade da silagem por meio da análise de sua coloração, em 10 propriedades representativas da região.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

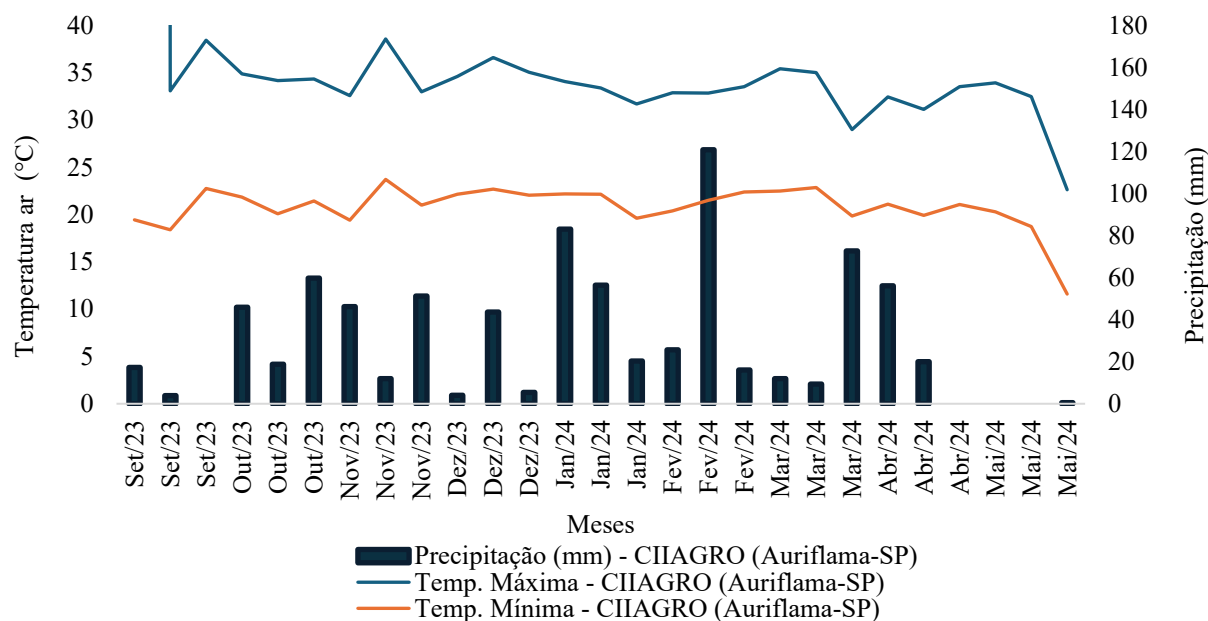
Este estudo foi conduzido em dez propriedades rurais situadas na região noroeste do Estado de São Paulo, nos municípios de Américo de Campos, Boa Vista dos Andradas (distrito de Álvares Florence), Nhandeara, Santo Antônio do Aracanguá, Valentim Gentil e Votuporanga. Solo predominante na região avaliada é o argissolo vermelho-amarelo, mas há áreas com latossolo vermelho, em menores quantidades (Rossi, 2017). As análises de campo foram realizadas entre 22 de dezembro de 2023 e 31 de agosto de 2024.

A região possui clima tropical com estação seca no inverno (classificação Aw de Köppen), apresentando temperaturas médias anuais de 31,2°C (máxima), 17,4°C (mínima) e 24°C (média) (Alvares et al. 2013; DAEE, 2025). A precipitação média anual é de 1.328,6 mm.

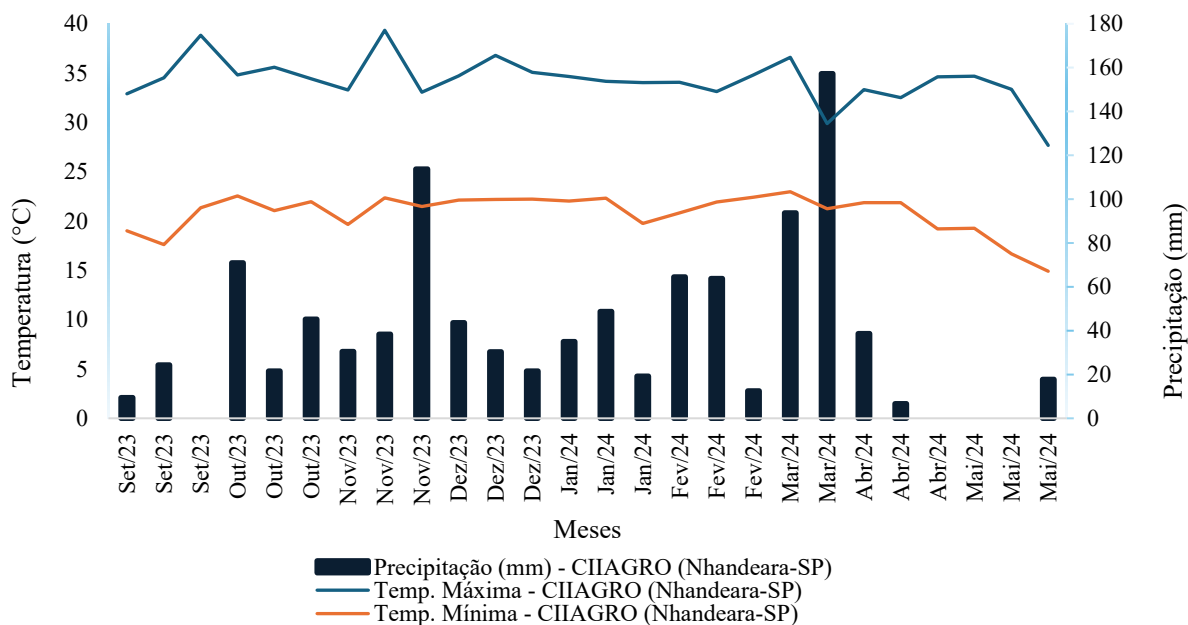
Durante esse período, foram registradas as precipitações mensais de Votuporanga-SP, Auriflamma-SP e Nhandeara-SP (Figuras 1, 2, 3 e 4) desde o início do plantio até a abertura do silo da última propriedade, totalizando aproximadamente 407,39 mm em 2023 e 674,55 mm em 2024.



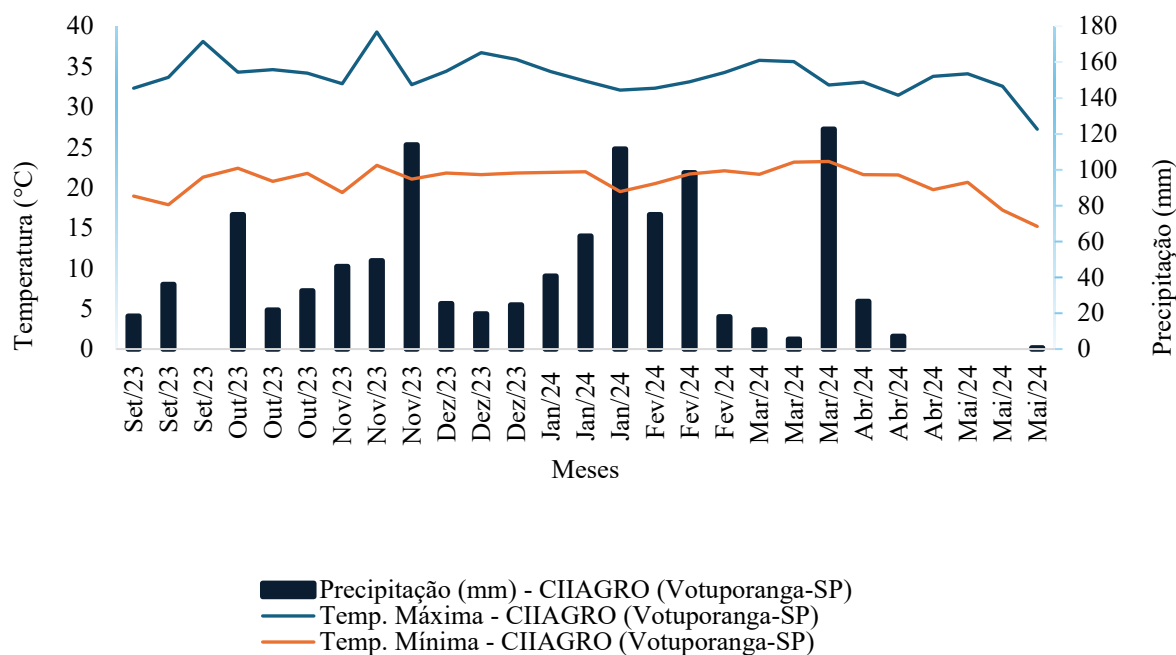
**Figura 1:** Avaliações meteorológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024.



**Figura 2** - Avaliações metereológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o CIIAGRO, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024 – Aurifluma-SP.



**Figura 3** - Avaliações metereológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o CIIAGRO, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024 – Nhandeara-SP.



**Figura 4** - Avaliações meteorológicas durante o período de acompanhamento do ciclo das culturas, com médias calculadas a cada dez dias, segundo o CIIAGRO, no período entre setembro de 2023 e maio de 2024 – Votuporanga-SP.

O acompanhamento técnico consistiu em três visitas presenciais, com objetivos distintos. A primeira teve como finalidade o primeiro contato com os produtores, para coleta de informações sobre a área total da propriedade (ha), área destinada ao cultivo do milho para silagem (ha), híbrido utilizado, data de plantio e os tratamentos culturais iniciais. Ressalta-se que, em nenhuma das visitas, houve interferência nas decisões dos produtores relacionadas ao manejo da cultura, à ensilagem ou ao uso do silo.

A segunda visita foi realizada conforme a data de ensilagem de cada propriedade, no qual foi realizada a avaliação da lavoura. Em cada área de cultivo, foram selecionados quatro pontos representativos da plantação (início, meio e fim), com exclusão obrigatória de 10 metros das bordaduras e dos terraços. Foram avaliados 4 metros lineares de duas linhas de plantio em cada ponto. Utilizando-se trena métrica, mensurou-se o espaçamento entre linhas e plantas, bem como a altura da planta até a primeira espiga. A presença de enfezamento foi verificada visualmente. Todas as plantas da parcela foram cortadas a uma altura de 15 a 25 cm do solo (Carvalho et al., 2015), reunidas em feixe único, amarradas e pesadas com balança digital portátil acoplada com gancho.

O comprimento de cada planta foi medido com trena métrica, enquanto o diâmetro médio de todas as plantas colhidas foi obtido por três medições sendo a primeira

na base da planta, a segunda no meio da planta e a terceira no ápice da planta, com auxílio de paquímetro digital. As espigas foram separadas, contadas e pesadas em balança digital e com o auxílio de um balde. Posteriormente, foram identificadas e encaminhadas ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais, onde permaneceram em estufa a 65 °C por 72 horas.

Ainda na área de cultivo de cada propriedade, utilizou-se para a quantificação das perdas pós-colheita, uma estrutura metálica quadrada, com área interna de 0,25 m<sup>2</sup>, lançando-a aleatoriamente 4 vezes na área colhida, sendo o material coletado, no interior da estrutura, pesado em balança digital.

A análise granulométrica das plantas de milho picadas foi realizada logo após o corte, por meio de peneiras Penn State®, conforme metodologia proposta por Lammers et al., (1996). Foram retiradas três amostras aleatórias recém-picadas, preparadas segundo orientações do laboratório ESALQLAB, acondicionadas em isopor com gelo e enviadas ao IAC – Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, em Votuporanga-SP, para armazenamento, sendo uma das amostras congelada integralmente, outra colocada em estufa a 65 °C por 72 horas para determinação da matéria seca (Melo et al., 2013) e a terceira destinada à obtenção de imagens fotográficas.

As imagens foram obtidas em duas etapas: a primeira com o material verde, recém-chegado ao IAC, e a segunda com o material seco, após a análise de matéria seca, tanto da forragem quanto da silagem. As amostras verdes foram trituradas três vezes em picador de carne convencional, com disco de corte de 6 cm, para homogeneização da tonalidade. Foram então distribuídas sobre papel branco (formato A4), em área de 10x10 cm, identificadas e acondicionadas em estrutura de isopor (caixa) com 36 cm de altura, 39 cm de largura, 41 cm de comprimento e bordas de 6 cm, para posterior captura das imagens.

A iluminação foi controlada por dispositivo de luz de emergência com 30 LEDs (100 lúmens), fixado na tampa do isopor e recarregado antes de cada sessão. As fotografias foram feitas com celular Moto G60 (câmera de 108 MP), posicionado a 15–20 cm da amostra, com uso de tripé e disparador remoto Bluetooth (“Remote Shutter”), permitindo captura com o isopor fechado e sem interferência luminosa externa.

Cada amostra foi fotografada sob quatro ângulos diferentes. Em cada imagem, sete pontos de coloração foram extraídos com o aplicativo gratuito para Android “Color Picker – versão 7.9.0”, sendo quatro nas extremidades, um central e dois aleatórios, totalizando 28 pontos por amostra. As coordenadas de cor (CIELab) foram transformadas

em ângulo HUE, utilizando a fórmula  $\tan^{-1} b^*/a^*$ , onde o ângulo de tonalidade foi determinado pela função arco-tangente considerando simultaneamente os sinais de  $a^*$  e  $b^*$ , descrito pela relação  $h = \text{atan2}(b^*, a^*)$ , que fornece valores no intervalo de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (McGuire, 1992). Nas amostras secas, o procedimento foi semelhante, exceto pela preparação, em que o material foi triturado em moinho Marconi®, com peneira de 2 mm e posteriormente submetidas à obtenção das imagens.

As espigas secas foram pesadas com e sem palha utilizando balança digital PRIX 3/16 (precisão de 0,1 kg). O diâmetro médio foi obtido com paquímetro digital, a partir da média das extremidades e do eixo central. O comprimento foi medido individualmente com régua geométrica de 30 cm.

A avaliação do número de fileiras e de grãos foi realizada por meio de contagem direta. Em seguida, as espigas de cada parcela foram debulhadas e os grãos secos foram pesados em balança digital modelo PRIX 3/16. Os sabugos foram avaliados quanto ao diâmetro, utilizando o mesmo método aplicado às espigas, obtendo-se, ao final, uma média para cada variável considerada nesta etapa, representando os valores médios da respectiva propriedade.

A terceira visita às propriedades foi realizada conforme o momento de abertura dos silos. Nessa etapa, foram identificados o tipo de silo utilizado e mensuradas suas dimensões (largura, comprimento e altura central) com auxílio de trena métrica. A temperatura média da silagem foi obtida com termômetro digital tipo espeto, com haste de 15 cm de comprimento, por meio de medições em quatro pontos distintos no painel de abertura do silo.

A compactação média do material ensilado foi determinada a partir da extração de uma porção de silo com auxílio do equipamento serra copo com abertura frontal de 7,64 cm e altura de 3,84 cm (volume de  $176,0333 \text{ cm}^3$ ), acoplada a uma furadeira elétrica. Porções de silagem que preenchiam completamente o volume da serra copo foram extraídas, pesadas e convertidas para densidade ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

Os dados de produção de forragem foram informados pelos próprios produtores ao término do processo de ensilagem, uma vez que, na maioria dos casos, a atividade foi terceirizada. Os dados consistiram no número de cargas de forragem e no peso correspondente das carretas, necessários para o fechamento das operações logísticas.

Três amostras de silagem foram coletadas, acondicionadas conforme as orientações do laboratório ESALQLAB, armazenadas em caixas térmicas com gelo e

enviadas à unidade do IAC – Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, em Votuporanga-SP. Uma das amostras foi congelada integralmente; outra foi mantida em estufa a 65 °C por 72 horas para determinação do teor de matéria seca (Melo et al., 2013); e a terceira foi utilizada para capturar as imagens fotográficas.

A obtenção das imagens e o cálculo do ângulo HUE para as amostras de silagem seguiram os mesmos procedimentos utilizados nas amostras de forragem, descritos anteriormente.

Uma amostra adicional de silagem foi submetida à análise granulométrica por peneiramento, utilizando o conjunto de peneiras Penn State®, composto por malhas de 19 mm, 8 mm, 4 mm e fundo sólido, conforme metodologia descrita por Lammers et al. (1996).

Após a conclusão das análises de campo, as amostras congeladas de forragem e silagem foram encaminhadas ao laboratório ESALQLAB para análise por espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). Foram avaliados os seguintes parâmetros: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), amido, carboidrato não fibroso (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina, extrato etéreo (EE), perfil energético, digestibilidade in vitro da MS (DIVMS), ácidos orgânicos e matéria mineral.

Com o objetivo de avaliar a qualidade da silagem, foram estabelecidos critérios considerados fundamentais, permitindo verificar se o processo envolvendo o híbrido, os tratos culturais, a ensilagem e a fermentação ocorreram de forma adequada, observando se a forragem estocada foi preservada. Os parâmetros utilizados foram: teor de MS da forragem (30-35%), ácido lático (90-95%), relação ácido lático/ácido acético (>3), amido (mínimo 30%), DIVMS (mínimo 65%), energia de manutenção (mínimo 1Kcal), EE (mínimo 2%), FDN (máximo 50%), FDA (máximo 30%), lignina (máximo 5%), NDT (mínimo 70%), PB (mínimo 7%), CNF (mínimo 25%), granulometria obtida com as peneiras Penn State® (peneira 19mm – 3 a 8%, 8mm – 45 a 65%, 4mm – 20 a 30% e fundo sólido – <10%) e temperatura da silagem (2 graus a menos do que a temperatura ambiente), sendo os dois últimos avaliados no momento da abertura dos silos.

Cada propriedade foi classificada conforme o grau de atendimento aos critérios estabelecidos - nota 1 (para as propriedades que atenderam entre 0 a 25% dos critérios de qualidade), nota 2 (25,1 a 40%), nota 3 (40,1 a 55%), nota 4 (55,1 a 70%), nota

5 (70,1 a 85%) e nota 6 (entre 85,1 e 100% dos critérios), de acordo com os métodos adaptados de Tomich et al. (2003) e D'Oliveira e Oliveira (2014).

As variáveis de características agronômicas do milho, parâmetros físicos e fermentativos da silagem, além da composição química e digestibilidade da forragem e da silagem foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), com auxílio do PROC PRINCOMP do SAS<sup>®</sup> OnDemand for Academics (SAS, 2014) e os DP (desvios padrão) calculados através do programa Excel – Versão 2008.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a primeira etapa das avaliações, foram coletadas informações sobre os híbridos utilizados em cada propriedade, a área plantada ( $\text{ha}^{-1}$ ), as datas de plantio e de colheita, expressas em dias após a semeadura (D.A.S.). Já na segunda etapa, foram obtidos os dados referentes ao espaçamento médio entre linhas e entre plantas, apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Avaliação das propriedades com cultivo de híbridos em relação a extensão da área cultivada, data de semeadura, data de colheita (D.A.S.), espaçamento médio entre linhas e entre plantas, realizados na primeira e segunda etapa de avaliações.

Propriedades	Híbridos <sup>1</sup>	Extensão prop. (ha) <sup>2</sup>	Extensão área plantada (ha) <sup>3</sup>	Data semeadura <sup>4</sup>	Colheita (D.A.S.) <sup>5</sup>	Espaç. médio entre linhas (m) <sup>6</sup>	Espaç. médio entre plantas (m) <sup>7</sup>
1	FEROZ VIPTERA 3	3.02	1.60	15.11.2023	79	0.89	0.25
2	MORGAN 30A95	58.08	6.40	01.12.2023	95	0.79	0.27
3	FORSEED MAX FS533	113.74	3.77	06.11.2023	92	0.92	0.22
4	MORGAN 30A95	24.2	3.63	01.11.2023	89	0,83	0,17
5	FEROZ VIPTERA 3	13.09	1,00	10.10.2023	78	0,83	0,26
6	VT PRÓ4 (BAYER)	6.63	3,00	20.11.2023	75	0,88	0,25
7	BIOMATRIX 3088	745.36	10.89	26.10.2023	92	0,43	0,20
8	FEROZ VIPTERA 3	47.19	3.63	10.10.2023	81	0,74	0,18
9	PIONNER P3889R	91.96	3.10	12.01.2024	88	0,80	0,19
10	PIONNER P3889R	91.96	3.10	12.01.2024	88	0,80	0,19
MÉDIA		11.50	4.01		85.70	0.79	0.22

<sup>1</sup>Híbridos. <sup>2</sup>Extensão da propriedade (hectares). <sup>3</sup>Extensão da área plantada (hectares). <sup>4</sup>Data da semeadura. <sup>5</sup>Colheita – Dias Após Semeadura (D.A.S.). <sup>6</sup>Espaçamento médio entre linhas (metro). <sup>7</sup>Espaçamento médio entre plantas (metro).

Segundo Miranda et al. (2002), o espaçamento entre linhas ideal varia de 80 a 90 cm, intervalo observado em 70% das propriedades analisadas. Em relação ao espaçamento entre plantas, D'Oliveira e Oliveira (2014) recomendam de 20 a 28 cm, o que foi identificado em 60% das áreas avaliadas.

Cartarella et al, o espaçamento entre linhas preconizado é entre 0,45 e 0,75m, além de população média de 50 a 70mil plantas por hectare. Esses parâmetros podem influenciar positiva ou negativamente a qualidade da planta no momento da colheita,

dependendo das condições edafoclimáticas (Cruz et al., 2021b). As demais características agrônômicas dos híbridos, obtidas durante a segunda visita, estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Avaliação da altura da primeira espiga (m), altura de plantas (m), diâmetro médio de colmo (mm), quantidade média de espigas em 4 metros lineares e quantidade média de plantas em 4 metros lineares realizadas na segunda etapa.

Propriedades <sup>1</sup>	Altura da primeira espiga (m) <sup>2</sup>	Altura de planta (m) <sup>3</sup>	Diâm. médio colmo (mm) <sup>4</sup>	Quant. média Espigas (m) <sup>5</sup>	Quant. média Plantas (m) <sup>6</sup>
1	0.76	1.25	11.27	4.93	3.93
2	0.83	1.13	7.14	3.56	3.68
3	0.91	1.50	12.91	7.56	4.43
4	1.11	1.91	11.70	9.87	5.56
5	-	1.72	-	6.56	3.87
6	0.55	1.01	8.95	4.00	3.81
7	0.95	1.36	9.93	4.87	5.12
8	-	1.76	-	6.75	4.12
9	0.84	1.34	10.93	5.25	5.31
10	0.84	1.34	10.93	5.25	5.31
MÉDIA	0.85	1.43	10.47	5.86	4.51

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Altura da primeira espiga (metros). <sup>3</sup>Altura de plantas (metros). <sup>4</sup>Diâmetro médio de colmo (milímetros). <sup>5</sup>Quantidade média de espigas (metro linear). <sup>6</sup>Quantidade média de plantas (metro linear).

A altura média das plantas observadas nas propriedades avaliadas variou entre 0,55 e 1,11m, ficando abaixo dos valores relatados por Neumann (2011) apud Marcondes et al., (2012), que encontraram alturas entre 1,9 e 2,6 m para híbridos de milho recomendados para silagem. Essa diferença pode estar relacionada ao baixo índice pluviométrico registrado durante o período de cultivo, conforme apresentado anteriormente nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Por outro lado, a altura da primeira espiga manteve-se dentro da faixa considerada ideal, entre 0,8 e 1,2 m. De forma semelhante, Santos et al., (2010b) relataram uma média de 2,2 m para a altura de plantas em diferentes híbridos de milho, valor superior ao verificado neste estudo.

Santos et al., (2010b) também encontraram resultados superiores ao avaliarem híbridos de milho no semiárido pernambucano sendo a altura média das plantas de 2,2 m e a altura até a primeira espiga de 0,9 m, onde o índice pluviométrico médio anual é de 570 mm.

Dentre as propriedades avaliadas, destacam-se as “2” e “6” por apresentarem os piores índices agrônômicos para produção de milho para silagem. Ambas adotaram o cultivo consorciado, sendo que a propriedade “2” utilizou consórcio do milho com mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br), enquanto a propriedade “6” consorciou com Miyagi (*Megathyrsus maximus* cv. Miyagui). Essa prática

pode ter gerado competição por água e nutrientes entre as espécies, além de demandar manejos corretivos que, possivelmente, não foram adequadamente executados.

O teor de MS no momento da colheita variou consideravelmente entre as propriedades avaliadas (Tabela 3), e apenas 50% das amostras apresentaram valores dentro da faixa recomendada de 30 a 35%, conforme indicado por Neumann (2011) apud Marcondes et al., (2012). Esse parâmetro é fundamental para a produção de silagem de alta qualidade, sendo inadequados teores inferiores a 30% ou superiores a 37%, conforme alertam Cruz et al. (2008).

**Tabela 3** - Peso de plantas totais em 4 metros lineares (kg), matéria seca na colheita - MS e produção de massa verde (MV) reportada pelo produtor no final da colheita.

Propriedades <sup>1</sup>	Peso médio de plantas totais em 4 metros lineares (kg) <sup>2</sup>	DP	MS colheita (%) <sup>3</sup>	Prod. MV REPORTADA (t.ha <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>
1	7.53	1.51	22.9	20.6
2	1.40*	1.25	36.2	47.8
3	13.94	4.24	28.1	21.2
4	12.51	4.91	33.6	27.5
5	8.58	1.83	27.6	18.0
6	4.07	1.93	27.4	21.0
7	5.42	1.04	33.7	27.1
8	11.17	1.45	31.4	20.6
9	7.00	1.42	32.2	20.6
10	7.00	1.42	32.2	20.6
Médias	7.86	2.10	30.5	24.5

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Peso médio de plantas totais em 4 metros lineares (quilograma). <sup>3</sup>Matéria seca na colheita. <sup>4</sup>Produção de massa verde reportada (toneladas por hectare).

\*Para a propriedade 2 consta somente o peso das plantas de milho, porém, houve consórcio com mombaça (média de 1,17 kg.m<sup>-2</sup>) e milheto (média de 0,87 kg.m<sup>-2</sup>).

Segundo Oliveira e Martins (2021), o teor de MS da planta é o principal parâmetro a ser considerado para a ensilagem. Contudo, a observação visual dos grãos, especialmente quando apresentam textura farinácea, pode ser uma ferramenta complementar útil nesse processo. Ainda assim, devido a variação dos ciclos dos híbridos, que podem ser precoces, de ciclo médio ou tardios, é essencial monitorar diretamente o teor de matéria seca e não apenas se basear na contagem dos dias do ciclo, como destacam Carvalho et al. (2015).

Das propriedades avaliadas, em relação ao teor de MS, apresentam teores abaixo do recomendado as propriedades “1”, “3”, “5” e “6”, sendo 22,9, 28,1, 27,6 e 27,4%, respectivamente, e acima do recomendado na propriedade “2” (36,2%). As propriedades “1” e “5” utilizaram o mesmo híbrido, além disso, permaneceram com o tempo de ciclo da cultura por períodos semelhantes, 79 e 78 dias, respectivamente, indicando adiantamento no processo de colheita, uma vez que, a propriedade “8” também utilizou o mesmo híbrido, com a colheita aos 81 D.A.S., obtendo 31,4% de MS. Como agravante, a propriedade “1” estava com infestação de corda de viola (*Ipomoea spp*), planta daninha comum no cultivo de milho, fator que pode ter favorecido a redução da MS final. Já a propriedade “2” colheu o milho mais tardiamente como estratégia para não necessitar adicionar grãos de milho seco à forragem como auxílio no processo de fermentação. E, por fim, a propriedade “6” recebeu grande influência do capim Miyagi, uma vez que era predominante na área com MS de 27,49%, semelhante ao percentual apresentado pelo resultado laboratorial.

Em relação a quantidade de MV de acordo com Neumann (2011) apud Marcondes et al. (2012), uma produção considerada satisfatória é quando supera 55.000 kg. ha<sup>-1</sup>. No entanto, esse valor não foi atingido por nenhuma das propriedades avaliadas (Tabela 3). As produtividades informadas pelos produtores foram inferiores às registradas por Santos et al. (2010b), que, mesmo sob baixa pluviosidade (570 mm/ano) e utilizando diferentes híbridos de milho, alcançaram uma média de 33,8 t.ha<sup>-1</sup>. A única propriedade que apresentou destaque em MV foi a número “2”, embora essa produtividade tenha sido influenciada pela presença de milheto e mombaça (Tabela 3).

A densidade de plantas por hectare pode ser até 10% superior à utilizada para produção de grãos, sem comprometer a qualidade da silagem. Ainda assim, a recomendação é manter entre 50.000 e 60.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, conforme Miranda et al., (2002). Segundo Cruz et al., (2021b), essa densidade pode variar bastante em função de fatores como clima, tipo de solo e disponibilidade hídrica, podendo oscilar entre 30.000 e 90.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. No entanto, o aumento da densidade em condições não ideais pode resultar na redução do número e do tamanho das espigas, além de diminuir o diâmetro do colmo.

Conforme apresentado na Tabela 4, apenas a propriedade “7” apresentou alta densidade populacional de plantas. No entanto, não apresentou produção satisfatória para MS, indicando que as condições da lavoura não eram adequadas para essa densidade. Como apontado por Cruz et al., (2021b), a propriedade “7” também apresentou baixa

quantidade e tamanho de espigas, além de colmos com menor diâmetro, padrão semelhante ao observado nas propriedades “2” e “6”, que já haviam demonstrado limitações.

**Tabela 4** -- População aproximada de plantas por hectare, participação média do peso de espigas verdes em relação ao peso de plantas totais verdes em 4 metros lineares (%), produtividade de matéria seca (MS) por hectare (kg), participação de grãos secos na matéria seca - MS (%), estimados através dos dados produtivos.

Propriedades <sup>1</sup>	População aprox. de plantas.ha <sup>-1</sup> <sup>2</sup>	Recomendação pop. Empresa (mil plantas.ha <sup>1</sup> ) <sup>3</sup>	Participação média do peso de espigas verdes em relação ao peso das plantas totais verdes – em 4 metros lineares (%) <sup>4</sup>	Produtividade de MS.ha <sup>-1</sup> (t) com base na prod. Reportada <sup>5</sup>	Participação de grãos seco na MS (%) <sup>6</sup>
1	43.872	60-70	45.9	4.7	38.0
2	46.677	50-65	48.1	17.3	4.79
3	47.973	60-75	36.9	5.9	61.9
4	66.817	50-65	49.6	9.2	60.1
5	46.547	60-70	41.0	4.9	34.0
6	45.198	60-75	40.9	5.7	17.0
7	117.143	60-75	30.0	9.1	19.7
8	55.370	60-70	41.6	6.4	46.8
9	66.200	68-73	37.7	6.6	22.4
10	66.200	68-73	37.7	6.6	22.4
Médias	60.199	59.6-71.1	40.9	7.6	32.7

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>População de plantas aproximada por hectare. <sup>3</sup>Recomendação de população de plantas pela empresa (fabricante). <sup>4</sup>Participação média do peso de espigas verdes em relação ao peso das plantas totais verdes em 4 metros lineares. <sup>5</sup>Produtividade de matéria seca por hectare (quilograma) com base na produção reportada. <sup>6</sup>Participação de grãos seco na matéria seca.

A produção de MS (t.ha<sup>-1</sup>) observada foi inferior à média de 13,7 t.ha<sup>-1</sup> registrada por Santos et al. (2010b), que avaliaram diferentes híbridos de milho no estado de Pernambuco. De acordo com Neumann (2011), apud Marcondes et al., (2012) e Paziani et al., (2023), a produção de MS de milho para silagem deve ultrapassar 18.000 kg.ha<sup>-1</sup>, meta que não foi atingida por nenhuma das propriedades analisadas. Quanto à proporção de grãos na MS, o ideal é que seja superior a 35%, no entanto, apenas 40% das propriedades atenderam a esse critério, e a média geral ficou significativamente abaixo do recomendado (Tabela 4).

Os dados obtidos da análise das espigas estão contidos nas Tabela 5 e 6.

**Tabela 5** - Avaliação de comprimento médio de espigas secas, número de fileiras e número de grãos, peso médio de grãos seco em 4 metros lineares (kg) e diâmetro médio de sabugos (mm) realizados no laboratório do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais.

Propriedades <sup>1</sup>	Comp. Médio espigas seca (cm) <sup>2</sup>	DP	Nº médio fileiras <sup>3</sup>	DP	Nº médio de grãos <sup>4</sup>	DP	Peso médio grão seco (kg) em 4 m lineares <sup>5</sup>	DP	Diâm. médio Sabugo (mm) <sup>6</sup>	DP
1	11.83	1.36	13.32	1.74	325.19	64.08	0.64	0.29	17.31	1.64
2	8.59	2.05	9.65	2.46	225.59	181.38	0.26	0.37	12.93	2.82
3	12.40	2.64	13.82	3.39	294.45	116.98	1.36	0.51	16.55	2.60
4	12.30	1.00	16.18	1.06	469.20	78.08	1.85	0.50	19.06	3.12
5	-	-	-	-	-	-	0.56	0.23	-	-
6	11.63	0.84	12.70	1.42	258.60	62.65	0.34	0.24	13.67	1.75
7	9.02	0.94	9.96	3.43	138.41	68.50	0.31	0.15	13.09	2.21
8	12.39	0.65	14.24	0.45	409.62	39.46	0.90	0.17	-	-
9	10.11	1.66	14.47	3.80	341.04	127.77	0.48	0.20	14.69	2.75
10	10.11	1.66	14.47	3.80	341.04	127.77	0.48	0.20	14.69	2.75
MÉDIAS	10.93	1.42	13.20	2.39	311.46	96.29	0.72	0.28	15.25	2.45

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Comprimento médio de espigas seca (centímetros). <sup>3</sup>Número médio de fileiras das espigas. <sup>4</sup>Número médio de grãos das espigas. <sup>5</sup>Peso médio de grão seco (quilograma) em 4 metros lineares. <sup>6</sup>Diâmetro médio de sabugo (milímetro). Desvio padrão (DP).

**Tabela 6** – Peso médio de espigas úmidas com palha em 4 metros lineares (kg), realizados no dia da colheita (*in loco*) e peso médio de espigas secas com palha em 4 metros lineares (kg), peso médio de espigas secas sem palha em 4 metros lineares, diâmetro médio das espigas secas (mm), comprimento médio de espigas secas, número de fileiras e número de grãos, peso médio de grãos seco em 4 metros lineares (kg) e diâmetro médio de sabugos (mm) realizados no laboratório do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais.

Propriedades <sup>1</sup>	Peso médio espiga úmida c/ palha (4m lineares) (kg) <sup>2</sup>	DP	Peso médio espiga seca c/ palha (4m lineares) (kg) <sup>3</sup>	DP	Peso médio espiga seca s/ palha (4m lineares) (kg) <sup>4</sup>	DP	Diâm. médio espigas seca (mm) <sup>5</sup>	DP
1	3.45	0.81	1.18	0.43	0.88	0.36	23.19	3.50
2	0.67	0.82	0.42	0.55	0.34	0.47	17.00	4.49
3	5.15	1.24	2.06	0.58	1.73	0.55	22.52	5.35
4	6.20	1.67	2.68	0.66	2.27	0.62	29.76	4.84
5	3.52	0.92	1.10	0.39	0.76	0.32	-	-
6	1.66	0.76	0.69	0.37	0.48	0.30	17.02	2.85
7	1.63	0.49	0.59	0.20	0.46	0.19	17.74	4.98
8	4.65	0.46	1.67	0.27	1.20	0.21	27.20	5.66
9	2.64	0.81	0.84	0.31	0.66	0.26	19.98	4.06
10	2.64	0.81	0.84	0.31	0.66	0.26	19.98	4.06
MÉDIAS	3.22	0.87	1.21	0.40	0.94	0.35	21.60	4.42

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Peso médio de espigas úmidas com palha (4m lineares) (quilograma). <sup>3</sup>Peso médio de espigas secas com palha (4m lineares) (quilograma). <sup>4</sup>Peso médio de espiga seca sem palha (4m lineares) (quilograma). <sup>5</sup>Diâmetro médio de espigas seca (milímetros), Desvio padrão (DP).

Os comprimentos das espigas avaliadas foram menores (Tabela 5) que os relatados por Argenta, Machado et al. (2016), que encontraram uma média de 18,25 cm. Da mesma forma, os diâmetros também ficaram abaixo dos registrados pelos mesmos autores, cuja média foi de 47,39 mm. Damasceno et al. (2010) obtiveram média de diâmetro de espigas de 4,86 cm, mais que o dobro das médias observadas nas propriedades analisadas. Além disso, o comprimento médio das espigas foi de 23,53 cm, valor este, 2,15 vezes superior ao encontrado nas propriedades avaliadas, em estudo que comparou diferentes espaçamentos entre plantas (0,40; 0,50; 0,60; 0,70 e 0,80 m).

Possíveis explicações para isso são os índices pluviométricos registrados no período (Figuras 1, 2, 3 e 4) e alto incidência de enfezamento registrada nas propriedades no momento da colheita. Segundo as empresas responsáveis, apenas a semente “VIPTERA3” apresenta boa resistência ao complexo de enfezamentos. As sementes “PIONEER P3889R” e “VT PRO4” possuem resistência moderada. Já os híbridos “MORGAN 30A95” e “FORSEED MAX FS533” não têm resistência, sendo necessário monitoramento constante da lavoura. Para o híbrido “BIOMATRIX 3088”, não há informações disponibilizadas pela empresa.

A perda na colheita é outro ponto relevante, uma vez que é priorizado o menor tempo de colheita pelos produtores e não os outros índices de qualidade, como a velocidade da colheitadeira (recomendado de 4 a 6 km.h<sup>1</sup>), a capacidade de corte da forrageira (fator individual) e nem quantidade máxima das perdas obtidas no processo (máximo 1,5 saco de milho por ha), ou seja, quando há prioridade por menor tempo de colheita, ocorre redução da qualidade da mesma (Mantovani, 2021). Entre as perdas na colheita observadas no presente trabalho, foram registradas as seguintes médias por propriedades: a propriedade “1” apresentou uma perda média de 23,75g/m<sup>2</sup>; a propriedade “2” registrou 30g/m<sup>2</sup>; a propriedade “3” teve uma perda média de 40g/m<sup>2</sup>; a propriedade “4” apresentou 37,5g/m<sup>2</sup>; a propriedade “5” não foi avaliada; a propriedade “6” registrou 148,75g/m<sup>2</sup>; a propriedade “7” teve uma perda média de 31,25g/m<sup>2</sup>; a propriedade “8” não foi avaliada; e, por fim, as propriedades “9” e “10” registraram perdas médias de 295g/m<sup>2</sup> cada.

Segundo Coelho e França (1995), para que o milho atinja uma produtividade de 11,6 t de matéria seca por hectare (MS.ha<sup>1</sup>), a planta necessita de 115 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 15 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo (P), 69 kg.ha<sup>-1</sup> de potássio (K), 35 kg.ha<sup>-1</sup> de cálcio (Ca) e 26 kg.ha<sup>-1</sup> de magnésio (Mg). Para uma produção de 15,31 t.ha<sup>-1</sup>, as exigências

aumentam para 181 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 21 kg.ha<sup>-1</sup> de P, 213 kg.ha<sup>-1</sup> de K, 41 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca e 26 kg.ha<sup>-1</sup> de Mg. Quando a produtividade é de 17,13 t.ha<sup>-1</sup>, são requeridos 230 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 23 kg.ha<sup>-1</sup> de P, 271 kg.ha<sup>-1</sup> de K, 52 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca e 31 kg.ha<sup>-1</sup> de Mg. As adubações de plantio e de cobertura realizadas nas propriedades avaliadas estão descritas na Tabela 7.

**Tabela 7** – Adubações (plantio e cobertura) realizadas para a cultura do milho, nas propriedades avaliadas.

Propriedades	Adubo plantio <sup>1</sup>	Adubo plantio (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	Adubo cobertura <sup>3</sup>	Adubação cobertura (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	Observações / outras adubações <sup>5</sup>
1	04-14-08	375	20-00-20	218	Ureia 93kg.ha <sup>-1</sup>
2	-	-	-	-	-
3	08-28-16	331	20-00-20	331	Cobertura feita em duas etapas
4	08-28-16	165	20-00-20	247	-
5	04-14-08	300	20-00-20	350	-
6	04-14-08	266	20-00-20	333	-
7	08-28-16	350	20-00-20	200	120kg ureia por ha após cobertura
8	08-28-16	359	20-00-20	359	-
9	08-28-16	289	20-00-20	165	-
10	08-28-16	289	20-00-20	165	-
Média	-	302.66	-	263.11	

<sup>1</sup>Adubo de plantio. <sup>2</sup>Quantidade de adubo de plantio aplicado (kg/hectare). <sup>3</sup>Adubo de cobertura. <sup>4</sup>Quantidade de adubo de cobertura aplicado (kg.ha<sup>-1</sup>). <sup>5</sup>Observações e/ou outras adubações realizadas.

Segundo Cartarella et al. (2022), as recomendações nutricionais para milho destinado à silagem e para grãos são semelhantes, exceto para o potássio. Como a colheita da planta inteira remove grandes quantidades desse nutriente, a necessidade de adubação potássica para milho silagem é maior. A aplicação de adubo mineral deve considerar sempre a análise de solo e a produtividade esperada. Para uma produtividade de 6 t.ha<sup>-1</sup> de grãos e 45 t.ha<sup>-1</sup> de massa fresca (MF), recomenda-se aplicar entre 30 e 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, conforme o teor de P-resina: quando o P-resina é inferior a 16 mg.dm<sup>-3</sup> utilizam-se 90 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto valores iguais ou superiores a 40 mg.dm<sup>-3</sup> demandam 30 kg.ha<sup>-1</sup>. O mesmo raciocínio é aplicado às demais produtividades de grãos e silagem (MF), com recomendações que variam de 100-40 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para 6-8 t.ha<sup>-1</sup> de grãos e 45-55 t.ha<sup>-1</sup> de MF, 120-60 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para 8-10 t.ha<sup>-1</sup> de grãos e 55-60 t.ha<sup>-1</sup> de MF, 110-70 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para 10-12 t.ha<sup>-1</sup> de grãos e 60-65 t.ha<sup>-1</sup> de MF e 120-80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para produtividades superiores a 12 t.ha<sup>-1</sup> de grãos e maiores que 65 t.ha<sup>-1</sup> de MF, sempre ajustadas de acordo com o P-resina.

O autor também fornece orientações sobre as doses de potássio. Para produções de 6, 6 a 8, 8 a 10, 10 a 12 e acima de 12 t.ha<sup>-1</sup> de massa fresca de silagem, as faixas recomendadas são de 70 a 30, 90 a 30, 100 a 40, 110 a 50 e 120 a 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,

respectivamente. As doses maiores são indicadas quando o teor de  $K^+$  trocável é igual ou inferior a  $1,6 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ , enquanto as menores são recomendadas para solos com  $K^+$  trocável acima de  $3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ .

Outro parâmetro avaliado foi a compactação (Tabela 8) a qual foi influenciada pelo teor de MS da forragem, evidenciando que as propriedades que realizaram a colheita com material mais úmido, como as propriedades “1”, “3”, “5” e “6”, também apresentaram maior compactação. No entanto, o processo de compactação também é influenciado pela granulometria, umidade do material vegetal, pelo número de passagens e pelo peso do equipamento utilizado. Tomich et al. (2003) e o SENAR (2011) sugerem uma densidade mínima de  $550 \text{ kg.m}^{-3}$ , parâmetro que apenas 40% das propriedades cumpriram, indicando a necessidade de ajustes nessa etapa.

**Tabela 8** – Avaliação da compactação média de silos em  $1\text{m}^3$  e produção de grãos por hectare, por propriedade no momento do corte das plantas para ensilamento.

Propriedades <sup>1</sup>	Compactação – $\text{kg.m}^{-3}$ <sup>2</sup>	DP	Kg de grãos.ha <sup>-1</sup> <sup>3</sup>
1	585.82	9.86	1.796
2	418.95	11.08	830
3	575.17	12.5	3.689
4	495.74	3.30	5.566
5	639.08	5.00	1.692
6	568.07	4.08	980
7	397.65	8.16	1.800
8	380.60	4.70	3.040
9	390.55	11.81	1.495
10	528.30	10.61	1.495
Média	497.99	8.11	2.238

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Compactação – quilograma por metro cúbico. <sup>3</sup>Quilograma de grãos por hectare. Desvio padrão (DP).

Para a produção de grãos, nenhuma das propriedades avaliadas atingiu a produção mínima recomendada de grãos por hectare (Tabela 8) de acordo com as recomendações de Neumann (2011), citado por Marcondes et al. (2012) e Paziani et al., (2023), no qual a produção deve ser, no mínimo,  $7.000 \text{ kg.ha}^{-1}$ . D’Oliveira e Oliveira (2014) registraram uma média de  $8.176 \text{ kg.ha}^{-1}$  ao analisarem diferentes épocas de plantio entre setembro e novembro. Muitos dos fatores mencionados podem ser atribuídos à ocorrência de enfezamento em 100% das propriedades, doença que pode reduzir a produtividade de grãos em até 70% (Ávila et al., 2021), afetando negativamente os índices produtivos.

As granulometrias das silagens foram analisadas utilizando as peneiras Penn State®. As médias observadas para cada fração foram de 19,54% na peneira de 19 mm, 50,79% na de 8 mm, 21,27% na de 4 mm e 8,92% no fundo sólido, conforme Tabela 9.

**Tabela 9** - Avaliações das granulometrias das silagens através das peneiras Penn State® 19mm, 8mm, 4mm e fundo sólido.

Propriedades <sup>1</sup>	Penn State® 19mm (%) <sup>2</sup>	Penn State® 8mm (%) <sup>3</sup>	Penn State® 4mm (%) <sup>4</sup>	Penn State® Fundo Sólido (%) <sup>5</sup>
1	26,00	51,66	16,66	5,66
2	15,66	43,33	27,21	13,80
3	9,00	51,33	29,33	10,00
4	5,00	57,00	26,50	11,50
5	21,00	59,00	14,33	5,66
6	23,09	49,63	25,69	8,00
7	14,33	49,33	23,33	13,00
8	25,00	56,66	14,66	3,66
9	35,00	40,66	15,68	8,00
10	21,33	49,33	19,33	10,00
Médias	19,54	50,79	21,27	8,92

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Peneira Penn State® 19milímetros. <sup>3</sup>Peneira Penn State® 8 milímetros. <sup>4</sup>Peneira Penn State® 4milímetros. <sup>5</sup>Peneira Penn State® fundo sólido.

A recomendação de distribuição das partículas nas peneiras Penn State® é descrita por Heinrichs e Jones (2013), que indicam valores ideais entre 3 a 8% para a peneira de 19 mm, 45 a 65% para a de 8 mm, 20 a 30% para a de 4 mm e até 10% no fundo sólido.

Na análise individual das propriedades, de acordo com a Tabela 9, todas apresentaram valores fora do recomendado na peneira de 19 mm. Para a peneira de 8 mm, 80% das propriedades ficaram dentro dos limites esperados. Já na peneira de 4 mm, metade das amostras não atingiram o percentual mínimo, enquanto três propriedades excederam o valor máximo aceitável no fundo sólido. Esses resultados indicam falhas no manejo do corte das forrageiras durante a ensilagem, exigindo maior atenção nesse aspecto.

Partículas menores favorecem a compactação da massa ensilada (Neumann et al., 2007), o que intensifica os processos fermentativos, resultando em menor pH e menor teor de nitrogênio amoniacal (Tavares et al., 2009). No entanto, um excesso de partículas curtas, com fibras reduzidas, pode causar distúrbios digestivos, como a acidose ruminal (Kmicikewycz; Heinrichs, 2015).

A média de temperatura da silagem (Tabela 10) foi correlacionada à temperatura ambiente, registrada por estação meteorológica do Instituto Agronômico de Campinas – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais, no período entre 8h e 11h, durante as visitas nas propriedades.

**Tabela 10** - Avaliação da temperatura média das silagens e comparação com a temperatura máxima do ar (média) obtida através da estação meteorológica do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais.

Propriedades <sup>1</sup>	Temp. média silagem (°C) <sup>2</sup>	DP	Temp. máxima (média) Estação Meteorológica IAC – Votuporanga <sup>3</sup> (°C)	DP
1	26.62	0.62	14.86	4.45
2	26.52	0.86	22.81	2.99
3	28.62	1.41	14.86	4.45
4	27.85	0.69	23.95	5.06
5	32.97	3.42	18.53	1.53
6	41.32	6.99	22.81	2.99
7	27.05	1.89	23.39	3.72
8	31.37	1.31	23.67	3.40
9	22.62	0.59	23.67	3.40
10	37.47	1.35	22.24	4.19
Médias	30.24	1.91	21.07	3.61

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup> Temperatura média da silagem (graus célsius). <sup>3</sup>Temperatura máxima (média) segundo a Estação Meteorológica IAC – Votuporanga. Desvio padrão (DP).

Em 100% das propriedades avaliadas, as temperaturas da silagem estiveram fora do padrão recomendado por Kung Jr. (2010), que orienta que a silagem deve estar cerca de 2 °C abaixo da temperatura ambiente.

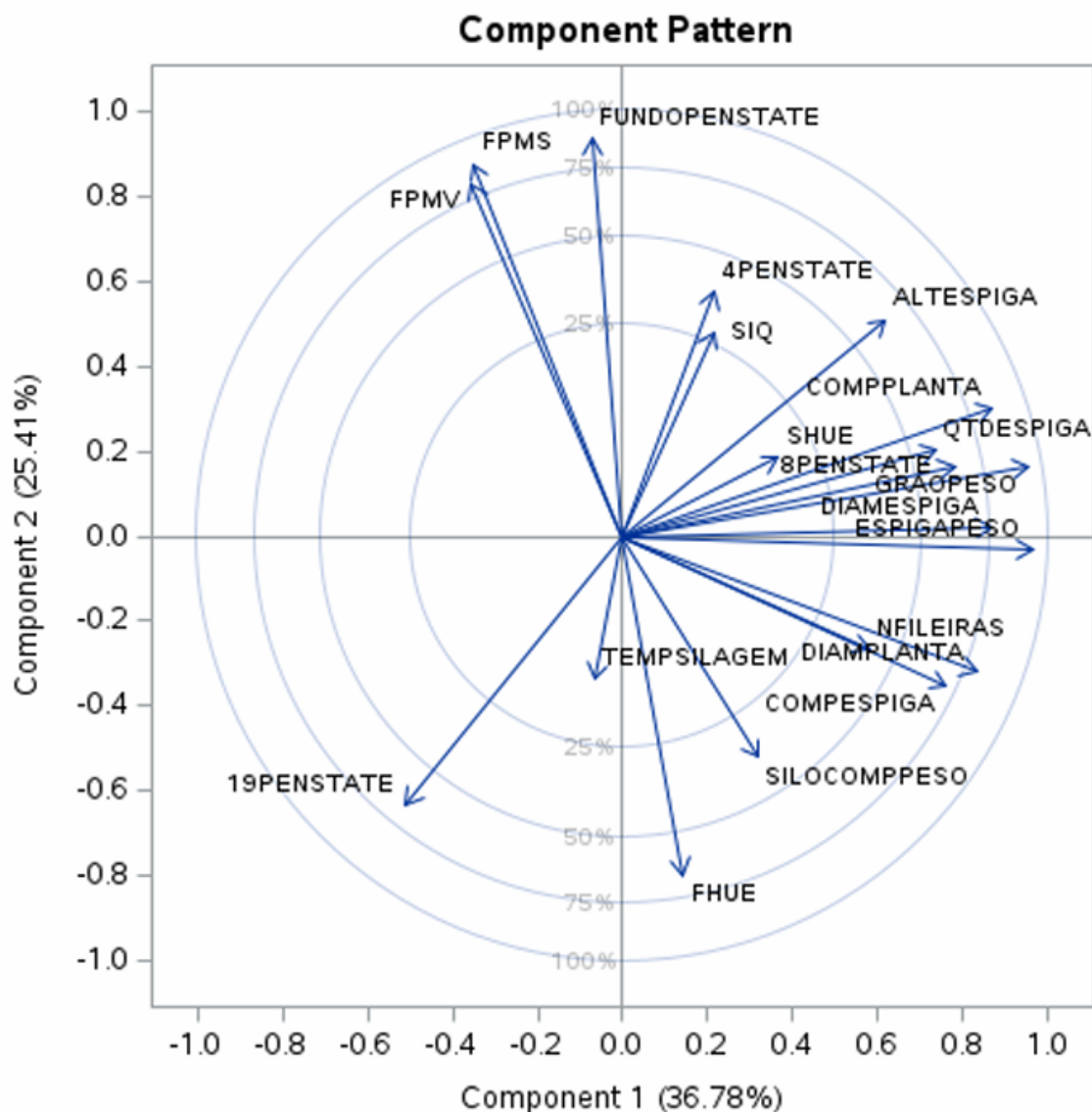
O aumento da temperatura indica a ocorrência de aerobiose prolongada, favorecendo a atividade de microrganismos indesejáveis, como leveduras e fungos. Quando a silagem atinge temperaturas superiores a 42 °C, pode ocorrer a reação de Maillard, em que os carboidratos se caramelizam e os grupos amino das proteínas se ligam ao FDA e ao nitrogênio insolúvel em detergente ácido (DA). Esse processo forma compostos indigestíveis, reduzindo a digestibilidade do material (Pedroso, 1998).

A análise de componentes principais (PCA) aplicada às características agrônômicas das plantas de milho e aos parâmetros físicos da silagem demonstrou elevada capacidade de síntese da variabilidade multivariada, com os componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2) explicando conjuntamente 62,19% da variância total. O CP1, representado no eixo horizontal, respondeu por 36,78%, enquanto o CP2, no eixo vertical, explicou 25,41% da variabilidade observada.

A inspeção dos vetores (Figura 5) revela que o CP1 está predominantemente associado ao conjunto de características estruturais e produtivas das plantas e espigas. As variáveis ESPIGAPESO, DIAMESPIGA, COMPESPIGA, COMPLANTA, DIAMPLANTA e a fração de partículas retida na peneira de 8 mm do separador Penn State (8PENNSTATE) apresentaram vetores longos, orientados para o

quadrante positivo do eixo horizontal, indicando forte contribuição para esse componente. A proximidade angular entre esses vetores evidencia alta correlação positiva, caracterizando o CP1 como um gradiente de porte vegetativo, robustez morfológica e desenvolvimento estrutural da espiga e da planta, diretamente relacionado ao potencial produtivo e ao maior predomínio de partículas médias a grossas após o processo de ensilagem.

**Figura 5:** Distribuição das variáveis de características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.) e parâmetros físicos da silagem, no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2



COMPPLANTA = comprimento de plantas. DIAMPLANTA = diâmetro de plantas. QTDESPIGA = quantidade de espigas. ESPIGAPESO = peso das espigas. DIAMESPIGA = diâmetro das espigas. COMPESPIGA = comprimento das espigas. NFILEIRAS = número de fileiras das espigas. GRAOPESO = peso dos grãos. FHUE = ângulo HUE da forragem. SILOCOMPPEO = compactação do silo. TEMP SILAGEM = temperatura da silagem. 19PENSTATE = Peneira Penn State® de 19 milímetros. 8PENSTATE = Peneira Penn State® de 8 milímetros. 4PENSTATE = Peneira Penn State® de 4 milímetros. FUNDOPENSTATE = Peneira Penn State® de fundo sólido. SHUE = ângulo HUE da silagem. FPMV = produção de massa verde da forragem. FPMS = produção de matéria seca da forragem. SIQ = índice de qualidade da silagem. ALTESPIGA = Altura da primeira espiga em relação ao solo.

O CP2, por sua vez, representou uma dimensão distinta, associada aos extremos da granulometria e às propriedades físicas da forragem ensilada. As maiores contribuições positivas para esse componente foram observadas nas variáveis FUNDOPENNSTATE (fração retida no fundo do separador), FPMS e FPMV (pesos da matéria seca e verde da forragem), as quais refletem a presença de partículas finas e atributos físicos relacionados à massa do material. No sentido negativo do CP2, o vetor de maior magnitude correspondeu ao índice de cor FHUE, variável associada à tonalidade da forragem e potencial indicadora de características de maturidade e integridade do material no momento da ensilagem. Adicionalmente, a fração retida na peneira de 19 mm (19PENNSTATE) apresentou vetor orientado para o quadrante inferior esquerdo, denotando contribuição negativa simultânea ao CP1 e ao CP2, o que indica relação inversa tanto com as características morfológicas predominantes do CP1 quanto com os parâmetros físicos associados ao CP2.

A distribuição dos vetores no plano fatorial evidencia que CP1 e CP2 capturam dimensões distintas e complementares do conjunto de dados avaliados. Assim, o CP1 pode ser interpretado como um eixo que sintetiza a arquitetura da planta, o tamanho da espiga e o desempenho produtivo, influenciando diretamente a distribuição das partículas médias e grossas na silagem. O CP2, por outro lado, descreve predominantemente parâmetros físicos da silagem, incluindo a proporção de partículas finas, a massa da forragem e atributos de cor, variáveis relevantes para processos de compactação, fermentação e estabilidade aeróbia.

A análise angular reforça esses agrupamentos: vetores com ângulos reduzidos, como ESPIGAPESO, DIAMESPIGA e COMPESPIGA, apresentam correlação positiva elevada, confirmando que espigas mais pesadas tendem a apresentar maior comprimento e diâmetro. Em contraste, vetores orientados em direções opostas, como FHUE e FUNDOPENNSTATE, indicam associação negativa, sugerindo que alterações na granulometria fina da silagem podem ocorrer de forma inversa à variação da coloração da forragem.

A Tabela 11 apresenta os parâmetros bromatológicos das amostras retirada no momento colheita da cultura em cada propriedade. As forragens avaliadas apresentaram composição bromatológica variada entre as propriedades. A média de CNF foi de 30,57%, enquanto o teor médio de NDT foi de 59,3%. O teor de amido variou consideravelmente,

com média de 10,71%, e a energia líquida de manutenção (NEM) foi, em média, 1,21 Mcal.kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 11** – Resultados laboratoriais para carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais, amido, energia líquida de manutenção, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, lignina, digestibilidade *in vitro* da matéria seca em 48 horas, extrato etéreo e proteína bruta das forragens pertencentes aos híbridos de milho avaliados.

Propriedades	CNF %	NDT %	Amido %	NEM %	FDN %	FDA %	Lig. %	DIVMS 48h %	EE %	PB %
1	26.50	58.00	5.10	1.19	55.30	30.20	3.60	83.00	3.00	13.30
2	22.30	55.00	6.40	1.03	65.50	42.30	9.80	68.00	2.50	10.40
3	38.40	54.00	9.50	1.06	46.20	24.60	3.30	86.00	2.50	11.20
4	35.80	68.00	20.80	1.51	50.20	27.50	3.20	81.00	3.20	9.90
5	30.40	57.00	9.40	1.14	55.40	32.80	3.70	79.00	2.20	9.90
6	20.60	59.00	2.30	1.16	62.40	35.40	5.90	79.00	2.40	12.90
7	32.90	58.00	10.20	1.16	53.00	30.30	3.10	80.00	2.30	9.80
8	30.00	58.00	9.20	1.18	54.90	30.80	4.10	80.00	2.70	11.00
9	34.40	63.00	17.10	1.35	52.00	30.30	2.80	78.00	2.20	9.30
10	34.40	63.00	17.10	1.35	52.00	30.30	2.80	78.00	2.20	9.30
Médias	30.57	59.3	10.71	1.21	54.69	31.45	4.23	79.2	2.52	10.7

CNF = carboidratos não fibrosos. NDT = nutrientes digestíveis totais. NEM = energia líquida de manutenção. FDN = fibra em detergente neutro. FDA = fibra em detergente ácido. Lig. = lignina. DIVMS 48h = digestibilidade *in vitro* da matéria seca em 48 horas. EE = extrato etéreo. PB = proteína bruta.

Os valores de FDN e FDA foram, respectivamente, 54,69% e 31,45%, refletindo o teor de fibra total das silagens. A lignina apresentou média de 4,23%, e a DIVMS 48h foi de 79,2%. Quanto aos nutrientes, o teor médio de EE foi de 2,52%, e de PB, 10,7%.

A Tabela 12 demonstra as avaliações bromatológicas das silagens, obtidas no momento da abertura dos silos. Como observado na avaliação inicial da forragem, as propriedades apresentaram grande variabilidade entre os itens avaliados, principalmente em decorrência à consorciação com outras culturas, como foi o caso das propriedades “2” e “6”.

**Tabela 12** - Porcentagem de ácido lático das silagens em relação ao teor de matéria seca e resultados laboratoriais para carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais, amido, energia de manutenção, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, digestibilidade *in vitro* da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta.

Prop.	AL MS (%) <sup>1</sup>	Relação AL/AC <sup>2</sup>	CNF % <sup>3</sup>	NDT % <sup>4</sup>	Amido % <sup>5</sup>	NEM % <sup>6</sup>	FDN % <sup>7</sup>	FDA % <sup>8</sup>	Lig. % <sup>9</sup>	DIVMS 48h % <sup>10</sup>	EE % <sup>11</sup>	PB % <sup>12</sup>
1	2.58	0.93	18.40	62.00	5.50	1.30	59.30	35.60	4.50	79.00	4.10	13.80
2	4.07	15.07	20.90	53.00	5.60	0.99	62.20	44.20	9.90	71.00	2.70	11.60
3	6.46	2.99	33.10	70.00	23.00	1.60	49.70	28.10	2.50	84.00	3.70	9.90
4	3.73	1.01	34.30	71.00	29.30	1.63	49.80	27.40	2.80	82.00	4.20	9.50
5	6.11	2.6	30.20	65.00	14.00	1.39	55.00	31.80	3.20	80.00	2.80	10.30
6	4.01	3.18	19.40	57.00	4.50	1.12	64.30	42.30	7.70	75.00	3.30	10.50
7	3.80	2.87	31.00	63.00	15.10	1.36	53.50	30.30	4.10	81.00	3.30	10.40
8	3.79	1.35	19.60	61.00	10.20	1.27	59.70	34.70	4.20	77.00	3.70	11.60
9	3.74	3.11	35.00	68.00	25.50	1.53	50.80	26.10	3.30	81.00	3.70	9.20
10	5.76	4.08	33.70	64.00	16.20	1.38	51.70	28.90	3.60	80.00	3.20	9.60
Médias	4.40	3.71	27.56	63.4	14.89	1.35	55.6	32.94	4.58	79	3.47	10.64

<sup>1</sup>Ácido lático em relação à matéria seca. <sup>2</sup>Relação entre ácido lático e ácido acético. <sup>3</sup>Carboidratos não fibrosos.

<sup>4</sup>Nutrientes digestíveis totais. <sup>5</sup>Amido. <sup>6</sup>Energia de manutenção. <sup>7</sup>Fibra em detergente neutro. <sup>8</sup>Fibra em detergente ácido.

<sup>9</sup>Lignina. <sup>10</sup>Digestibilidade *in vitro* da matéria seca. <sup>11</sup>Extrato etéreo. <sup>12</sup>Proteína bruta.

Nas silagens avaliadas, os níveis de ácido lático variaram entre 2,58% e 6,11%, ficando abaixo do esperado. Esse ácido é fundamental para otimizar a fermentação da silagem e garantir a conservação do produto final (Tomich et al., 2003). O valor recomendado para o ácido lático está entre 6,5% e 9,3% da matéria seca (Santos et al., 2010a), o que indica que ocorreram falhas nos processos fermentativos.

A relação entre ácido lático e ácido acético é um indicador da qualidade fermentativa da silagem. Valores superiores a 3 sugerem a atuação predominante de bactérias homoláticas, que produzem ácido lático e contribuem para uma maior estabilidade aeróbica do material final (Kung Jr., 2018). Apenas 30% das propriedades avaliadas atingiram esse resultado.

Observou-se grande variação nos teores de CNF, NDT e amido entre as propriedades avaliadas. Os CNF apresentaram níveis regulares em 60% das propriedades, enquanto os NDT foram considerados aceitáveis em apenas 20%. Já os teores de amido estiveram abaixo do ideal em todas as propriedades.

Esses componentes estão diretamente ligados ao valor energético da silagem, sendo que os teores mínimos recomendados são de 25% para amido e CNF (Cardoso et al. 2011). No entanto, o ideal é que os valores superem 30% para amido e 70%

para NDT (Neumann, 2011 apud Marcondes et al., 2012). Os teores de NDT encontrados foram semelhantes aos relatados por Cruz et al. (2008), em um concurso de produtividade com forragens colhidas com 20 a 25% de matéria seca.

As silagens avaliadas apresentaram baixa quantidade de grãos, conforme anteriormente apresentado na Tabela 8, o que já justifica, em parte, a ausência de níveis ideais de amido nas propriedades. Além disso, falhas no processo de ensilagem, como a possível extensão da fase fermentativa aeróbica, podem ter agravado ainda mais esse resultado (Tomich et al., 2003). Essa deficiência impacta negativamente a formação dos NDT, que resultam da soma das frações digestíveis de proteína, EE, FB e extrativos não nitrogenados (ENN), estes últimos compostos por açúcares, amido e pectina (Salman et al., 2010), sendo fundamentais para a estimativa do valor energético da silagem. Vale destacar ainda que o amido integra os CNF, influenciando diretamente sua composição (Brandi e Furtado, 2009).

As silagens avaliadas apresentaram, em sua maioria, valores satisfatórios de NEM, com 90% delas acima de 1 kcal, sendo que apenas uma propriedade registrou 0,99 kcal. Essa medida permite avaliar diretamente o teor energético da silagem, refletindo o quanto da energia contida no alimento está disponível para uso pelo animal. Considera-se ideal o valor superior a 1 kcal (Medeiros e Albertini, 2015; Cardoso et al., 2011).

Os teores de FDN estiveram acima dos níveis recomendados, sendo que apenas duas propriedades apresentaram valores dentro do intervalo sugerido pela literatura. Em relação à FDA, apenas 40% das propriedades atenderam aos parâmetros indicados.

FDN e FDA apresentam correlação positiva entre si, mas estão negativamente relacionados ao consumo da silagem (FDN) e à digestibilidade do alimento (FDA) (Weiss, 1998; Oliveira, 1998), já que o FDA possui altos níveis de lignina, substância de baixa digestibilidade (Cruz et al., 2021a). Segundo Neumann (2011) apud Marcondes et al. (2012), os valores ideais na MS são inferiores a 52% para FDN e até 30% para FDA. Cardoso et al. (2011) também recomendam até 50% para FDN e 30% para FDA. É importante destacar que o processo de fermentação não reduz esses teores, podendo mantê-los próximos aos da forragem original ou até aumentá-los durante a conservação.

Os níveis de lignina foram considerados ideais em 80% das propriedades avaliadas, devido ao ciclo curto do milho e colheita com baixo teor matéria seca. Na propriedade 2, a lignina atingiu 9,9%, resultado de um milho colhido, além do ponto ideal, numa estratégia de consorciação com milheto (37% MS) e produção de 0,870 kg.m<sup>-2</sup> (desvio

padrão = 0,08), além de mombaça (31% MS) com produção de 1,17 kg.m<sup>-2</sup> (desvio padrão = 0,52). Essa combinação permitiu a ensilagem sem a necessidade de adicionar milho seco para auxiliar na fermentação. Já na propriedade 6, o milho foi associado ao capim miyagi (27,49% MS) com produtividade de 1,17 kg.m<sup>-2</sup> (desvio padrão = 0,64), visando aumentar o volume do material armazenado. Essas foram as únicas propriedades que realizaram consorciação com outras culturas no processo de ensilagem.

Teores mais baixos de lignina são desejáveis para melhorar a digestibilidade da silagem, sendo considerados adequados aqueles de até 5% (Guimarães et al., 2019). A parede celular das plantas é composta principalmente por hemicelulose, celulose, pectina e lignina. Com o avanço do ciclo da planta, há um espessamento das células, o que resulta no aumento do teor de lignina (Giger-Reverdin, 1995).

Souza et al. (2010) observaram teores de lignina variando entre 7,10% e 8,10% em capim búfel (*Cenchrus ciliaris* L.) das cultivares Pusa Giant, Tanzânia, Buchuma e Bioloela, ambos da, avaliados aos 80 dias após a semeadura. Esses dados sugerem que, nas propriedades “2” e “6”, os níveis de lignina podem ter sido influenciados pela presença dos capins Mombaça e Miyagi.

A DIVMS apresentou resultados satisfatórios em todas as propriedades, estando acima do valor mínimo recomendado pela literatura, que é de 66% (Cardoso et al., 2011). Esse parâmetro está diretamente relacionado aos teores de FDA.

O EE permaneceu dentro de níveis adequados em todas as propriedades avaliadas. Segundo Neumann (2011) apud Marcondes et al. (2012), o EE representa a fração oleosa do alimento, sendo recomendados teores entre 2% e 5%. Já Cardoso et al. (2011) sugerem níveis superiores a 3%. No entanto, conforme Mir et al. (2006) apud Mir et al. (2002), valores acima de 6% podem comprometer a função ruminal.

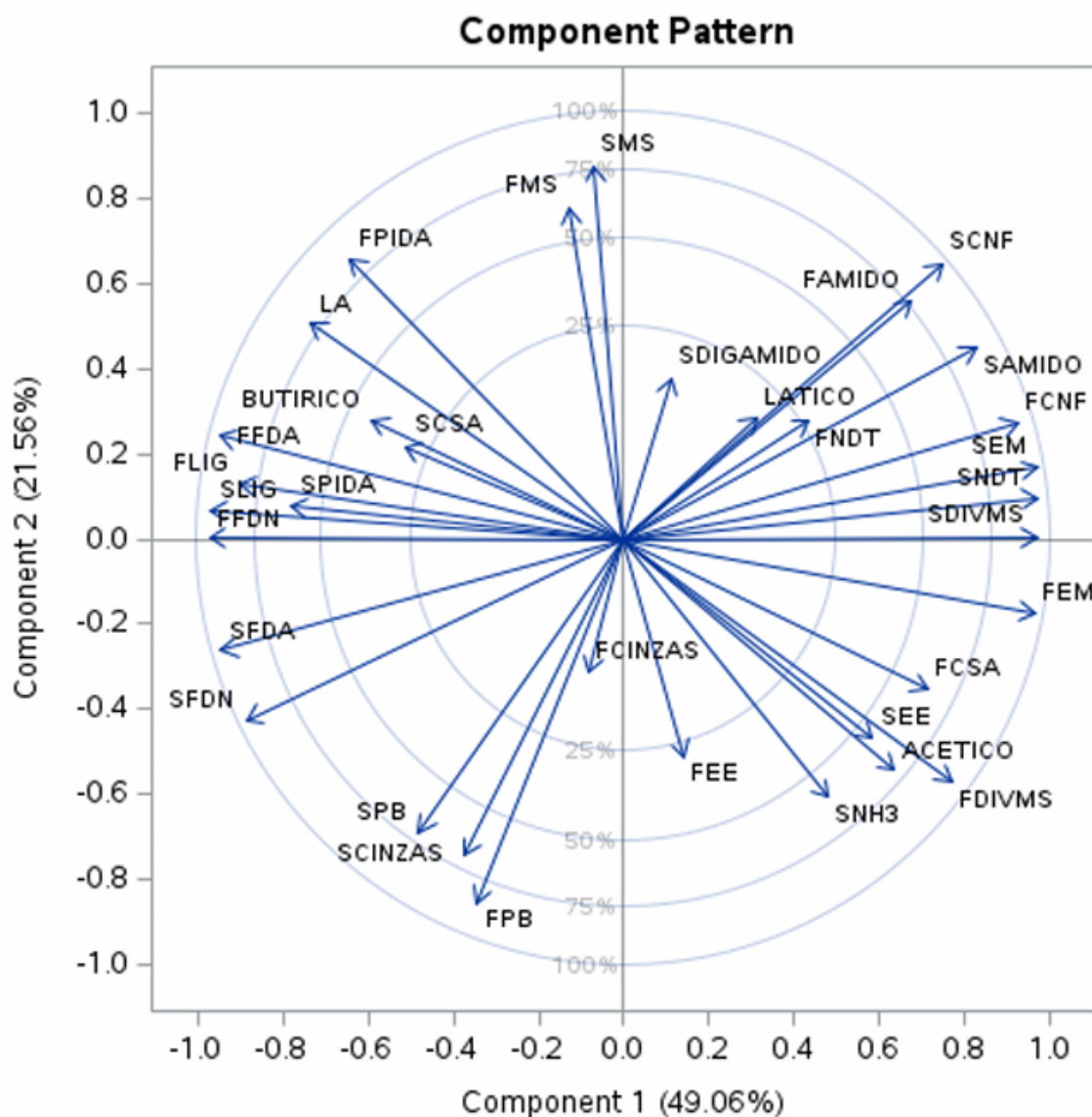
Todas as silagens avaliadas apresentaram níveis de PB acima do mínimo recomendado de 7%, conforme Cardoso et al. (2011). A média de PB observada neste estudo foi de 10,64%, valor superior ao registrado por Possenti et al. (2005), que encontraram 9,4% em silagem de milho, e superior ao observado por Velho et al. (2007) que relataram 8%.

Esse resultado pode ser explicado pela presença significativa de plantas daninhas no momento da colheita, como as do gênero *Ipomoea*, que contribuíram para a queda na produtividade do milho (Silva et al., 2011). A propriedade 1, além de apresentar ervas daninhas, demonstrou níveis regulares de produtividade em fatores importantes, como a porcentagem de grãos na MS (38%), porém, o teor de MS na colheita foi reduzido quando

comparado às outras propriedades (22,9%) uma vez que foi colhida com 79 D.A.S., impactando diretamente no teor de PB, pois, esse teor reduz durante o processo de maturação da planta, demonstrando que o híbrido ainda não estava no estágio ideal para colheita (Filya, 2004).

A análise de componentes principais realizada a partir dos parâmetros fermentativos da silagem, das características químicas da forragem e da silagem, bem como dos indicadores de digestibilidade, permitiu sintetizar a variabilidade multivariada do conjunto experimental. Os dois primeiros componentes explicaram conjuntamente 70,63% da variância total observada, sendo o Componente Principal 1 (CP1) responsável por 49,06%, enquanto o Componente Principal 2 (CP2) explicou 21,56%, conforme demonstrado na ordenação gráfica (Figura 6).

**Figura 6:** Distribuição das variáveis de parâmetros fermentativos da silagem de milho (*Zea mays* L.) e composição química e digestibilidade da silagem e da forragem, no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2.



ACETICO = ácido acético da silagem. BUTIRICO = ácido butírico da silagem. LÁTICO = ácido láctico da silagem. LA = relação ácido láctico/ácido acético. SAMIDO = amido da silagem. SCSA = carboidratos solúveis em água da silagem. SCNF = carboidratos não fibrosos da silagem. SDIVMS = digestibilidade in vitro da matéria seca. SDIGAMIDO = digestibilidade do amido em 7 horas da silagem. SEM = energia metabolizável da silagem. SEE = extrato etéreo da silagem. SFDA = fibra em detergente ácido da silagem. SFDN = fibra em detergente neutro da silagem. SLIG = lignina da silagem. SCINZAS = cinzas da silagem. SNH3 = nitrogênio amoniacal da silagem. SNTD = nutrientes digestíveis totais da silagem. SPB = proteína bruta da silagem. SPIDA = proteína insolúvel em detergente ácido da silagem. FAMIDO = amido da forragem. FCSA = carboidratos solúveis em água da forragem. FCNF = carboidratos não fibrosos forragens. FDIVMS = digestibilidade in vitro da matéria seca da forragem. FEM = energia metabolizável forragem. FEE = extrato etéreo forragem. FFDA = fibra em detergente ácido forragem. FFDN = fibra em detergente neutro forragem. FLIG = lignina forragem. FCINZAS = cinzas da forragem. FMS = teor de matéria

seca da forragem. FNDDT = nutrientes digestíveis totais da forragem. FPB = proteína bruta da forragem. FPIDA = proteína insolúvel detergente ácido da forragem.

O CP1 representou um gradiente diretamente associado à qualidade nutricional e ao valor energético do material ensilado, agregando como maiores contribuintes positivos as variáveis relacionadas à digestibilidade e aos carboidratos não fibrosos. Dentre elas, destacaram-se energia metabolizável da forragem (FEM), energia metabolizável da silagem (SEM), digestibilidade in vitro da matéria seca da silagem (SDIVMS), nutrientes digestíveis totais da silagem (SNDT), nutrientes digestíveis totais da forragem (FNDDT), amido da silagem (SAMIDO), digestibilidade do amido em 7h da silagem (SDIGAMIDO), carboidratos não fibrosos da forragem (FCNF) e carboidratos não fibrosos da silagem (SCNF), cujos vetores apresentaram elevada magnitude e orientação similar, denotando forte correlação positiva entre digestibilidade, carboidratos não estruturais e oferta energética. Em oposição, contribuíram negativamente para o CP1 os componentes fibrosos da silagem, especialmente fibra em detergente neutro da silagem (SFDN), fibra em detergente ácido da silagem (SFDA) e lignina da silagem (SLIG), além das frações estruturais da forragem (fibra em detergente neutro da forragem, fibra em detergente ácido da forragem e lignina da forragem), posicionadas no quadrante negativo. Essa distribuição evidencia que o CP1 presume um eixo que contrasta maior teor de fibra e maior lignificação com maior digestibilidade, maior disponibilidade de carboidratos não fibrosos e maior aporte energético, caracterizando-se como o principal discriminante da qualidade nutricional global da silagem.

O CP2, por sua vez, descreveu principalmente a variação físico-química do material, com ênfase no teor de matéria seca, nas frações nitrogenadas insolúveis e nos minerais. Contribuíram positivamente para este componente os vetores matéria seca da forragem e da silagem, proteína indigestível em detergente ácido da forragem e da silagem e carboidratos solúveis em água da silagem, cujas direções convergentes indicam correlação entre matéria seca, frações nitrogenadas de baixa solubilidade e conteúdo mineral. Nota-se também a contribuição positiva de ácido láctico (LA), sugerindo associação com um padrão fermentativo mais eficiente. Em oposição, situaram-se no quadrante negativo do CP2 variáveis como proteína bruta da forragem e da silagem, extrato etéreo da forragem e da silagem, cinzas da silagem, nitrogênio amoniacal da silagem e ácido acético da silagem, indicando que teores mais elevados destes componentes representam a antítese das

condições agrupadas no extremo positivo. Assim, o CP2 descreve um gradiente vinculado à estabilidade fermentativa, à conservação proteica e ao estado físico do material ensilado, diferenciando condições associadas à retenção de matéria seca e à preservação estrutural das frações nitrogenadas de condições marcadas por maior degradação proteica e fermentações secundárias.

As relações angulares observadas entre os vetores confirmam tendências fisiológicas e fermentativas esperadas. Vetores próximos, como FEM, SNTD, SDIVMS e SAMIDO, indicam alta correlação positiva, reforçando que incrementos na digestibilidade acompanham aumentos na densidade energética e na disponibilidade de amido. Em contrapartida, a oposição direta entre SLIG, SFDN e SFDA em relação às variáveis ligadas à digestibilidade confirma a natureza antagônica entre lignificação/fibrosidade e potencial nutritivo. De forma semelhante, o posicionamento antagônico entre matéria seca (SMS, FMS) e proteína bruta (SPB, FPB) no CP2 descreve dinâmicas típicas de variação no estágio de colheita ou nas condições fermentativas que afetam a disponibilidade proteica e a concentração de sólidos.

De maneira integrada, os dois primeiros componentes demonstram que a variabilidade do sistema se concentra majoritariamente na interação entre qualidade nutritiva (CP1) e estado físico-químico/proteico do material ensilado (CP2).

A atribuição de notas com base nos percentuais de assertividade constitui uma ferramenta metodológica relevante para a análise comparativa do desempenho entre diferentes propriedades. Essa abordagem permite sintetizar resultados complexos em valores numéricos padronizados, facilitando a identificação de padrões, a avaliação da consistência dos dados e a definição de estratégias de intervenção.

A Tabela 13 apresenta o percentual de assertividade multi-categórica alcançado por cada propriedade avaliada, acompanhado das respectivas notas finais, atribuídas em uma escala de 1 a 6. Esses dados permitem observar variações significativas no desempenho entre as propriedades, com percentuais de acerto variando de 26,66% a 73,33%. A média geral de assertividade foi de 49,33%, resultando em uma nota média final correspondente ao valor 3, o que indica desempenho moderado no contexto analisado.

**Tabela 13** - Apresentação do percentual de assertividade de cada propriedade e suas respectivas notas finais.

Propriedades <sup>1</sup>	Porcentagem de assertividade multi-categórica (%) <sup>2</sup>	Nota final (1-6) <sup>3</sup>
1	40	2
2	26.66	2

3	60	4
4	66.66	4
5	40	2
6	40	2
7	46.66	3
8	46.66	3
9	66.66	4
10	53.33	3
Média	48.66	2.9

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Porcentagem de assertividade multi-categórica (porcentagem). <sup>3</sup>Nota final das propriedades.

Das propriedades analisadas, 60% obtiveram menos da metade de acertos nas avaliações realizadas. As demais propriedades apresentaram índices maiores de precisão, mas nenhuma atingiu 100%, evidenciando a necessidade de acompanhamento contínuo e capacitação técnica. A nota final de cada propriedade foi relacionada ao ângulo Hue das forragens e silagens, com o objetivo de explorar uma nova forma de avaliar a qualidade do material, conforme apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14** - Correlação entre notas finais e ângulo Hue das forragens úmida e seca e das silagens úmida e seca.

Propriedade <sup>1</sup>	Nota final <sup>2</sup>	Hue forragem úmida <sup>3</sup>	Hue forragem seca <sup>4</sup>	Hue silagem úmida <sup>5</sup>	Hue silagem seca <sup>6</sup>
1	2	108.18	82.89	96.29	87.76
2	2	97.97	61.61	82.06	64.30
3	4	108.78	54.93	85.17	46.49
4	4	102.38	95.74	97.15	42.65
5	2	106.42	103.44	59.02	76.02
6	2	111.16	100.37	85.33	75.21
7	3	106.57	71.25	83.94	68.71
8	3	99.92	98.72	35.17	75.44
9	4	104.79	55.75	54.81	66.22
10	3	104.79	55.75	52.00	74.49
Médias	2.9	105.09	78.14	73.09	67.72

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Nota final das propriedades. <sup>3</sup>Ângulo Hue da forragem úmida. <sup>4</sup>Ângulo Hue da forragem seca. <sup>5</sup>Ângulo Hue da silagem úmida. <sup>6</sup>Ângulo Hue da silagem seca.

Observa-se uma tendência de redução do Hue na silagem seca à medida que as notas das propriedades melhoram, exceto na propriedade “2”, que foi fortemente influenciada pelo capim Mombaça e pelo milheto. No entanto, o número reduzido de propriedades avaliadas é insuficiente para validar esse novo método de avaliação, sendo necessários testes com um maior volume de amostras.

Em suma, embora os teores de matéria seca tenham sido compatíveis com a literatura em metade das propriedades avaliadas, a produção de matéria seca por hectare, assim como a produção de massa de milho, foi insatisfatória em todas elas. A participação de grãos na MS foi baixa em 70% das silagens analisadas, e a produção de grãos por hectare

foi insuficiente em todas as propriedades, impactando negativamente os teores de amido, NDT e CNF. Esses resultados podem estar relacionados a déficits hídricos e à ocorrência de doenças, como o enfezamento e ao próprio manejo da cultura.

Os teores de FDN e FDA foram elevados em mais da metade das propriedades, o que pode comprometer o consumo e a digestibilidade da silagem pelos animais. Apesar da relação ácido láctico/ácido acético ter se mantido dentro dos padrões desejáveis (acima de 3), a concentração de ácido láctico foi insuficiente em todas as amostras, com média de apenas 4,4% em relação à MS.

A lignina apresentou níveis adequados em 80% das propriedades, excetuando-se aquelas que optaram por consorciação com outras culturas, evidenciando a necessidade de maior atenção nesse tipo de manejo. Os parâmetros de NEM, DIVMS, EE e PB mantiveram-se dentro da normalidade.

#### **4. CONCLUSÃO**

As propriedades avaliadas em Votuporanga-SP apresentaram silagens de qualidade intermediária, com baixa produtividade de MV e MS. Há potencial de melhoria por meio de ajustes no manejo agrônomo, sobretudo no desenvolvimento das plantas e espigas, no ponto de colheita e no processo de ensilagem. As análises bromatológicas revelaram baixos teores de amido e NDT, além de FDN e FDA acima do recomendado, comprometendo a digestibilidade e o valor energético. Os processos fermentativos também foram limitados, com baixa produção de ácido láctico e relação inadequada com ácido acético. Observou-se ainda que menores valores de ângulo Hue podem indicar melhor valor nutricional da silagem, embora essa relação necessite de estudos adicionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S.; COORS, J. G.; ROTH, G. W. Corn Silage. **Silage Science and technology**. Agronomy Monograph 42, p. 547-608. 2003.

ALVARES, Clayton, Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, Germany, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1127/0941\\_2948/2013/0507](http://dx.doi.org/10.1127/0941_2948/2013/0507).

ARGENTA, J.; MACHADO, B. O.; RIZZARDO, A. *et al.* Avaliação de acessos de crioulo quanto a caracteres de interesse para silagem. In: XXXI Congresso internacional de milho e sorgo – Milho e sorgo: inovações, mercado e segurança alimentar. 2016. Bento Gonçalves-RS. **Anais/Resumos**. 2016. p. 1258-1260. Disponível em: [https://www.abms.org.br/cnms2016\\_trabalhos/docs/1012.pdf](https://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1012.pdf). Acesso em: 09 de junho de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. **Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>. Acesso em: 06 de novembro de 2025.

ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, C. M.; MOREIRA, S. C. da S. *et al.* A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto e Tecnologia Agrícola**. Edição 182 digital. p.18-25. 2021.

BRANDIL R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, p.246-258, 2009.

CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. Estoque de forragem para a seca: Produção e utilização de silagem. **Imprensa Universitária UFC**. 194p. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020\\_liv\\_mjdcandido.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020_liv_mjdcandido.pdf). Acesso em: 05 de novembro de 2025.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2022. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). 500p.

CARDOSO, D. A. D. B.; OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, J. J. Produção e uso de silagem. Capítulo 18. In: Cruz. J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho – O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Infoteca-e Embrapa. 2011. p. 280-296.

CARVALHO, D. O.; CHAVES, F. F.; MIRANDA, J. E. C.; OLIVEIRA, J. S.; BERNARDO, W. F.; MAGALHÃES, V. M. A. **Sete passos para uma boa silagem de milho – Cartilha adaptada ao letramento do produtor**. Embrapa. p. 32. 2015.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: Nutrição e adubação**. Potafos. 1995. 25p. (Arquivo do agrônomo n° 2). Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/\\$File/Milho.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/$File/Milho.pdf). Acesso em: 06 de novembro de 2021.

CRUZ, J. C.; FILHO; I. A. P.; NETO, M. M. G.; ALBERNAZ, W. M. **Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita**. Embrapa. 2008. 7p. (Circular técnica 112) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491771/1/Circ112.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2025.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. Espaçamento e densidade. **Ageitec – milho**. 2021b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/plantio/espacamento-e-densidade>. Acesso em: 06 de junho de 2025.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. **Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro**. Juiz de Fora, MG. Embrapa. 2014. 10p. (Comunicado Técnico 74) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/991566/1/COT74PersioProducaodeSilagemdeMilhoparaSuplementacaodoRebanhoLeiteiro.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2025.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Banco de Dados Hidrológicos**. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>. Acesso em: 01 de outubro de 2024. DAMASCENO, T. M.; WINDER, A. R. da S.; NOGUEIRA, J. C. M.; DAMASCENO, M. M.; MENDES, J. C. da F.; DALLAPORTA, L. N. Influência do espaçamento de plantio de milho na produtividade de silagem. In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2010. **Anais/Resumos**. CD-Rom.

DIAS-FILHO, M. B. **Uso de pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: Passado, presente e futuro**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. 2016. 44p. (Documento 418). Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042092/1/DOCUMENTO\\_S418.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042092/1/DOCUMENTO_S418.pdf). Acesso em: 08 de abril de 2025.

FILYA, I. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. **Animal Feed Science And Technology**. Doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003. 141-150. 2004.

GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **ELSEVIER - Animal Feed Science and Technology**. p.295-334. 1995.

GOMES, R da C.; NUNEZ, A. J. C.; MARINO, C. T.; MEDEIROS, S. R. Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. Capítulo 9. In: MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa. 2015. p. 121-139.

GUIMARÃES, S. A.; GUIMARÃES, L. J. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; TRINDADE, R. dos S.; GUIMARÃES, P. E. de O.; SIMEONE, M. L. F.; SILVA, K. J. Caracterização de híbridos de baixo custo de sementes para produção de silagem. In: XIV Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq. 2019. **Anais/Resumos**. 6p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1113053/1/CaracterizacaoHibridos.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2025.

HEINRICH, J.; JONES, C. M. **The penn state particle separator**. Department of Animal Science. Penn state extension. Pennsylvania State University. DSE 2013-186, 2013.

KMICIKIEWYCZ, A.D.; HEINRICHS, A.J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.1, p.1-13, 2015.

KUNG JR, L. Aerobic Stability of silage. In: California Alfafa e Forage Symposium and Corn/Cereal silage conference. **Anais/Resumos**. 2010 Disponível em: [https://alfalfasyposium.ucdavis.edu/+symposium/2010/files/talks/CAS10\\_KungAnaerobicStability.pdf](https://alfalfasyposium.ucdavis.edu/+symposium/2010/files/talks/CAS10_KungAnaerobicStability.pdf). Acesso em: 17 de junho de 2025.

KUNG JR, L.; SHAVER, R. D.; GRAND, R. J.; SCHIMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n. 5, 2018.

LAMMERS, B. P.; BUCKMASTER, D. R.; HEINRICHS, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**. The Pennsylvania State University. v. 79, n. 5, p. 992-928. 1996. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(96\)76442-1/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(96)76442-1/pdf). Acesso em: 07 de abril de 2025.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. **Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2014. 10p. (Comunicado técnico 74).

MANTOVANI, E. C. **Perdas na colheita**. Ageitec – Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/perdas-na-colheita>. Acesso em: 06 de novembro de 2025.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The biochemistry of silage. **Chalcombe publications**. Marlow: Second edition, 1991. 340p.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **Feature**. vol. 27, n.12, p. 1254- 1255, 1992.

MEDEIROS, S. R.; ALBERTINI, T. Z. Participação de energia e sua determinação na nutrição de bovinos de corte. Capítulo 2. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Embrapa. Brasília – DF. 2015. p.17-26.

MELO, G. W.; RODIHERO, K.; FREITAS, R. F.; MAGRO, R. D.; ALBARELLO, J. B.; OLIVEIRA, P. D. Secagem rápida de tecidos de plantas para determinação da matéria seca. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. p. 4. 2013. Florianópolis-SC. **Anais/Resumos**. Ciências do solo. 2013. 4p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/992430/1/472.pdf>. Acesso em: 07 de abril de 2025.

MIR, P. S.; McALLISTER, T. A.; GIBB, D. J.; OKINE, E. K. in: MIR, P. S., IVAN, M., MEARS, G. J., BENKEL, B. F., ROSS, C. M., HUSAR, S. D. and MIR, Z. **Effect of sunflower oil on sheep intestinal digesta viscosity, composition and amylase activity**. *Small Rum. Nutr.* 45: 33–38. 2002.

MIRANDA, J. E. C.; RESENDE, H.; VALENTE, J. de O. **Plantio de milho para silagem**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2022. 8p. (Comunicado técnico 27). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/594900/1/COT27Plantiodemilhoparasilagem.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2025.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**. Vol. 71, p.2992-3002, n. 11, 1988. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(88\)79897-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(88)79897-5/pdf). Acesso em: 22 de setembro de 2023.

NEUMANN (2011) apud MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.2, p.173-192, 2012.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P. R. F.; NORNBORG, J. L.; OST, P. R.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de desensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, n. 5, p. 1603-1613. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/GnmTLJdtCqdNGhvjlByshB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de abril de 2025.

OLIVEIRA, J. S. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 1998. 34p. (Circular técnica 47). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/957981/1/Producaoouutilizacaoedesilagem.pdf>. Acesso em: 23 de abril em 2025.

OLIVEIRA, J. S.; MARTINS, C. E. **Agronegócio do leite – Silagem**. Embrapa. 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem). Acesso em: 17 de julho de 2025.

PAZIANI, S. de F.; DUARTE, A. P.; NAKAYAMA, F. T.; CARVALHO, I. Q.; TICELLI, M.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; FREITAS, R. S.; BARROS, V. L. N. P. Avaliação da produtividade e valor nutritivo de milho para silagem no Estado de São Paulo na Safra 2022/2023. **Nucleus**. Ed. Especial. 2023. Disponível em: <https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/4138/3493>. Acesso em: 17 de julho de 2025.

PEDROSO, A de F. **Princípios básicos: produção – manejo**. Embrapa Pecuária Sudeste, p.20-51, 1998. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/41496/1/PROCIAFP1997.00037.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2025.

POSSENTI, R. A.; FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M. S. et al. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Ciência Rural**, v35, n.5, p.1185-1189, 2005.

RÊGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S; SIGNORETTI, R. D. Importância do tamanho de partícula e do uso de inoculante bacteriano em silagens. **Revista colombiana de ciência animal**. p.88-99. 2015. Disponível em: <https://www.produccion->

[animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/267-rciav7n1a14.pdf](http://animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/267-rciav7n1a14.pdf).

Acesso em 22 de setembro de 2023.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: Revisado e ampliado. Instituto Floresta. 2017. 118p.

SALMAN, A. K. D.; FERREIRA, A. C. D.; SOARES, J. P. G.; SOUZA, J. P. **Metodologia para avaliações de alimentos para ruminantes domésticos**. Porto Velho – RO. Embrapa. 2010. 24p. (Documento 136).

SANTOS, G. E. A. T.; NECA, C. S. M.; SOUZA, D. H.; FONSECA, A. L. O impacto das análises bromatológicas na saúde animal: revisão de literatura. **Revista ft. Ciências da Saúde**. V. 27. DOI: 10.5281/zenodo.8088266. 2023.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A. *et al.* Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida brasileira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.62, n.6, p.1423-1429, 2010a.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A. *et al.* **Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem**. Embrapa Semiárido. v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010b.

SENAR. **Silagem de milho e sorgo: Produção, ensilagem e utilização**. Brasília – DF. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR. 2011. 114p. (Coleção SENAR 154). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/154-SILAGEM-DE-MILHO-E-SORGO-NOVO.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2025.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B.; SILVA, K. M. B.; OLIVEIRA, V. R.; PONTES FILHO, F. S. T. Corn growth and yield in competition with weeds. **Planta Daninha**. v. 29, n. 4, p. 793-802, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/Y6kMPgLnBgn8sbZGDnKQ6Wf/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 17 de junho de 2025.

SOUZA, R. A.; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L. *et al.* Composição bromatológica de silagens de cultivares de capim-búfel em diferentes idades de corte. In: **VI Congresso nordestino de produção animal – UFERSA**. Mossoró – RN. 2010. Anais/ Resumos. 2010. 5p.

TAVARES, V. B.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R. *et al.* Efeitos da compactação, da inclusão de aditivos absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista brasileira de zootecnia**. v.38, n.1, p.40-49, 2009.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá – MS. Embrapa. 2003. 20p. (Documento 57). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/811112/1/DOC57.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2025.

TOWNSEND, C. R. Avaliação agronômica de forrageiras. Porto Velho-RO. Embrapa. 2011. 26p. (Documentos 147).

VAN SOEST, P. J.; **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university. 2nd edition. 1994. 122p.

VELHO, J. P.; MUHLBACH, R. F.; NORNBORG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1532-1538, 2007.

WEISS, W. P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. Vol. 81. n.3. 1998. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75641-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75641-3/pdf). Acesso em: 29 de maio de 2025.

### **Capítulo 3 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus*) NA REGIÃO DE VOTUPORANGA-SP**

#### **RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade de silagens de BRS Capiaçú produzida em diferentes propriedades rurais da região de Votuporanga-SP. A pesquisa foi conduzida em cinco propriedades, abrangendo análises agronômicas e laboratoriais em três momentos distintos: pré-colheita, colheita e pós-ensilagem. Foram analisados parâmetros como matéria seca (MS), pH, proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), lignina e digestibilidade in vitro da MS (DIVMS). Os resultados demonstraram elevada variabilidade entre as propriedades, com destaque para os longos intervalos entre o plantio ou último corte e a colheita, o que contribuiu para o aumento dos teores de MS e FDN, mas reduziu a qualidade nutricional da silagem. A ausência de padronização no manejo agrônomo, especialmente na adubação, refletiu em baixa produtividade de matéria seca por hectare e teores de PB inferiores ao recomendado. As silagens apresentaram pH médio acima do ideal, sugerindo fermentações subótimas, e a digestibilidade foi prejudicada pela maior lignificação dos tecidos. Os dados indicam a necessidade de ajustes no manejo cultural e na colheita para melhorar a qualidade da silagem de BRS Capiaçú.

**Palavras-chave:** Silagem, BRS Capiaçú, bromatologia, qualidade nutricional, forragem tropical.

## **PRODUCTION AND QUALITY OF ELEPHANT GRASS SILAGE (*Cenchrus purpureus*) IN THE VOTUPORANGA-SP REGION.**

### **ABSTRACT**

The present study aimed to evaluate the quality of BRS Capiaçú silages produced on different rural properties in the Votuporanga-SP region. The research was conducted on five farms, encompassing agronomic and laboratory analyses at three distinct moments: pre-harvest, harvest, and post-ensiling. Parameters such as dry matter (DM), pH, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total digestible nutrients (TDN), lignin, and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) were analyzed. The results showed high variability among the properties, with a highlight on the long intervals between planting or the last cut and the harvest. This contributed to the increase in DM and NDF contents but reduced the nutritional quality of the silage. The lack of standardization in agronomic management, especially regarding fertilization, resulted in low dry matter productivity per hectare and CP contents below the recommended level. The silages showed an average pH above the ideal, suggesting suboptimal fermentations, and the digestibility was compromised by the increased tissue lignification. The data indicate the necessity for adjustments in crop management and harvesting to improve the quality of BRS Capiaçú silage.

**Keywords:** Silage quality, BRS Capiaçú, bromatological analysis, nutritional value.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil está instalado o maior rebanho comercial de bovinos do mundo (Moura et al., 2024), com mais de 238 milhões de animais (IBGE, 2023), além disso, de acordo com dados da Conab (2025), o ano de 2024 destacou-se como um período recorde no abate de bovinos, atingindo 10,91 milhões de toneladas, o maior volume já registrado pela instituição. Os principais destinos das exportações foram a China (46%), os Estados Unidos (8%) e os Emirados Árabes Unidos (4,6%).

A manutenção da eficiência produtiva é um pilar essencial nos sistemas de produção animal. Nesse contexto, o uso de pastagens é amplamente difundido no Brasil, principalmente por sua viabilidade econômica. No entanto, esse sistema enfrenta desafios significativos devido às variações climáticas ao longo do ano, que resultam em maior produção de biomassa forrageira apenas durante os períodos de primavera e verão (Novaes; Lopes; Carneiro, 2004; Moura et al. 2024).

Uma estratégia amplamente adotada para suprir a escassez de volumoso em épocas de baixa oferta é o armazenamento de forragem, seja na forma de silagem ou feno. A ensilagem consiste na conservação de forragens por meio da fermentação de carboidratos solúveis presentes nas plantas, o que promove a acidificação do meio, sendo esses processos determinantes para a qualidade final do produto (SENAR, 2011). A utilização do método de conservação “ensilagem” pode gerar menores custos, principalmente em pequenas propriedades, além de necessitar de métodos simples para execução (Retore et al., 2020). Conforme Oliveira e Martins (2021), as espécies vegetais mais empregadas na produção de silagem são o milho, o sorgo e o capim-elefante.

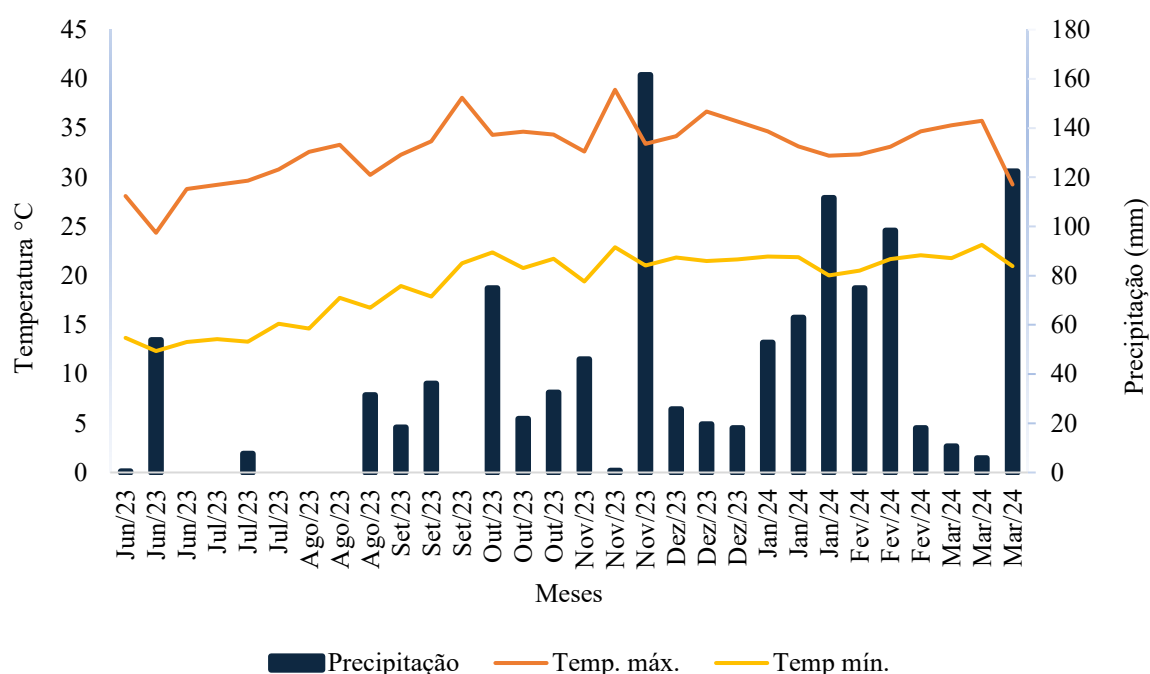
Segundo Vilela et al., (2016), os capins-elefantes, de modo geral, apresentam contribuições significativas à pecuária nacional, especialmente em pequenas e médias propriedades rurais, em função de sua elevada produção de massa verde, composição nutricional favorável e versatilidade de uso. Contudo, o aproveitamento eficiente dessa forrageira ainda é limitado pelo conhecimento técnico restrito por parte dos produtores.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção e qualidade de silagem de capim-elefante (BRS Capiapu) produzida na região de Votuporanga-SP, através de visitas (*in loco*) tratando-se de diagnóstico incomum, utilizando análise químicas e físicas (agronômicas), observando se houve preservação do material ensilado, em 5 propriedades representativas da região.

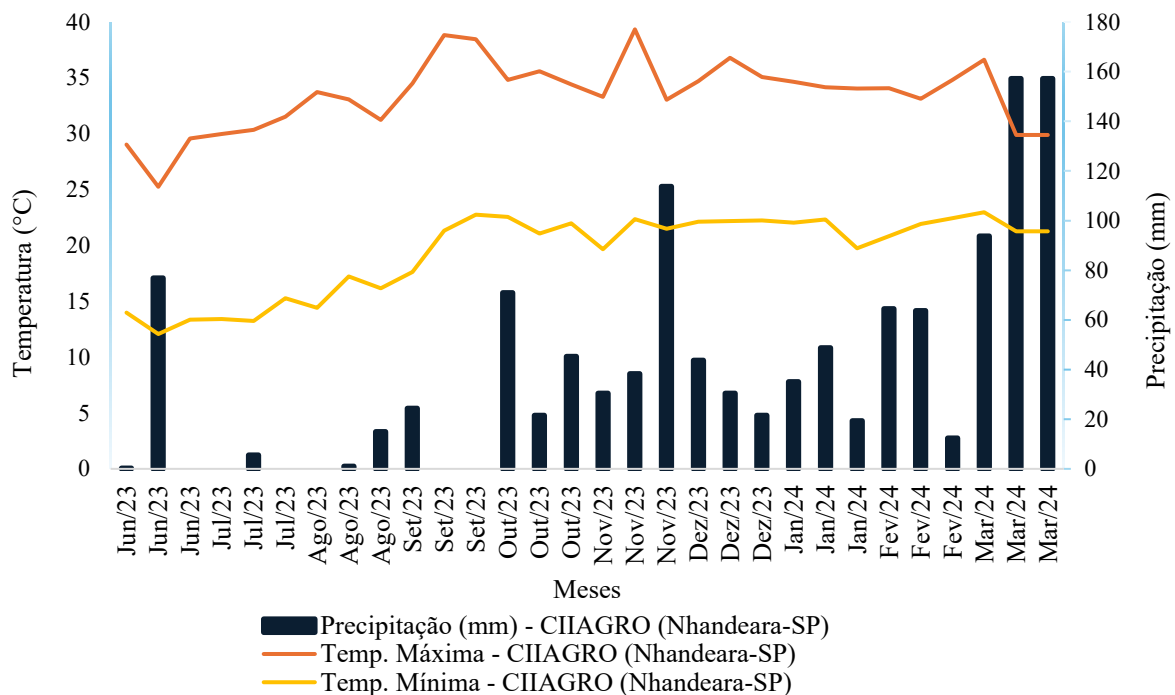
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em cinco propriedades localizadas na região de Votuporanga-SP, nos municípios de Cosmorama, Floreal e Valentim Gentil, entre 18 de dezembro de 2023 e 24 de julho de 2024.

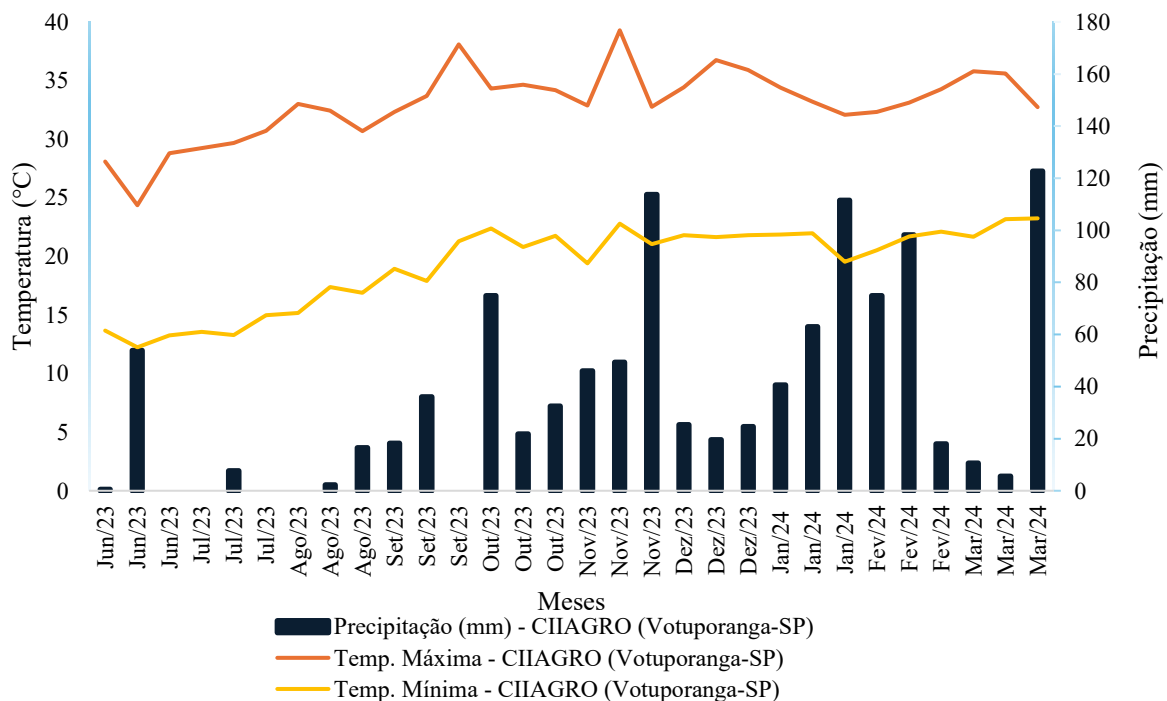
Nesse período, a precipitação média mensal registrada foi de 649,99 mm, conforme apresentado no Figura 7, 8, e 9. A região possui clima tropical com estação seca no inverno (classificação Aw de Köppen), apresentando temperaturas médias anuais de 31,2°C (máxima), 17,4°C (mínima) e 24°C (média) (Alvares et al. 2013; DAEE, 2025). A precipitação média anual é de 1328,6 mm.



**Figura 6:** Avaliações meteorológicas durante o ciclo da cultura, com médias de a cada dez dias, segundo o IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais – Votuporanga-SP.



**Figura 7** - Avaliações metereológicas durante o ciclo da cultura, com médias de a cada dez dias, segundo CIIAGRO – Nhandeara-SP



**Figura 8** - Avaliações metereológicas durante o ciclo da cultura, com médias de a cada dez dias, segundo CIIAGRO – Votuporanga-SP

As propriedades foram acompanhadas por meio de três visitas. A primeira teve como objetivo levantar informações sobre o manejo do BRS Capiaçú, como data de plantio ou do último corte, área total cultivada, existência de análise de solo e práticas agronômicas adotadas. Essas informações foram obtidas por meio de entrevistas com os produtores, uma vez que o cultivo ou corte havia sido realizado previamente ao início do monitoramento.

A segunda visita ocorreu durante a colheita, com foco na coleta de dados agronômicos. Foram mensurados em quatro amostras, o espaçamento entre linhas e entre touceiras, com trena métrica, número de touceiras e perfilhos em 4 metros lineares, por contagem manual, diâmetro médio dos perfilhos em 1m<sup>2</sup>, obtido com paquímetro digital (média das regiões basal, média e apical da planta), e altura média de plantas com folhas em 1 m<sup>2</sup>, aferida após estiramento total da planta, da base até a ponta da última folha.

O peso total da biomassa, em 1m<sup>2</sup>, foi determinado com balança digital com gancho, a cada parcela, separadamente. As folhas foram separadas, contadas, pesadas e sua massa registrada e os colmos remanescentes tiveram seu comprimento médio determinado. As perdas pós-colheita foram estimadas utilizando um quadro de ferro com área interna de 0,25 m<sup>2</sup>, lançado aleatoriamente sobre a área colhida.

A análise granulométrica do BRS Capiaçú picado foi realizada imediatamente após o corte, utilizando peneiras Penn State® (19mm, 8mm, 4mm e fundo sólido), conforme o método descrito por Heinrichs e Jones (2013).

Cada propriedade utilizou diferentes aditivos na ensilagem: na propriedade “1”, foi utilizado Lactosilo Gold® (frasco completo), na propriedade “3”, 25 kg de sal branco foram aplicados sobre o silo (superfície), na propriedade “4”, utilizou-se Silomax Gold® para cana, diluindo 200g em 10 litros de água e aplicando 100 litros para 200 toneladas de massa e na propriedade “5”, o Silomax Gold® foi aplicado na proporção de 20g para 10 litros de água, totalizando 15 litros.

Durante a colheita, foram coletadas três amostras da forragem picada e imediatamente refrigeradas. A primeira foi enviada ao IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais, em Votuporanga-SP para análise de matéria seca, conforme Melo et al., (2013). A segunda foi congelada para posterior envio ao laboratório, e a terceira foi utilizada para análise de coloração.

Para a análise de cor, visando a padronização, as amostras foram processadas em picador de carne com disco de 6 cm, por três vezes. Em seguida, uma porção

do material foi posicionado sobre papel sulfite branco (A4), dentro de uma área delimitada de 10x10 cm, identificado e armazenado em estrutura de isopor (caixa) com dimensões de 36 x 39 x 41 cm e borda de 6 cm. As imagens foram capturadas com um celular Moto G60 (câmera traseira de 108 MP) – sensor principal de 108MP com tecnologia Ultra Pixel Motorola®, com abertura f/1.9, posicionado a 15–20 cm das amostras, apoiado em tripé e acionado remotamente por bluetooth (“Remote Shutter”), mantendo a caixa fechada e sem interferência externa de luz. A iluminação foi padronizada com lâmpada de emergência de 30 LEDs (100 lúmens), fixada na tampa da caixa.

Foram tiradas quatro fotos por amostra, de diferentes ângulos. Em cada imagem, foram identificados sete pontos de cor com o aplicativo gratuito “Color Picker – versão 7.9.0” para android, sendo quatro nas extremidades, um no centro e dois em regiões aleatórias com coloração distinta. Assim, totalizaram-se 28 pontos por amostra. Os valores obtidos, em CIELab, foram convertidos para ângulo Hue com a fórmula  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$  (McGuire, 1992). O mesmo procedimento foi realizado com as amostras secas, com a diferença de que foram previamente moídas em triturador Marconi®, com peneira de 2 mm.

A terceira visita teve como finalidade a avaliação dos silos e da silagem. Foram observados o tipo de silo, suas dimensões (largura, comprimento e altura) e o grau de compactação. A compactação foi obtida através da retirada de amostras de silagem do silo com o uso de uma serra copo de 176,33 cm<sup>3</sup> acoplada a uma furadeira sem fio, em quatro pontos aleatórios do painel, sendo o material contido no interior da serra copo, pesados, gerando uma média, e, essa média transformada em m<sup>3</sup>. A temperatura interna da silagem foi medida com termômetro digital tipo espeto (15 cm de haste) em quatro diferentes locais e depois comparada com a temperatura ambiente. A temperatura do ar foi obtida por meio da estação meteorológica do IAC – Centro de Seringueiras e Sistemas Agroflorestais, situada em Votuporanga-SP, durante o intervalo das visitas (08h00 às 11h00). Posteriormente, calculou-se a média das temperaturas registradas nesse período para cada propriedade, resultando em um único valor médio por local. A análise granulométrica da silagem foi realizada novamente através das peneiras Penn State®, conforme Heinrichs e Jones (2013).

Na abertura do silo, foram coletadas três amostras aleatórias de silagem, acondicionadas em isopor com gelo e encaminhadas ao IAC – Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, em Votuporanga, para armazenamento, sendo que uma delas foi congelada, outra levada à estufa para determinação da matéria seca (Melo et al., 2013), e a terceira foi utilizada para análise de coloração, conforme descrito anteriormente.

A produção de cada propriedade (kg) e as quantidades de volume de material transportado em carretas, foram informadas pelos produtores ao final dos processos de ensilagem de cada propriedade.

As amostras de silagem, anteriormente congeladas (na abertura dos silos), foram encaminhadas para análise bromatológica no laboratório de análises bromatológicas da Unesp, em Ilha Solteira-SP, para verificação dos seguintes parâmetros: MS, pH, CZ, EE, PB na MS, NDT, FDN, FDA, hemicelulose, lignina na MS e digestibilidade da MS. As mesmas análises foram realizadas nas amostras de forragem, com a adição da avaliação do poder tampão.

As variáveis agrônomicas do BRS Capiáçu, os parâmetros físicos e fermentativos da silagem, bem como a composição química e a digestibilidade da forragem e da silagem, foram analisados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP), utilizando o procedimento PROC PRINCOMP do SAS® OnDemand for Academics (SAS, 2014). Os desvios padrão (DP) foram calculados no Microsoft Excel, versão 2008.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 15, são apresentados os períodos compreendidos entre o plantio ou último corte e a data final de colheita nas propriedades avaliadas, permitindo uma análise comparativa dos diferentes manejos adotados e seus possíveis reflexos na qualidade da silagem. O intervalo entre o plantio ou o último corte e a data da colheita é um fator determinante na produção de forragem destinada à ensilagem, pois influencia diretamente a composição bromatológica e o valor nutricional do material colhido. O tempo decorrido até a colheita impacta características como teor de matéria seca, concentração de fibras e solubilidade dos carboidratos, além de estar relacionado ao estágio de desenvolvimento da planta (Silva e Oliveira, 2023).

**Tabela 15** - Período entre plantio/último corte e data de colheita de capim elefante BRS Capiapu nas propriedades avaliadas.

Propriedades <sup>1</sup>	Data plantio/último corte <sup>2</sup>	Data final colheita <sup>3</sup>	Dias entre plantio/último corte e colheita <sup>4</sup>
1	01.12.2023	23.02.2024	65
2	27.06.2023	24.01.2024	211
3	28.06.2023	16.01.2024	202
4	15.10.2023	27.01.2024	104
5	15.07.2023	13.02.2024	212
Média	-	-	158.8

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Dada do plantio ou último corte. <sup>3</sup>Data final da colheita. <sup>4</sup>Dias entre plantio ou último corte e colheita.

A recomendação de corte do BRS Capiapu a cada 90 dias, conforme proposto por Retore et al., (2021), não foi adotada por nenhuma das propriedades avaliadas. A propriedade “5”, especificamente, excedeu esse intervalo em 2,35 vezes, evidenciando um atraso significativo no manejo de colheita.

Pereira et al., (2016) enfatizam a importância de se respeitar os intervalos ideais de corte do BRS Capiapu, recomendando períodos entre 90 e 110 dias, a fim de equilibrar o teor de MS com o valor nutricional da forragem. Dentre as propriedades analisadas, apenas uma se manteve dentro dessa faixa considerada adequada.

Entretanto, Neres et al., (2023) indicam que o corte pode ser realizado em períodos mais curtos, entre 50 e 75 dias após o plantio, priorizando o valor nutritivo da planta em estádios mais jovens.

Com o intuito de caracterizar agronomicamente os cultivos de BRS Capiaçú avaliados, foram coletados dados agrônômicos durante a segunda visita, permitindo uma análise mais detalhada da estrutura das plantas, do arranjo espacial e das perdas associadas ao processo de colheita. As informações obtidas contemplam variáveis como espaçamento entre linhas e touceiras, densidade de perfilhos, altura e peso das plantas, diâmetro de colmo, quantidade de folhas, além da distribuição da partícula na forragem por meio do uso da peneira Penn State® e dos teores de MS.

As Tabelas 16, 17 e 18 apresentam os resultados médios dos parâmetros agrônômicos do BRS Capiaçú obtidos nas propriedades, possibilitando uma comparação entre os diferentes manejos e condições observadas em campo.

**Tabela 16** - Avaliação de parâmetros agrônômicos do BRS Capiaçú.

Prop. <sup>1</sup>	Espaçamento médio entre linhas (m) <sup>2</sup>	DP	Espaçamento médio entre touceiras (m) <sup>3</sup>	DP	Quant. Média de Touceiras em 4m lineares <sup>4</sup>	DP	Quant. Média de Perfilhos em 4m lineares (m) <sup>5</sup>	DP	Quant. Média de perfilhos em 1m <sup>2</sup> <sub>6</sub>	DP
1	1.07	0.43	0.51	0.12	8.50	0.70	87.00	8.48	30.50	2.12
2	1.37	0.09	0.38	0.13	5.12	0.62	73.50	10.08	14.50	4.50
3	1.15	0.05	0.35	0.12	6.00	0.81	75.25	18.66	15.75	2.87
4	0.97	0.08	0.26	0.04	5.12	0.62	107.50	39.41	29.75	18.02
5	1.28	0.08	0.37	0.04	6.50	0.57	58.00	7.78	15.25	4.19
Médias	1.16	0.14	0.37	0.09	6.24	0.66	80.25	16.88	21.15	9.19

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Espaçamento médio entre linhas (metros). <sup>3</sup>Espaçamento médio entre touceiras (metros). <sup>4</sup>Quantidade média de touceiras em quatro metros lineares. <sup>5</sup>Quantidade média de perfilhos em 4 metros lineares. <sup>6</sup>Quantidade média de perfilhos em 1 metro quadrado. Desvio padrão (DP).

**Tabela 17** - Avaliação de parâmetros agrônômicos do BRS Capiaçú.

Prop. <sup>1</sup>	Diâm. Médio dos perfilhos em 1m <sup>2</sup> (mm) <sup>2</sup>	DP	Alt. de plantas com folhas em 1m <sup>2</sup> (m) <sup>3</sup>	DP	Peso plant as totais em 1m <sup>2</sup> (kg) <sup>4</sup>	DP	Quant. Média de folhas (1m <sup>2</sup> ) <sup>5</sup>	DP	Peso das folhas 1m <sup>2</sup> (kg) <sup>6</sup>	DP	Comp. de colmo em 1m <sup>2</sup> (m) <sup>7</sup>	DP
1	11.52	4.57	2.78	1.11	11.97	10.93	413.50	191.62	2.18	1.55	1.89	1.13
2	15.43	1.92	3.08	0.78	11.16	10.42	251.50	124.90	2.37	1.86	1.99	0.71
3	17.11	1.23	3.05	0.70	8.55	2.12	269.50	53.00	2.02	0.28	1.98	0.60
4	13.33	1.24	3.12	0.28	13.06	11.48	375.75	277.10	2.17	1.92	2.32	0.91
5	12.58	0.43	2.18	0.11	5.63	1.04	229.75	47.06	1.26	0.24	1.35	0.13
Médias	13.99	1.87	2.84	0.59	8.27	7.19	308	138.73	2.00	1.17	1.90	0.69

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Diâmetro médio dos perfilhos em um metro quadrado (milímetros). <sup>3</sup>Altura de plantas com folhas em um metro quadrado (metros). <sup>4</sup>Peso de plantas totais em um metro quadrado (quilograma). <sup>5</sup>Quantidade média de folhas em um metro quadrado. <sup>6</sup>Peso das folhas em um metro quadrado (quilograma). <sup>7</sup>Comprimento de colmo em um metro quadrado (metros). Desvio padrão (DP)

**Tabela 18** - Avaliação de parâmetros agrônômicos do BRS Capiacu.

Propriedade <sup>1</sup>	Perdas na colheita em 0,25m <sup>2</sup> (g) <sup>2</sup>	DP	Penn State® 19mm – forragem (%) <sup>3</sup>	Penn State® 8mm – forragem (%) <sup>4</sup>	Penn State® 4mm – forragem (%) <sup>5</sup>	Penn State® fundo sólido – forragem (%) <sup>6</sup>	MS – Forragem (%) <sup>7</sup>
1	-	-	23.76	51.74	21.50	3.00	27.70
2	323.75	287.90	-	-	-	-	22.78
3	106.25	85.76	38.84	55.55	2.55	3.06	27.54
4	71.25	68.48	46.17	38.83	11.50	3.50	23.29
5	150.00	240.22	3.96	42.99	39.65	13.40	27.38
Média	162.81	170.59	28.18	47.27	18.80	5.74	25.73

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Perdas na colheita em 0,25m<sup>2</sup> (gramas). <sup>3</sup>Peneira Penn State® 19 milímetros realizada com forragem (porcentagem). <sup>4</sup>Peneira Penn State® 8 milímetros realizada com forragem (porcentagem). <sup>5</sup>Peneira Penn State® 4 milímetros realizada com forragem (porcentagem). <sup>6</sup>Peneira Penn State® de fundo sólido realizada com forragem (porcentagem). <sup>7</sup>Matéria seca da forragem (porcentagem).

A MS do material ensilado, demonstrada na Tabela 18, está acima do indicado por Neres et al, (2023) e Monções et al, (2019) de 18 a 20%, inclusive o período de corte (50 a 75 dias), na maioria das propriedades. Uma explicação para isso é o tempo elevado entre plantio/último corte e a colheita, exceto na propriedade “1”. Porém, para esta última propriedade a época de plantio foi a mais tardia entre as demais, como também a época de ensilagem, a última entre as propriedades avaliadas. Outra explicação para esse fato, é que devido a produtividade elevada da BRS Capiacu, a remoção de nutrientes do solo é elevada, necessitando de adubações periódicas, portanto, as frequências de adubações interferem no desenvolvimento da cultivar, no teor de MS, além de seu valor nutritivo (Retore et al., 2021).

A média de perfilhos por metro linear foi de 20,06 metros, enquanto o comprimento médio das plantas atingiu 2,84 metros, valores superiores aos observados por Aguiar (2022), que relatou 17,27 perfilhos e 2,48 metros de comprimento em experimentos com diferentes doses de fertilizante foliar. Em contrapartida, o diâmetro médio dos perfilhos (13,99 mm) e o comprimento médio das folhas (0,9344 m) foram inferiores aos reportados pelo mesmo autor, cujas médias foram de 15,32 mm e 1,29m, respectivamente. Já o número médio de folhas por planta apresentou-se semelhante ao encontrado por Aguiar (2022).

Pereira et al., (2016) reportaram comprimento de plantas de 2,90 metros aos 70 dias após o plantio, valor levemente superior à média observada neste estudo, mesmo com idade provavelmente superior nas propriedades analisadas.

Segundo Magalhães et al. (2006), a aplicação de adubação nitrogenada, especialmente na dose de 450 kg de N.ha<sup>-1</sup> por ano, exerce influência significativa sobre a altura das plantas de capim-elefante, podendo explicar diferenças observadas entre experimentos e condições de campo.

Para Pereira et al., (2017), a altura ideal da BRS Capiáçu no momento do corte é de 4,20 metros, o que indica que todas as propriedades avaliadas estavam abaixo desse parâmetro. No que se refere ao diâmetro dos colmos, a recomendação é de 16 mm, sendo que apenas uma das propriedades apresentou conformidade com esse valor. Já o comprimento das folhas (recomendado de 1,06 m) foi inferior em todas as amostras avaliadas. A relação folha/colmo (em peso), indicada como ideal em 0,75 kg, também se encontra abaixo da recomendação conforme detalhado na Tabela 19.

A relação folha/colmo possivelmente recebeu influência de dupla via. A primeira é o déficit hídrico prolongado regional, influenciando no desenvolvimento dos colmos (Leal et al., 2020), e o segundo motivo é a variabilidade de manejos na adubação entre as propriedades, sem definição de regras e sem análise de solo prévia com as propriedades “1” e “2” sem uso de adubo, conforme demonstrada na Tabela 19.

**Tabela 19** - Avaliação dos manejos de aduções de plantio e cobertura e relação folha/colmo do BRS Capiáçu, realizados durante avaliação agrônômica, nas propriedades

Propriedade	Aubos utilizados na cultura	Dose	Relação folha/colmo (peso) <sup>1</sup>
1	-	-	0.22
2	-	-	0.27
3	20-00-20 + esterco bovino	Dose indefinida	0.31
4	Esterco bovino	Dose indefinida	0.19
5	04-14-08 / 20-00-20	150 kg.ha <sup>-1</sup> cada	0.28
Média	-	-	0.25

<sup>1</sup>Relação entre o peso das folhas e colmos.

Observação: Na propriedade 2, a área destinada ao cultivo do BRS Capiáçu havia sido anteriormente utilizada para o cultivo de abacaxi.

Esta relação (folha/colmo) constitui um indicador agrônômico relevante para avaliar a qualidade potencial da forragem destinada à ensilagem, uma vez que folhas e colmos apresentam diferenças marcantes quanto à composição estrutural, concentração de fibra e digestibilidade. Valores mais elevados dessa relação refletem maior proporção de tecidos foliares, geralmente associados a menor teor de fibra em detergente neutro (FDN), menor lignificação e maior digestibilidade da matéria seca, favorecendo o desempenho animal e a eficiência da fermentação.

Observa-se elevada proporção de partículas retidas na peneira 8mm, seguida da peneira 19mm (Tabela 20), motivo este pelo uso adaptado do maquinário utilizado para colheita de milho, quando se trata de uma cultura mais rígida (maior tempo de ciclo).

**Tabela 20** - Avaliação com peneira Penn State® das silagens de BRS Capiacu avaliadas.

Propriedades <sup>1</sup>	Penn State® 19mm <sup>2</sup>	Penn State® 8mm <sup>3</sup>	Penn State® 4mm <sup>4</sup>	Penn State® Fundo Sólido <sup>5</sup>
2	21.00	70.66	6.00	2.33
3	19.66	70.66	5.33	4.35
4	12.33	74.66	8.33	4.66
Média	17.66	71.99	6.55	3.78

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Peneira Penn State® 19 milímetros realizada com silagem. <sup>3</sup>Peneira Penn State® 8 milímetros realizada com silagem. <sup>4</sup>Peneira Penn State® 4 milímetros realizada com silagem. <sup>5</sup>Peneira Penn State® de fundo sólido realizada com silagem.

A maior fração da silagem de BRS Capiacu avaliada foi retida na peneira de 8 mm, com média de 71,99%, indicando predominância de partículas médias, consideradas ideais para promover adequada compactação no silo e estímulo à mastigação pelos animais. A fração retida na peneira de 19 mm apresentou média de 17,66%, sugerindo presença moderada de partículas maiores, que contribuem para a efetividade da fibra, sem comprometer a uniformidade do material. Já as frações menores, retidas nas peneiras de 4 mm e no fundo sólido, apresentaram médias de 6,55% e 3,78%, respectivamente, o que indica baixo teor de partículas finas, evitando perdas por fermentação excessiva e favorecendo melhor estabilidade da silagem. Esses resultados apontam para uma boa distribuição de partículas, compatível com os padrões desejáveis de processamento do BRS Capiacu para ensilagem.

A compactação média das silagens foi de 540,86 kg.m<sup>-3</sup> (Tabela 21), apresentando variações entre as propriedades que refletem diferentes práticas de manejo durante o enchimento dos silos. A propriedade “4” registrou o maior valor, 688,79 kg.m<sup>-3</sup>, caracterizando excelente compactação, fundamental para a eliminação do oxigênio e a manutenção de condições anaeróbicas indispensáveis à conservação da silagem. Em contraste, a propriedade “3” apresentou a menor compactação, 401,23 kg.m<sup>-3</sup>, valor inferior ao recomendado, o que pode prejudicar a qualidade fermentativa do material.

**Tabela 21** - Avaliação da compactação do silo e da temperatura da silagem de BRS Capiaci, realizados durante a terceira visita às propriedades acompanhadas.

Propriedades <sup>1</sup>	Compactação média em 1m <sup>3</sup> (kg) <sup>2</sup>	DP	Temperatura média silagem (°C) <sup>3</sup>	DP	Temperatura ambiente média na visita (°C) <sup>4</sup>	DP
2	532.56	16.52	27.97	0.77	22.70	4.41
3	401.23	5.37	23.82	0.20	15.52	1.03
4	688.79	9.46	32.22	3.24	24.43	3.57
Média	540.86	10.45	28.00	1.40	20.88	3.00

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Compactação média do silo convertida em 1m<sup>3</sup> (quilograma). <sup>3</sup>Temperatura média da silagem (graus célsius). <sup>4</sup>Temperatura ambiente média no dia da terceira visita (graus célsius). Desvio padrão (DP).

A compactação da massa ensilada constitui um dos pilares fundamentais para a produção de silagem de alta qualidade, sendo determinante para o estabelecimento e a manutenção do ambiente anaeróbio dentro do silo. A densidade alcançada durante o enchimento influencia diretamente a dinâmica dos processos fermentativos e a preservação da matéria seca, de modo que pequenas variações nesse parâmetro podem resultar em impactos expressivos na eficiência de conservação (Sucu et al., 2016).

A densidade utilizada pelas propriedades fora semelhante às recomendadas para a cultura do milho de 550 kg.m<sup>-3</sup> (SENAR, 2011), exceto a propriedade “3” a qual, provavelmente, obteve falhas no processo, como a compactação.

Quanto à temperatura média das silagens, o valor médio foi de 28 °C, próximo da temperatura ideal para silagens estáveis (abaixo de 32 °C), embora a propriedade “4” tenha atingido temperatura máxima de 32,22 °C, podendo indicar fermentação residual ou entrada de ar. As temperaturas observadas foram superiores às médias ambientes registradas no momento das visitas (20,88 °C), o que é esperado devido à atividade microbiológica residual nos silos. Esses dados ressaltam a importância da compactação eficiente e do monitoramento da temperatura como indicadores diretos da qualidade da conservação da silagem.

Nenhuma das propriedades apresentou temperatura inferior à do ambiente em pelo menos 2 °C, como recomendado por Kung Jr. (2010). Na propriedade “4”, observou-se o maior volume de silagem ensilada entre todas as avaliadas, além de ser a única a utilizar silo tipo trincheira. Segundo Tabacco e Borreani (2002), citados por Bernardes et al., (2005), silos trincheira tendem a apresentar menor compactação nas regiões laterais, o que favorece a ocorrência de fermentações aeróbicas e, conseqüentemente, o aumento da temperatura interna.

A produção do BRS Capiaçú variou significativamente entre as propriedades avaliadas (Tabela 22), refletindo diferenças nos manejos adotados, condições edafoclimáticas e momento de corte. A produção média de massa verde (MV) por hectare foi de 26.656,27 kg.ha<sup>-1</sup>, com destaque para a propriedade “2”, que apresentou o maior rendimento (37.024,79 kg.ha<sup>-1</sup>), enquanto a propriedade “5” registrou a menor produtividade (13.500 kg.ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 22** - Avaliação produtiva do BRS Capiaçú nas propriedades avaliadas.

Propriedades <sup>1</sup>	Peso médio de carretas carregadas de forragens – REPORTADA (kg) <sup>2</sup>	Quant. De carretas cortadas <sup>3</sup>	Produção MV reportada (kg) <sup>4</sup>	Produção de MV por (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	Produção MS total com base na produção reportada (kg) <sup>6</sup>	Produção de MS (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>
1	2.000	18	36.000	29.752	9.972	8.241
2	1.600	28	44.800	37.024	10.205	8.434
3	1.500	40	60.000	31.413	16.524	8.651
4	5.500	57	313.500	21.590	73.014	5.028
5	1.500	9	13.500	13.500	3.696	3.696
Média	2.420	30.4	93.560	26.656	22.682	6.810

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Peso médio de carretas carregadas de forragens. <sup>3</sup>Quantidade de carretas cortadas. <sup>4</sup>Produção total de massa verde reportada pelo produtor (quilograma). <sup>5</sup>Produção de massa verde por hectare (quilograma). <sup>6</sup>Produção de matéria seca total com base na produção de forragem reportada pelo produtor. <sup>7</sup>Produção de matéria seca por hectare (quilograma).

A produção média de MS por hectare foi de 6.810 kg.ha<sup>-1</sup>, no entanto, se fracionada a produtividade anual média de MS esperada para o BRS Capiaçú, 50 t.ha<sup>-1</sup> com três cortes (Pereira et al., 2017; Pereira et al., 2016), seria de 16 t.ha<sup>-1</sup> de MS por corte, aproximadamente. Observa-se que as propriedades “1”, “2” e “3” conseguiram produzir a metade do valor de referência, indicando o potencial ainda a ser explorado.

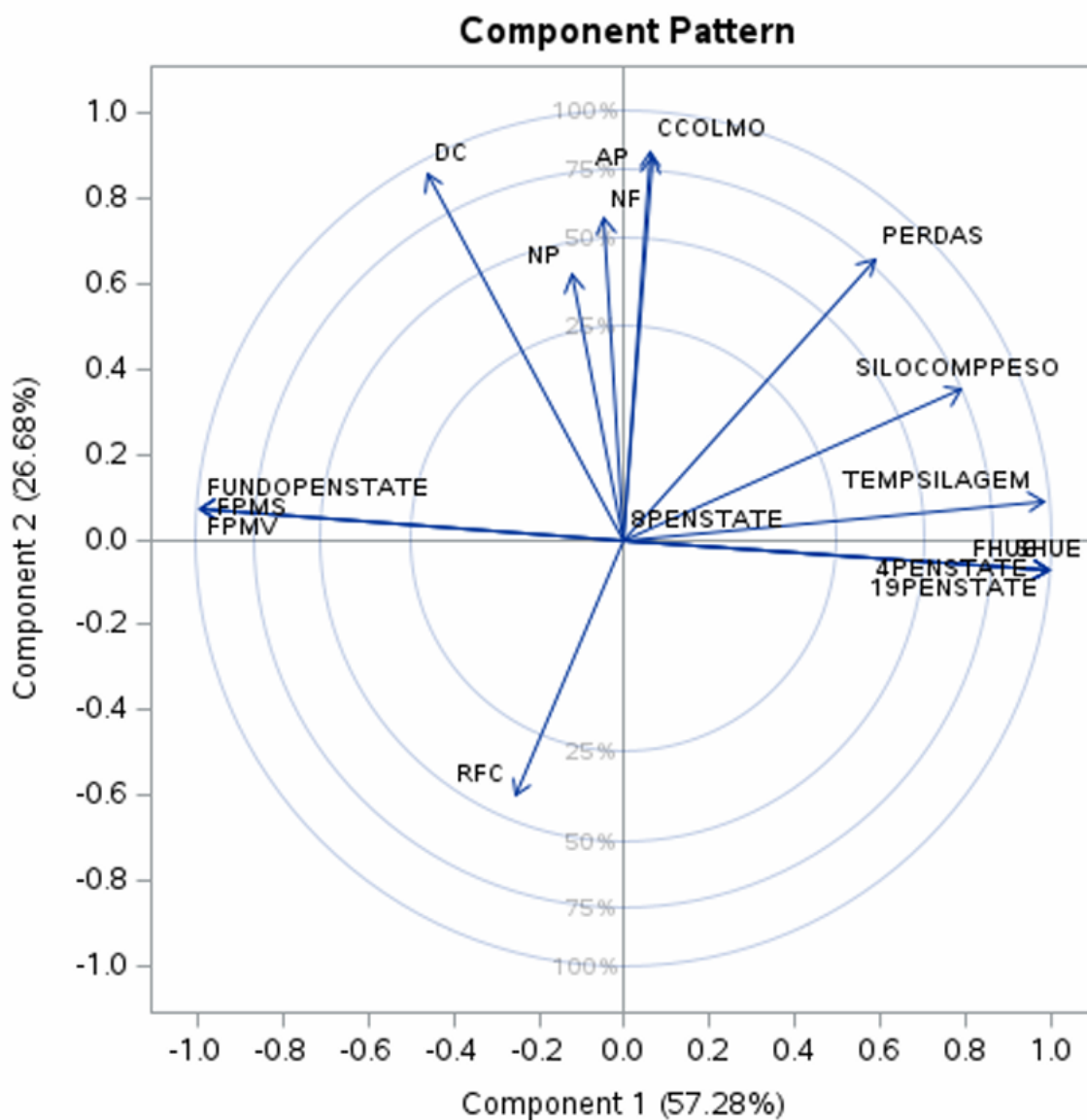
Já o potencial produtivo do BRS Capiaçú, segundo Pereira et al., (2016), por corte, de massa verde é 100 toneladas por hectare. Como observado, nenhuma propriedade atingiu metade do potencial produtivo da cultivar (Tabela 22).

Conforme Townsend (2011), pesquisas voltadas à análise de forragens têm como requisito essencial a condução de avaliações agrônomicas da cultura, que fornecem informações relevantes para sustentar os demais resultados e, como benefício adicional, apresentam baixo custo de execução.

A Figura 10 apresenta a distribuição das variáveis no plano formado pelos dois primeiros componentes principais da Análise de Componentes Principais (PCA), que juntos explicam 83,96% da variabilidade total dos dados (57,28% no Componente 1 e

26,68% no Componente 2). Observa-se que o Componente 1 representa um gradiente fortemente associado a variáveis operacionais do processo de ensilagem, uma vez que vetores como PERDAS, SILOCOMPESO (compactação da silagem) e TEMPSILAGEM (temperatura da silagem) projetam-se de forma pronunciada no sentido positivo do eixo horizontal. Essa orientação indica que esses parâmetros covariam positivamente, sugerindo que maiores valores de peso do silo, temperatura da silagem e perdas tendem a ocorrer de forma concomitante nas condições avaliadas.

**Figura 9:** Distribuição das variáveis de características agrônômicas do BRS Capiacu (*Cenchrus purpureus*) e parâmetros físicos da silagem, no sistema de coordenadas e vetores sob os componentes principais 1 e 2. RFC = relação folha colmo.



RFC = relação folha colmo. FPMV = produção de massa verde da forragem. FPMS = produção massa seca da forragem. FUNDO PENSTATE = peneira penn state® de fundo sólido da silagem. DC = diâmetro de colmo. NP = número de plantas. AP = altura de plantas. NF = número de folhas. CCOLMO = comprimento de colmo.

PERDAS = perdas durante a colheita. SILOCOMPRESO = compactação da silagem. TEMPSILAGEM = temperatura da silagem. 8PENSTATE = peneira penn state® 8 milímetros. FHUE = ângulo hue da forragem. SHUE = ângulo hue da silagem. 4PENSTATE = peneira penn state® 4 milímetros. 19PENSTATE = peneira penn state® 19 milímetros.

No mesmo quadrante direito concentram-se ainda as variáveis 4PENSTATE (Penn State® 4 milímetros), 19PENSTATE (Penn State® 19 milímetros) e, mais próximo da origem, 8PENSTATE (Penn State® 8 milímetros), indicando que os diferentes estados associados a essas categorias apresentam relação direta com o grupo de variáveis operacionais mencionadas. Em sentido oposto, no quadrante esquerdo, destacam-se FUNDOPENSTATE (Penn State® fundo sólido), FPMS (produção de massa seca da forragem) e FPMV (produção de massa verde da forragem), que exibem forte projeção negativa no Componente 1, caracterizando comportamento inverso às variáveis relacionadas a perdas, temperatura e peso do silo. Isso demonstra que os parâmetros associados às frações de matéria seca e matéria verde tendem a se alinhar a condições distintas daquelas representadas pelos vetores positivos do eixo horizontal.

O Componente 2, por sua vez, organiza um conjunto de variáveis vinculadas à composição estrutural e às características morfológicas da forragem. Vetores como CCOLMO (comprimento de colmo), AP (altura de planta), NF (número de folhas), NP (número de plantas) e DC (diâmetro de colmo), são projetados no sentido positivo do eixo vertical, sugerindo que esse componente reflete sobretudo diferenças associadas à estrutura da planta, composição de colmo, aspectos nutricionais e densidade da massa. A disposição desses vetores indica correlação positiva entre tais variáveis, enquanto o ângulo próximo da ortogonalidade em relação às variáveis que compõem o gradiente operacional do Componente 1 sugere baixa correlação linear entre esses dois grupos de fatores. A variável RFC (relação folha/colmo) aparece projetada de modo negativo no Componente 2, indicando que sua variação ocorre em sentido oposto àquele observado para as variáveis estruturais, o que reforça a distinção entre esses conjuntos de atributos.

Antes da análise detalhada dos componentes químicos das silagens, é fundamental caracterizar a composição bromatológica das forragens utilizadas no processo de ensilagem, visto que a qualidade do material original influencia diretamente os parâmetros fermentativos e o valor nutricional da silagem final. A avaliação dos teores de fibras (FDN e FDA), PB, EE, CZ, Lig., NDT, pH, poder tampão, MS e DIVMS permite uma compreensão abrangente do potencial nutritivo e da estabilidade do material ensilado. A

Tabela 23 apresenta os resultados dessas análises bromatológicas realizadas nas amostras de BRS Capiaçú coletadas nas propriedades avaliadas, no momento da colheita.

**Tabela 23** - Parâmetros químicos das forragens de BRS Capiaçú obtidas em propriedades rurais da região Votuporanga-SP.

Propriedades <sup>1</sup>	FDN (%) <sup>2</sup>	FDA (%) <sup>3</sup>	PB (%) <sup>4</sup>	EE (%) <sup>5</sup>	CZ (%) <sup>6</sup>	Lig. (%) <sup>7</sup>	NDT (%) <sup>8</sup>	pH <sup>9</sup>	Poder Tampão (mg HCl/100g MS) <sup>10</sup>	MS FINAL (%) <sup>11</sup>	DIVMS (%) <sup>12</sup>
1	73.67	47.32	3.48	1.42	10.53	8.01	50.89	5.28	21.385	21.12	51.73
2	71.21	47.74	5.59	2.14	5.11	7.67	58.42	5.56	19.08	22.78	60.55
3	74.98	46.1	2.73	1.34	6.49	7.14	53.92	5.76	17.46	27.54	52.8
4	69.5	42.21	4.9	1.73	6.98	7.8	55.44	5.32	25.275	23.29	54.81
5	66.67	36.55	2.96	1.53	9.15	5.55	55.21	5.67	22.66	27.38	58.46
Médias	71.20	43.98	3.93	1.63	7.65	7.23	54.77	5.51	20.97	24.42	55.67

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Fibra em detergente neutro (porcentagem). <sup>3</sup>Fibra em detergente ácido (porcentagem). <sup>4</sup>Proteína bruta (porcentagem). <sup>5</sup>Extrato etéreo (porcentagem). <sup>6</sup>Cinzas (porcentagem). <sup>7</sup>Lignina em relação a matéria seca (porcentagem). <sup>8</sup>Nutrientes digestíveis totais (porcentagem). <sup>9</sup>Potencial hidrogeniônico. <sup>10</sup>Poder tampão (miligrama de ácido clorídrico para cada cem gramas de matéria seca). <sup>11</sup>Matéria seca final (porcentagem). <sup>12</sup>Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

O poder tampão consiste na capacidade de resistência da forragem à redução do pH, principalmente por funções atribuídas aos ânimos (ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e clorados), e uma pequena ação das proteínas contidas no vegetal. Sendo que o aumento do poder tampão da massa ensilada, prejudica o resultado final do produto (Cruz et al., 1998).

Os resultados são semelhantes àqueles demonstrados por Tosi et al. (1992), ao avaliar quimicamente e microbiologicamente o capim elefante cultivar Taiwan A-148, com média de 22,82 mg HCl/100g de MS para a testemunha (sem adição de bagaço cru de cana-de-açúcar) e, como resultado, o número de esporos de *Clostridium.g*<sup>-1</sup> de MS foi o mais elevado dos tratamentos.

Quanto maior o poder tampão da forragem, maior deverá ser a concentração (relação) carboidratos solúveis, pois, há maior utilização desses carboidratos para que ocorra a redução do pH, no processo fermentativo (Ávilla et al. 2006).

Os teores de FDN, FDA e PB, para forragem, foram inferiores aos reportados por Aguirre et al. (2024), que avaliaram o BRS Capiaçú aos 110 dias de corte. No entanto, a maior concentração de MS no presente trabalho é atribuída ao maior intervalo de corte.

Pereira et al., (2016), ao analisarem o BRS Capiaçú aos 110 dias de idade, encontraram os seguintes valores médios: MS de 19,7%, PB de 5,6%, FDN de 68,6%, lignina de 7,7% e NDT de 45,6%. Em comparação, os dados obtidos neste estudo revelaram maiores valores médios para MS (24,42%), FDN (71,20%) e NDT (54,77%), enquanto os teores de PB (3,93) e lignina (7,23) foram mais baixos.

De acordo com Silva et al., (2022), o BRS Capiaçú colhido aos 120 dias apresentou médias inferiores de PB (3,29%) e NDT (38,04%), e superiores para EE (2,08%), FDN (72,62%) e FDA (52,17%). Esses resultados indicam que os valores obtidos no presente trabalho se situam em níveis intermediários (PB = 3,93%, NDT = 54,77%, EE = 1,63%, FDN = 71,20% e FDA = 43,98%), para a maioria das variáveis analisadas.

A qualidade final do material foi obtida através de análises laboratoriais das silagens produzidas com BRS Capiaçú nas propriedades avaliadas. Esses parâmetros químicos são fundamentais para determinar o valor nutricional, a estabilidade fermentativa e o potencial de utilização da silagem na alimentação animal. As variáveis analisadas incluem os teores de FDN e FDA, PB, EE, CZ, Lig., NDT, pH, MS e DIVMS. A Tabela 24 apresenta os resultados obtidos, os quais permitem a comparação entre as propriedades e subsidiam a interpretação da eficiência do processo de ensilagem.

**Tabela 24** - Parâmetros químicos das silagens de BRS Capiaçú obtidas em propriedades rurais da região Votuporanga-SP.

Propriedades <sup>1</sup>	FDN (%) <sup>2</sup>	FDA (%) <sup>3</sup>	PB (%) <sup>4</sup>	EE (%) <sup>5</sup>	CZ (%) <sup>6</sup>	Lig. (%) <sup>7</sup>	NDT (%) <sup>8</sup>	pH <sup>9</sup>	MS FINAL (%) <sup>10</sup>	DIVMS (%) <sup>11</sup>
2	79.39	53.36	5.91	1.47	7.24	8.64	52.39	4.82	23.17	48.86
3	76.53	48.24	3.95	1.54	7.26	7.84	53.67	3.71	24.34	52.32
4	79.03	55.61	2.79	1.50	8.11	9.9	51.19	4.65	22.63	43.41
Médias	78.31	52.40	4.21	1.50	7.54	8.79	52.42	4.39	23.38	48.19

<sup>1</sup>Propriedades. <sup>2</sup>Fibra em detergente neutro (porcentagem). <sup>3</sup>Fibra em detergente ácido (porcentagem). <sup>4</sup>Proteína bruta (porcentagem). <sup>5</sup>Extrato etéreo (porcentagem). <sup>6</sup>Cinzas (porcentagem). <sup>7</sup>Lignina em relação a matéria seca (porcentagem). <sup>8</sup>Nutrientes digestíveis totais (porcentagem). <sup>9</sup>Potencial hidrogeniônico. <sup>10</sup>Matéria seca final (porcentagem). <sup>11</sup>Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Os teores médios de FDN observados, 78,31%, foram superiores aos relatados por Pereira et al., (2016), que observaram média de 65,9% para o BRS Capiaçú aos 50, 70, 90 e 110 dias de crescimento. A FDN é composta majoritariamente por hemicelulose, celulose e lignina, os principais constituintes da parede celular das plantas. À medida que a planta avança em maturidade, a FDN tende a aumentar, reduzindo o consumo

de MS e aumentando a necessidade de mastigação. Valores superiores a 60% de FDN são característicos de forragens de menor qualidade (Van Saun, 2023).

Nas silagens das propriedades “2”, “3” e “4”, os teores de hemicelulose foram de 26,02%, 28,29% e 23,41%, respectivamente. Estes valores superam os esperados, considerando que a hemicelulose é calculada como a diferença entre FDN e FDA, conforme Magalhães et al. (2023). A FDA representa a fração menos digestível da forragem, composta por celulose e lignina, sendo desejável que seu valor não ultrapasse 35% em volumosos de alta qualidade (Van Saun, 2023).

No estudo conduzido por Magalhães et al., (2023), a FDN de silagens de BRS Capiaçú colhidas aos 125 dias foi de 70,23%, e o teor de FDA foi de 44,18%, ambos inferiores aos encontrados no presente trabalho. As propriedades avaliadas também apresentaram teores elevados de FDN (78,31%) e FDA (52,40%) em comparação aos resultados de Retore et al., (2020), que reportaram médias de 45,02% e 20,21%, respectivamente, aos 120 dias, utilizando 15% de milho triturado na ensilagem, prática recomendada por diversos autores.

Os teores médios de PB nas silagens analisadas, 4,21%, foram inferiores aos considerados adequados por Pereira et al., (2017), que indicam níveis entre 9% e 10% para a planta inteira. Segundo Pereira et al. (2016), os teores de PB decrescem com o avanço do corte: 9,7%, 7,7%, 6,2% e 5,6% aos 50, 70, 90 e 110 dias, respectivamente. Essa tendência ajuda a justificar os baixos valores de PB observados nas propriedades estudadas.

Retore et al., (2020) reportaram 7,16% de PB em silagens de BRS Capiaçú colhidas aos 120 dias. Magalhães et al. (2023) observaram 5,37% de PB em silagens de 125 dias. De acordo com Neiva (2025), o BRS Capiaçú apresenta declínio no teor de PB de cerca de 10% aos 50 dias para pouco mais de 5% aos 110 dias, ponto em que a planta está tecnicamente adequada para ensilagem. Assim, os baixos teores de PB observados podem ser atribuídos à ausência de sincronização entre o momento do corte e o estado adequado da planta, com exceção da propriedade “2”, onde o histórico agrícola envolvia o cultivo prévio de abacaxi.

A média de EE das silagens analisadas foi de 1,50%, inferior àquela reportada por Magalhães et al. (2023), que encontraram 2,17% de EE em silagens de BRS Capiaçú aos 125 dias (altura média de 3,53 m), sem adição de resíduos de acerola. Paula et al. (2020) observaram 1,52% de EE no tratamento controle e 1,98% com 5% de fubá de milho, em plantas cortadas aos 90 dias. Fernandes et al. (2021) registraram 2,16% de EE em

plantas cortadas aos 120 dias. A diferença entre os valores encontrados nas propriedades e os da literatura, mais uma vez, pode ser explicada pela divergência nos intervalos entre o plantio e o corte. Porém, a propriedade “4”, por exemplo, mesmo apresentando cronologia semelhante as dos estudos, não adotou tratos culturais adequados, o que comprometeu a altura e qualidade final das plantas.

O teor de cinzas reflete o conteúdo mineral da forragem, como cálcio, magnésio, fósforo e potássio. Contudo, níveis elevados podem indicar contaminação por minerais exógenos, como a sílica, oriunda do solo. Hoffman (2005) sugere que valores acima de 5% são indicativos de contaminação. A média de cinzas nas silagens analisadas foi de 7,54%, superior à média de 6,24% relatada por Magalhães et al. (2023). Retore et al., (2020) encontraram valores de 7,4%, 6,2% e 5,8% para cortes aos 60, 90 e 120 dias, respectivamente, reforçando a hipótese de contaminação por solo nas amostras analisadas.

O teor médio de lignina observado foi de 8,79%, inferior ao valor de 9% reportado por Pereira et al., (2016) para plantas cortadas aos 110 dias, com exceção da propriedade “4”. Fernandes et al. (2021) registraram 8,22% em tratamento controle aos 120 dias. No entanto, Cardoso et al., (2011) recomendam limites de até 5% para lignina, devido à sua baixa digestibilidade, que compromete o consumo do alimento.

Ainda, de acordo com a Tabela 24, os valores médios de NDT nas silagens (52,42%) foram superiores aos de Pereira et al., (2016), que encontraram 45,4% aos 110 dias. Carneiro e Lema (2022) observaram média semelhante (52,5%) em cortes entre 90 e 130 dias. Já Silva et al. (2022) relataram 38,04% de NDT aos 120 dias de rebrota, valor consideravelmente inferior ao obtido nas propriedades avaliadas, reforçando que o processo de ensilagem, por si só, não eleva os índices bromatológicos, sendo os resultados aqui apresentados condizentes com a normalidade.

Segundo Jobim et al., (2007), o pH ideal da silagem deve estar abaixo de 4,2 para garantir uma fermentação láctica eficaz. A média de pH verificada foi de 4,39 (Tabela 24) foi superior aos valores encontrados por Retore et al., (2020), que relataram pH de 3,91, 3,91 e 3,67 aos 60, 90 e 120 dias, respectivamente.

A ausência de redução adequada do pH pode estar associada à insuficiência de carboidratos solúveis, à demora no enchimento do silo ou à presença de oxigênio, fatores que comprometem a produção de ácido láctico, essencial para a estabilização do pH (Guim, 2002 apud Pereira et al., 2008).

A DIVMS foi de 48,19%, valor abaixo do esperado para a cultura, porém, sendo superior ao registrado por Fernandes et al. (2021), de 43,19% aos 120 dias. Lopes et al. (2021) verificaram valores decrescentes de DIVMS conforme o avanço da idade de rebrota: 621,8, 584,8, 547,7 e 518,2 g.kg<sup>-1</sup> aos 50, 70, 90 e 110 dias (equivalente a 51,82% aos 110 dias). Barcelos et al. (2018) reportaram 62,42% de DIVMS para capim-elefante aos 70 dias, enquanto os resultados do presente estudo (média de 158,8 dias) se mantiveram dentro de uma faixa considerada aceitável para o avanço da maturação do BRS Capiaçú.

Em suma, as silagens de BRS Capiaçú avaliadas apresentaram grande variação no intervalo entre o plantio ou último corte e a colheita, resultando em aumento da matéria seca e alterações na composição nutricional do material. A relação folha/colmo foi elevada, e a ausência de padronização na adubação e nos tratos culturais contribuiu para a baixa produtividade de matéria seca por hectare por corte.

Os teores médios de FDN e FDA foram altos, indicando menor consumo e digestibilidade pelos animais. A PB apresentou níveis abaixo do recomendado em duas das propriedades analisadas. Embora o EE tenha se mantido dentro de padrões observados na literatura, existem estudos com resultados superiores. A lignina, apesar de elevada, permaneceu dentro dos limites esperados para a cultura.

O pH médio das silagens foi alto, sugerindo deficiência na produção de ácido láctico, com exceção da propriedade “3”, que apresentou valor adequado. Os níveis de NDT foram considerados normais para a idade das plantas no momento da ensilagem, enquanto a DIVMS foi reduzida, reflexo do estágio avançado de crescimento.

A distribuição das variáveis químicas do BRS Capiaçú no plano formado pelos Componentes Principais 1 e 2 (Figura 11) revela padrões estruturais relevantes para compreender a relação entre os atributos da forragem e da silagem. Os dois primeiros componentes explicam conjuntamente 70,62% da variabilidade total do conjunto de dados, sendo o Componente 1 responsável por 49,06% e o Componente 2 por 21,56%. Essa disposição permite visualizar associações lineares, antagonismos e agrupamentos entre os indicadores químicos avaliados. No quadrante direito do Componente 1 concentram-se variáveis fortemente relacionadas à qualidade fermentativa e ao valor energético da silagem, como SDIVMS (digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem), SNTD (nutriente digestíveis totais da silagem), SEM (energia metabolizável da silagem), SCNF (carboidratos não fibrosos da silagem), SAMIDO (amido da silagem), FAMIDO (amido da forragem), FNNDT (fibra em detergente neutro da forragem), LATICO (ácido láctico da silagem) e



matéria seca da silagem. SDIGAMIDO = digestibilidade do amido em 7h da silagem. FAMIDO = amido da forragem. SAMIDO = amido da silagem. SCNF = carboidratos não fibrosos da silagem. FCNF = carboidratos não fibrosos da silagem. LATICO = ácido lático da silagem. FNNT = nutrientes digestíveis totais da forragem. SAMIDO = amido da silagem. SEM = energia metabolizável da silagem. SNTD = nutrientes digestíveis totais da silagem. SDIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem. FEM = energia metabolizável da forragem. SEE = extrato etéreo da silagem. FEE = extrato etéreo da forragem. ACÉTICO = ácido acético da silagem. FDIVMS = digestibilidade *in vitro* da forragem. SNH3 = nitrogênio amoniacal da silagem.

Ainda no quadrante direito do Componente 1, observa-se a presença de SEE (extrato etéreo da silagem), FCSA (carboidratos solúveis em água da forragem), ACÉTICO (ácido acético da silagem), FDIVMS (digestibilidade *in vitro* da matéria seca da forragem) e SNH3 (nitrogênio amoniacal da silagem), embora projetados em ângulos ligeiramente divergentes em relação ao grupo central. Isso sugere que, apesar de correlacionados ao eixo de qualidade fermentativa, apresentam dinâmica própria dentro da variabilidade explicada, especialmente ACÉTICO e SNH3, cujas direções indicam comportamento associado ao metabolismo proteico e à fermentação secundária.

Em contraste, no quadrante esquerdo do Componente 1 encontram-se variáveis características da composição fibrosa e de frações associadas ao material estrutural da planta. SFDN (fibra em detergente neutro da silagem), SFDA (fibra em detergente ácido da silagem), FFDA (fibra em detergente ácido da forragem), FFDN (fibra em detergente neutro da forragem), SLIG (lignina da silagem), FLIG (lignina da forragem), SPIDA (proteína insolúvel em detergente ácido da silagem), FPIDA (proteína insolúvel em detergente ácido da forragem), BUTIRICO (ácido butírico da silagem) e SPB (proteína bruta da silagem) se projetam de forma marcada nesse quadrante, indicando correlação positiva entre essas variáveis e oposição direta ao conjunto energético-digestivo do lado direito. Esse padrão demonstra que teores mais elevados de fibra em detergente neutro e ácido, lignina e proteína insolúvel tendem a associar-se com menor qualidade fermentativa, maior produção de ácido butírico e menor disponibilidade de carboidratos solúveis, características típicas de fermentações menos eficientes.

Próximo ao eixo horizontal e ainda no setor esquerdo, observam-se variáveis como SCINZAS (cinzas da silagem), SCSA (carboidratos solúveis em água da silagem) e FPB (proteína bruta da forragem), cuja orientação sugere contribuição para explicar a variância, porém com menor intensidade relativa. A presença de SCINZAS e SPB nesse ponto intermediário indica que cinzas e proteína bruta da silagem apresentam comportamento menos contrastante em relação aos demais grupos, mantendo interações moderadas com ambos os componentes.

No Componente 2, as variáveis FMS (matéria seca da forragem) e SMS (matéria seca da silagem) exibem forte projeção positiva, indicando que a matéria seca da forragem e da silagem é determinante para a variabilidade vertical do sistema. A magnitude desses vetores mostra que pequenas variações no teor de matéria seca influenciam diversos outros parâmetros, especialmente aqueles relacionados à concentração de nutrientes e ao perfil fermentativo.

Em sentido oposto, FPB, SCINZAS, SPB e outras variáveis situadas na porção inferior do gráfico demonstram antagonismo em relação ao teor de matéria seca, prevalecendo um gradiente vertical associado à diluição dos constituintes químicos em função da variação da umidade.

#### **4. CONCLUSÃO**

Conclui-se que, as propriedades avaliadas na região de Votuporanga-SP apresentaram falhas no manejo de adubação e colheita do BRS Capiáçu, provendo baixa produção de MV e MS, além do prolongamento do o intervalo entre plantio/último corte e ensilagem, elevando os teores de MS, FDN e FDA e reduzindo PB e digestibilidade. De modo geral, observou-se predominância de indicadores insatisfatórios, evidenciando falhas no manejo e carência de assistência técnica, aspectos que comprometem a qualidade final da silagem produzida a partir do BRS Capiáçu.

Portanto, o material ensilado apresentou preservação intermediária, com potencial para melhorias no processo de produção e na qualidade nutricional da silagem.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente trabalho apresentou uma análise comparativa entre duas importantes culturas forrageiras utilizadas na alimentação animal: o milho (*Zea mays* L.) e o capim-elefante BRS Capiapu (*Cenchrus purpureus*). O estudo foi conduzido em propriedades rurais do noroeste paulista, contemplando diferentes condições de manejo, colheita e ensilagem. A metodologia adotada, abrangendo avaliações agronômicas, físico-químicas, fermentativas e bromatológicas, permitiu identificar os principais fatores que influenciam a qualidade das silagens e propor recomendações técnicas aplicáveis à região estudada.

De modo geral, as silagens de milho apresentaram melhor desempenho bromatológico em comparação ao BRS Capiapu, com maiores teores de amido, nutrientes digestíveis totais e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Contudo, ambas as culturas apresentaram limitações semelhantes, como baixa produtividade de massa verde e matéria seca, adubação inadequada e ausência de padronização no ponto de colheita, fatores que afetaram negativamente a qualidade final das silagens.

As análises revelaram ainda teores elevados de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido em grande parte das propriedades, reduzindo o consumo e o valor energético do alimento. A proteína bruta apresentou-se abaixo dos níveis recomendados, principalmente nas amostras de BRS Capiapu, evidenciando falhas nutricionais e de manejo. Os parâmetros fermentativos, embora apresentassem relação ácido lático/ácido acético dentro dos limites aceitáveis, mostraram baixa produção de ácido lático e valores de pH superiores ao ideal, indicando fermentação incompleta e possíveis perdas de qualidade durante o armazenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. H. S.; PERSEGIL, E. O.; CATALANI, G. C.; CRUCIOL, G. C. D. Adubação foliar na cultura do capim elefante BRS Capiaçú. **UNILAGO**. 13p. 2022.

AGUIRRE, P. F.; DEMARCO, I. R.; BINSFELD, L. A.; GUZATTI, G. C. Qualidade bromatológica da silagem do capim BRS Capiaçú com o uso de aditivos sob diferentes intervalos de corte. **Revista Foco**. v.17 n.12. e7240. p.01-19 .2024.

ALVARES, Clayton, Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, Germany, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1127/0941\\_2948/2013/0507](http://dx.doi.org/10.1127/0941_2948/2013/0507).

ÁVILLA, C. L. da S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B.; SANTOS, I. P. A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.3, p.648-654, 2006.

BARCELOS, A. F.; CARVALHO, J. R. R.; TAVARES, V. B.; GONÇALVES, C. C. de M. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca de café. **Ciência animal brasileira**. v.19, 1-12, e-27432, 2018.

CARDOSO, D. A. D. B.; OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, J. J. Produção e uso de silagem. Capítulo 18. In: Cruz. J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho – O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Infoteca-e Embrapa. 2011. p. 280-296.

CARNEIRO, F. M. X.; LEMA, A. da C. F. Qualidade da silagem de capim BRS Capiaçú em diferentes épocas de corte. In: Instituto Federal – 14ª Jornada científica e tecnológica – 11ª simpósio de pós-graduação IFSULDEMINAS. 2022. **Anais/Resumos**. 2022. 4p.

CONAB. **Produção de Carnes ultrapassa 31 milhões de toneladas em 2024 e atinge novo recorde na série histórica**. Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-carnes-ultrapassa-31-milhoes-de-toneladas-em-2024-e-atinge-novo-recorde-na-serie-historica>. Acesso em: 08 de maio de 2025.

CRUZ, G. M.; MONTEIRO NOVO, A. L.; PEDROSO, A. de F. **Resumo das palestras – curso: produção e manejo de silagem**. Embrapa. 1998. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/44489/1/PedrosoAF8552.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2025.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Banco de Dados Hidrológicos**. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>. Acesso em: 01 de outubro de 2024.

ESALQLAB. **5 Passos para coleta de amostras de silagem de milho**. Disponível em: <https://esalqlab.com.br/wp-content/uploads/2023/12/PO-Silagem-de-Milho-1.2.pdf>. Acesso em: 07 de abril de 2025.

FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, F. de F.; CARVALHO, M. A.; BRAGA, G. J.; FONSECA, C. E. L.; CELESTINO, S. M. C.; MALAQUIAS, J. V. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de raízes de mandioca. **Científica**. v.49, n.2, p.92–101, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1143082/1/Francisco-Duarte-valor-nutritivo-e-caracteristicas.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2025.

GUIM, A. Produção e avaliação de silagem. In: SIMPÓSIO PO DE FORRAGEIRAS NATIVAS, 3., 2002. Anais... Área: UFPB, 2002. CD-ROM. Apud. PEREIRA, R. G. de A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; MAGALHÃES, J. A. **Processos de ensilagem e plantas a ensilar**. Porto Velho – RO. Embrapa. 2008. p.13. (Documento 124).

HEINRICHS, J.; JONES, C. M. **The penn state particle separator**. Department of Animal Science. Penn state extension. Pennsylvania State University. DSE 2013-186, 2013.

HOFFMAN, P. C. **Ash content of forages**. Wisconsin Team Forage. Focus on Forage – v.7, n.1. 2005. Disponível em: <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/ASH05-FOF.pdf>. Acesso em: 23 de junho de 2025.

IBGE. **Rebanho de bovinos (bois e vacas) – Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>. Acesso em: 04 de julho de 2025.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KUNG JR, L. **Aerobic Stability of silage**. University of California. 2010. Disponível em: [https://alfalfasyposium.ucdavis.edu/+symposium/2010/files/talks/CAS10\\_KungAnaerobicStability.pdf](https://alfalfasyposium.ucdavis.edu/+symposium/2010/files/talks/CAS10_KungAnaerobicStability.pdf). Acesso em: 17 de junho de 2025.

LEAL, V. N.; MACHADO, R. L.; ARAUJO, L. C.; GODOY, M. M.; LINHARES, A. J. de S.; FERREIRA, J. C. Q.; LEOPOLDINO, L de D.; SANTOS, E. A.; MIYAGI, E. S. Produção e valor nutritivo de forragem de cultivares de capim-elefante em diferentes períodos de rebrotação. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 11, 2020.

LOPES, F. C. F.; MORENZ, M. J. F.; LÉDO, F. J. da S.; CARNEIRO, J. da C.; PACIULLO, D. S. C.; ANDRADE, P. J. M.; MORAES, C. T. Chemical composition and fatty acid profile of BRS Capiapu ensiled at different regrowth ages. **Semina – Ciências Agrárias**. v. 42, n. 3, suplemento 1, p. 1981-2004, 2021. Disponível em:

<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/42215/29470>. Acesso em: 23 de junho de 2025.

MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; BARROS, N. N.; MATTEI, D. A. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. **Revista Ciência Agronômica**. V.37, n.1, p.91-96. 2006.

MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. de S.; COSTA, N. de L.; POMPEU, R. C. F. F. **Silagem de capim-elefante aditivada com resíduo agroindustrial de acerola**. Teresina – PI. Embrapa. 2023. 14p. (Comunicado técnico 269). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1164833/1/SilagemCapimElefanteAditivadaResiduoAcerolaCOT269.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2025.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The biochemistry of silage. **Chalcombe publications**. Marlow: Second edition, 1991. 340p.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **Feature**. vol. 27, n.12, p. 1254- 1255, 1992.

MELO, G. W.; RODIHERO, K.; FREITAS, R. F.; MAGRO, R. D.; ALBARELLO, J. B.; OLIVEIRA, P. D. Secagem rápida de tecidos de plantas para determinação da matéria seca. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. p. 4. 2013. Florianópolis-SC. **Anais/Resumos**. Ciências do solo. 2013. 4p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/992430/1/472.pdf>. Acesso em: 07 de abril de 2025.

MONÇÕES, F. P.; COSTA, M. A. M. S.; RIGUEIRA J. P. S.; MOURA, M. M. A.; JÚNIOR, V. R. R.; GOMES, V. M. G.; LEAL, D. B.; MARANHÃO, C. M. A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; CHAMONE, J. M. A. Yield and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. **Semina: Ciências Agrárias**. v.40, n.5, p.2045-2056. 2019.

MOURA, M. M. A.; ALVES, W. S.; RIGUEIRA, S. P. S.; MIZOBUTSI, E. H.; MONÇÃO, F. P.; FERNANDES, M. B.; ALMEIDA, L. B.; ARAUJO, I. V. S. Estratégias de manejo para a cultivar BRS capiaçu: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. v.7, n.2, p.1-17, 2024.

NEIVA, R. **Alta produção de biomassa impulsiona uso da BRS Capiaçú na geração de energia renovável**. Embrapa – Objetivos de desenvolvimento sustentável. 2025. Disponível em: [https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/busca-de-noticias/-/noticia/100041743/alta-producao-de-biomassa-impulsiona-uso-da-brs-capiacu-na-geracao-de-energia-renovavel?p\\_auth=5jtPzeT7#:~:text=Toler%C3%A2ncia%20a%20estresses%20clim%C3%A1ticos,-Outras%20caracter%C3%ADsticas%20positivas&text=ao%20estresse%20h%C3%ADdric](https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/busca-de-noticias/-/noticia/100041743/alta-producao-de-biomassa-impulsiona-uso-da-brs-capiacu-na-geracao-de-energia-renovavel?p_auth=5jtPzeT7#:~:text=Toler%C3%A2ncia%20a%20estresses%20clim%C3%A1ticos,-Outras%20caracter%C3%ADsticas%20positivas&text=ao%20estresse%20h%C3%ADdric) o.-

,Embora%20haja%20redu%C3%A7%C3%A3o%20do%20crescimento%20durante%20a%20seca%2C%20o%20capim,meu%20rebanho%E2%80%9D%2C%20afirma%20Ventura.  
Acesso em: 22 de junho de 2025.

NERES, R. P.; FIGUEIREDO, S. M.; GOMES, G. O.; VALE, L. F. S.; VIANA, M. F. R.; LIMA, J. B. M. P. Avaliação do teor de matéria do seca do brs-capiaçu para determinação do momento de corte para ensilagem. In: IF integra. 2023. Campus Salina. **Anais/Resumos**. 2023. 3p.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. da C. Silagens: oportunidades e pontos críticos. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2004. 10p. (**Comunicado técnico 43**).

OLIVEIRA, J. S.; MARTINS, C. E. Silagem. **Ageitec – Agronegocio do Leite**. Embrapa. 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem#:~:text=O%20milho%2C%20o%20sorgo%20e,valor%20nutritivo%20d entre%20essas%20tr%C3%AAs](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem#:~:text=O%20milho%2C%20o%20sorgo%20e,valor%20nutritivo%20d entre%20essas%20tr%C3%AAs). Acesso em: 08 de maio de 2025.

PAULA, P. R. P.; NEIVA JÚNIOR, A. P.; SOUZA, W. L.; ABREU, M. J. I.; TEIXEIRA, R. M. A.; CAPPLLE, E. R.; TAVARES, V. B. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante BRS Capiaçu com inclusão de fubá de milho. **Pubvet**. v.14, n.10, a680, p.1-11, 2020.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. da S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiaçu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. 17: 59-62, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cbab/a/YhWtVmCn7Dm3Q8TxDtYgcZN/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 21 de junho de 2025.

PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. da S.; MORENZ, M. J. F.; LEITE, J. L. B.; SANTOS, A. M. B.; MARTINS, C. E.; MACHADO, J. C. **BRS Capiaçu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. Juiz de Fora – MG. Embrapa. 2016. 6p. (Comunicado técnico 79). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056288/1/ComunicadoTecnico79.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2025.

RETORE, M.; ALVES, J. P.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; GALEANO, E. J. Manejo do capim BRS Capiaçu para aliar produtividade à qualidade. Dourados – MS. Embrapa. 2021. 9p. (**Comunicado técnico 263**).

RETORE, M.; ALVES, J. P.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; MENDES, S. da S. **Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçu**. Dourados – MS. Embrapa. 2020. 10p. (Comunicado técnico 261). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1130009/1/COT-261-2020.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2025.

SENAR. **Silagem de milho e sorgo: Produção, ensilagem e utilização.** Brasília- DF. SENAR. 2011. 116p. (Coleção SENAR 154). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/154-SILAGEM-DE-MILHO-E-SORGO-NOVO.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2025.

SILVA, J.; OLIVEIRA. BRS Capiaçú: qual o momento certo para fazer a silagem? 2023. Juiz de Fora – MG. Embrapa gado de leite. 6p. (**Comunicado técnico 95**).

SILVA, V. J.; MURTA, R. M.; SOUZA, I. G. B.; NEVES, D. V. C.; LOPES, T. A. O.; MACEDO, A. C. S. R. Valor nutricional do capim elefante cv. BRS Capiaçú aos 120 dias de rebrota. In: X seminário de iniciação científica do IFNMG. Diamantina-MG. **Anais/Resumos.** 2022. 3p.

SUCU, E.; KALLAN, H.; CANBOLAT, O.; FILYA, I. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 45(10):596-603, 2016.

TABACCO, E., BORREANI, G. Come contrastare il deterioramento aerobico negli insilati di mais. *Informatore Agrario*, n. 15, p. 105-111, 2002 apud BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; AMARAL, R. C. **Controle da deterioração aeróbica de silagens: Parte 1.** Beefpoint. 2005. Disponível em: [https://beefpoint.com.br/controle-da-deterioracao-aerobia-de-silagens-parte-1-25618/?utm\\_source=chatgpt.com](https://beefpoint.com.br/controle-da-deterioracao-aerobia-de-silagens-parte-1-25618/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 21 de junho de 2025.

TOSI, H.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; FURTADO, C. E.; SAMPAIO, A. A. M.; OKAMOTO, F.; KRONKA, S. do N. Avaliação química e microbiológica do capim-elefante, cultivar Taiwan a-148, preparado para ensilagem com bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** 27(10):1409-1413. 1992.

TOWNSEND, C. R. Avaliação agrônômica de forrageiras. Porto Velho-RO. Embrapa. 2011. 26p. (**Documentos 147**).

VAN SAUN, R. J. **Determinando a qualidade da forragem: Compreendendo a análise da ração.** Pennstate Extension. 2023. Disponível em: <https://extension.psu.edu/determining-forage-quality-understanding-feed-analysis>. Acesso em: 22 de junho de 2025.

VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. **Pecuária de leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos.** Embrapa. p.188-211. 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1070752/1/Parte02-cap03.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2025.