

## COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR EM COLHEITA TARDIA COM E SEM INOCULAÇÃO

Denis William Johanssem de Campos<sup>1\*</sup>, Thiago dos Reis Batista<sup>2</sup>,  
Thiago Felipe Perez<sup>3</sup>, Vitor Teixeira<sup>1</sup>, Mirella Marconato Di Bello<sup>4</sup>,  
Helenara Machado da Silva<sup>5</sup>, Ludhanna Marinho Veras<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente do Curso de Engenharia Agrônômica da Fundação Educacional de Taquaritinga (FACULDADES ITES), Taquaritinga, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Discente do Curso de Engenharia Agrônômica da Fundação Educacional de Taquaritinga (FACULDADES ITES), Taquaritinga, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Discente do Curso de Medicina Veterinária da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), Barretos, SP, Brasil.

<sup>4</sup> Docente do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário de Bebedouro (UNIFAFIBE), Bebedouro, SP, Brasil.

<sup>5</sup> Docente do Curso de Medicina Veterinária da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), Barretos, SP, Brasil.

\*Autor correspondente: Fundação Educacional de Taquaritinga (Faculdades ITES), Praça Doutor Horácio Ramalho, 159, 15900-000, Taquaritinga, SP, Brasil. E-mail: [campos.dwj@gmail.com](mailto:campos.dwj@gmail.com) (D.W.J. Campos).

### Resumo:

A conservação de forragens é uma estratégia extremamente interessante para contornar a estacionalidade forrageira ou mesmo para possibilitar o melhor aproveitamento de algumas plantas. Dentro desse contexto, conduziu-se um trabalho com o objetivo de avaliar a composição bromatológica e a estabilidade aeróbia de silagem de cana-de-açúcar bisada (cortada após o tempo regular), com e sem adição de inoculante microbiano. O experimento utilizou cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) variedade RB867515 de terceiro ano, colhida e ensilada em baldes hermeticamente fechados, com e sem adição de inoculante composto por cepas de bactérias homo e heteroláticas. Após 102 dias de fermentação, foram realizadas análises químico-bromatológicas utilizando espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). Os resultados demonstraram que a silagem com inoculação apresentou menor porcentagem de matéria seca, mas maior porcentagem de carboidratos não fibrosos e melhor perfil energético, especialmente em termos de energia metabolizável e energia líquida. No entanto, não foram observadas diferenças significativas nos teores de proteína e lignina. A inoculação mostrou-se eficiente na melhoria da qualidade nutricional e na estabilidade aeróbica da silagem, sendo uma alternativa promissora para sistemas produtivos que utilizam cana bisada como volumoso conservado.

**Palavras-chave:** cana bisada; inoculante microbiano; *Saccharum officinarum* L.; silagem.

## BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF SUGARCANE SILAGE IN LATE HARVEST WITH AND WITHOUT INOCULATION

### Summary:

Forage conservation is a highly valuable strategy to mitigate forage seasonality or even to optimize the utilization of certain plants. In this context, a study was conducted to evaluate the chemical composition and aerobic stability of over-mature (*bisada*) sugarcane silage (harvested after the regular period), with and without the addition of a microbial inoculant. The experiment utilized third-year sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), variety RB867515, harvested and ensiled in hermetically sealed experimental silos (buckets), with and without an inoculant composed of homo- and heterolactic bacterial strains. After 102 days of fermentation, chemical-bromatological analyses were performed using near-infrared spectroscopy (NIRS). The results demonstrated that the inoculated silage showed a lower dry matter content, but a higher percentage of non-fibrous carbohydrates and an improved energy profile, particularly regarding metabolizable energy and net energy. However, no significant differences were observed in protein and lignin contents. Inoculation proved to be efficient in improving the nutritional quality and aerobic stability of the silage, representing a promising alternative for production systems that utilize over-mature sugarcane as conserved roughage.

**Keywords:** late harvest sugarcane; microbial inoculant; *Saccharum officinarum* L.; silage.

### Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tem se mostrado uma alternativa promissora para a produção de forragens conservadas por fermentação, devido à sua alta produtividade e à facilidade de cultivo em diversas regiões (Silva *et al.*, 2020). A ensilagem dessa cultura facilita a logística e o armazenamento, otimizando as operações nos canaviais e atendendo à demanda por volumosos suplementares em sistemas de produção animal (Nussio *et al.*, 2003). À medida que o uso dessa prática cresce, surgem novos desafios para

aprimorar a qualidade e a estabilidade das silagens, especialmente em termos de composição bromatológica, essencial para garantir um valor nutritivo adequado (Siqueira *et al.*, 2012).

Um dos principais desafios na ensilagem da cana-de-açúcar é a perda de matéria seca (MS), causada pela intensa fermentação alcoólica característica desse material, o que pode comprometer o valor nutricional da silagem (Da Silva *et al.*, 2020). Além disso, quando a cana-de-açúcar não é utilizada no primeiro ano, sendo conhecida como cana bisada (aquela

que permanece dois verões no campo), a qualidade pode ser negativamente afetada pela maior exposição a pragas, doenças e intempéries climáticas, como o tombamento. Esses fatores de estresse podem alterar a composição química da forrageira, resultando em concentrações elevadas de compostos fenólicos e amido (Carolo, 2009).

A utilização de aditivos, como microrganismos e ureia, por exemplo, visa mitigar essas perdas, reduzindo a fermentação alcoólica e melhorando a estabilidade do produto ao longo do tempo. Para que o aditivo seja eficaz, é importante considerar não apenas a recuperação de MS, mas também os aspectos bromatológicos que influenciam diretamente o valor nutritivo final da silagem, sendo necessário também avaliar a relação custo-benefício (Andrade *et al.*, 2016; Muck *et al.*, 2018).

Entre os aditivos microbianos utilizados, destacam-se as bactérias homofermentativas e heteroláticas, que têm mostrado efeitos distintos no processo de ensilagem. As bactérias homofermentativas, como *Lactobacillus plantarum*, embora elevem a produção de ácido láctico, podem resultar em fermentações secundárias indesejadas devido ao metabolismo de leveduras. Por outro

lado, bactérias heteroláticas, como *L. brevis* e *L. buchneri*, produzem ácidos acético e propiônico além do ácido láctico, oferecendo uma alternativa para inibir o crescimento de leveduras e, possivelmente, melhorar a composição bromatológica da silagem (Zhao *et al.*, 2022).

Ainda assim, a variabilidade dos resultados experimentais indica que a microbiota epifítica da cana-de-açúcar pode influenciar o desempenho dos aditivos de forma imprevisível, tornando os efeitos das bactérias homo e heteroláticas variáveis e muitas vezes contraditórios. Essa inconstância nos resultados destaca a importância de estudos sobre as condições da forragem e as interações microbianas que ocorrem durante a ensilagem, especialmente para entender melhor a dinâmica dos componentes bromatológicos. Neste contexto, o objetivo do presente estudo visa avaliar os efeitos na composição bromatológica de silagem de cana-de-açúcar bisada produzida com a adição de inoculante microbiano.

## Material e métodos

A cana-de-açúcar da variedade RB867515 utilizada no experimento foi proveniente de doações da área

experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP), localizada no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo. O município situa-se na região nordeste do estado, com latitude Sul entre 21°04' e 21°21' e longitude Oeste de Greenwich entre 48°08' e 48°26', conforme descrito nas cartas planialtimétricas da Coleção Carta do Brasil (Brasil, 1971). A altitude local varia de 480 a 630 m, e o clima é classificado como Cwa, caracterizado como mesotérmico com inverno seco. O solo da área experimental foi classificado por Andrioli e Centurion (1999) como Latossolo Vermelho Eutrófico típico, de textura muito argilosa a moderada, caulínítico-oxídica, mesoférrica e com relevo suave ondulado (LVe).

A cana-de-açúcar foi considerada bisada de terceiro ano, sem cortes anteriores, sendo colhida em 5 de dezembro de 2024 para a condução do experimento. O material colhido foi picado na picadeira forrageira em partículas de aproximadamente 10 mm no mesmo dia, dando início ao experimento. Foram testados dois tratamentos: sem adição de inoculantes e com adição do inoculante contendo as seguintes cepas de microrganismos, cada uma

com uma concentração mínima de  $2,0 \times 10^{10}$  UFC (Unidades Formadoras de Colônia): *Lactobacillus acidophilus*; *L. plantarum*; *L. buchneri*; *Propionibacterium acidipropionici* e *Enterococcus faecium*.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos (com e sem inoculação) e cinco repetições, sendo cada balde plástico considerado uma unidade experimental. Foi utilizado 0,5 grama de inoculante, previamente diluído em 100 mL de água destilada, por tonelada de forragem fresca. A solução foi pulverizada uniformemente sobre a cana-de-açúcar antes do enchimento dos baldes-silo plásticos de três litros, que foram hermeticamente vedados, resultando em um volume final de 4,5 cm<sup>3</sup>. A compactação da forragem foi realizada manualmente, com o uso das mãos, permitindo acondicionamento de massa específica de 2 kg/m<sup>3</sup> de silagem por balde-silo.

Cada balde-silo foi pesado antes (vazio) e após o enchimento, sendo, em seguida, vedados com fita adesiva e armazenados em temperatura ambiente em um galpão coberto por 102 dias. Após o período de armazenamento, cada balde-silo foi pesado novamente e a silagem foi retirada e homogeneizada em sacos

plásticos. Foram coletadas três amostras de cada silo para realização das análises químicas e bromatológicas.

As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada a 55° C durante 72 horas e, em seguida, processadas em moinho estacionário tipo Wiley, utilizando uma peneira com crivos de 1 mm. As análises bromatológicas foram encaminhadas no laboratório 3RLab Ribersolo na cidade de Ribeirão-Preto, São Paulo, Brasil. As amostras foram colocadas em cubetas próprias do equipamento Espectrômetro de Reflectância Infravermelho Próximo (NIRS), modelo Spectra Star 2600 XT series of Near Infrared Analyzers (Unity Scientific®) e escaneadas em duplicatas utilizando a curva de calibração, sendo os resultados lidos diretamente na tela do equipamento. Após a leitura de cada amostra, realizou-se a limpeza das cubetas para a retirada de resíduos.

Foram determinadas as porcentagens de umidade (U), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), proteína digestível (PD), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina com base na MS (LIG MS), lignina com base no FDN (LIG FDN), açúcares (AÇU), extrato etéreo (EE), matéria mineral

(MM), carboidratos não fibrosos (CNF), e para os cálculos energéticos de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida (ELI), energia líquida para ganho (ELg) e energia líquida de manutenção (ELm), com base nas fórmulas do NRC (2001) e modelos do próprio equipamento NIRS.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos e de homogeneidade de variâncias. As médias foram comparadas pelo teste t de Student ao nível a 5% de significância. Foi utilizado o *software* para análises estatísticas AgroEstat.

## **Resultados e discussão**

A avaliação da composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar bisada evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos com e sem inoculação (Tabela 1). A umidade foi superior na silagem inoculada (82,34%), enquanto a matéria seca foi maior na silagem sem inoculação (21,88%). Esses resultados estão em consonância com estudos anteriores que relatam maior retenção de umidade em silagens com inoculantes microbianos, possivelmente devido à fermentação

promovida pelos microrganismos, que reduz a evaporação de água durante o processo de armazenagem (Moraes *et al.*, 2012). Além disso, a inoculação com *Lactobacillus buchneri* tem sido associada à redução das perdas de matéria seca durante o processo de fermentação (Mendes *et al.*, 2008).

A composição proteica da silagem não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com a proteína bruta variando entre 3,09% e 3,28%, e a proteína disponível entre 2,33% e 2,51%. Esse resultado indica que a adição de inoculantes microbianos não altera significativamente a fração proteica da silagem de cana-de-açúcar, conforme observado por Schimidt *et al.* (2011). Porém, isso difere dos resultados observados por Valeriano *et al.* (2009), que avaliaram o efeito de aditivos microbianos contendo bactérias heterofermentativas ou homofermentativas sobre as características de silagens de cana-de-açúcar com 12 meses de rebrota, encontrando teores de proteína bruta variando de 3,6% a 4,9%, superiores

aos observados no presente experimento. Estudos que indicam que os inoculantes microbianos impactam principalmente a fermentação dos carboidratos e a estabilidade aeróbica, sem alterações substanciais na composição proteica (Zopollatto *et al.*, 2009).

Em relação aos carboidratos estruturais, observou-se uma redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), que corresponde à fração de celulose, hemicelulose e lignina; e de fibra em detergente ácido (FDA), que representa a fração de celulose e lignina, na silagem com inoculação, com valores de 63,76% e 46,67%, respectivamente, em comparação aos 66,94% e 48,93% observados no tratamento controle. Esses resultados indicam que a ação dos microrganismos presentes no inoculante pode ter contribuído para a degradação parcial das fibras, especialmente celulose e hemicelulose, resultando em uma silagem com melhor digestibilidade aos animais (Coan *et al.*, 2005; Zopollatto *et al.*, 2009).

**Tabela 1** - Composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar bisada com e sem inoculação, determinada pelo método de espectrometria de reflectância infravermelho próximo (NIRS).

| Parâmetros                | Com inoculante* | Sem inoculante* |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Umidade                   | 82,34±1,04a     | 78,12±1,26b     |
| Matéria seca (MS)         | 17,66±1,22b     | 21,88±1,36a     |
| <b>Proteína</b>           |                 |                 |
| Proteína bruta (%MS)      | 3,09±0,38a      | 3,28±0,31a      |
| Proteína disponível (%MS) | 2,33±0,31a      | 2,51±0,40a      |
| <b>Carboidratos</b>       |                 |                 |
| FDN (%MS)                 | 63,76±1,45b     | 66,94±1,84a     |
| FDA (%MS)                 | 46,67±1,27b     | 48,93±1,12a     |
| Lignina (%MS)             | 5,68±0,68a      | 6,11±0,87a      |
| Lignina (%FDN)            | 8,91±0,36a      | 9,13±0,44a      |
| CNF (%MS)                 | 28,7±0,98a      | 24,5±1,11b      |
| Açúcares (%CNF)           | 34,03±2,75b     | 48,28±2,09a     |
| <b>Lipídeos</b> (%MS)     | 1,29±0,54a      | 1,36±0,48a      |
| <b>Minerais</b> (%MS)     | 4,43±0,32a      | 4,67±0,24a      |

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A concentração de lignina, tanto em base de matéria seca (MS) quanto em base de FDN, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que o processo de ensilagem e o uso do inoculante não interferiram na fração lignificada da forragem. A lignina é uma estrutura altamente complexa e resistente que protege a celulose e a hemicelulose da ação de enzimas, sendo degradada apenas por enzimas específicas como ligninases, lacases e peroxidases, produzidas por fungos aeróbicos,

especialmente os da podridão branca, como *Phanerochaete chrysosporium* e *Trametes versicolor*. No ambiente anaeróbico do silo, esses fungos não sobrevivem e as bactérias presentes não produzem essas enzimas, o que faz com que a lignina permaneça praticamente intacta na silagem (Aguilar e Ferraz, 2011; Cardoso *et al.*, 2018; Suryadi *et al.*, 2022).

A porcentagem de carboidratos não fibrosos (CNF) foi significativamente superior na silagem com inoculação (28,7%) em



comparação à silagem sem inoculação (24,5%). No entanto, observou-se o comportamento inverso para os açúcares (%CNF), cujos valores foram menores na silagem inoculada (34,03%) em relação àquela sem inoculação (Tabela 1). Esses achados podem ser explicados pela ação de bactérias como *Lactobacillus buchneri*, que favorecem a fermentação láctica, convertendo açúcares solúveis em ácidos orgânicos, como o ácido acético, o que melhora a conservação da silagem e reduz as perdas fermentativas. (Mendes *et al.*, 2008; Rabelo *et al.*, 2019; Da Silva *et al.*, 2022). Os valores de extrato etéreo, matéria mineral e cinzas não diferiram significativamente entre os tratamentos, indicando que esses componentes permaneceram estáveis durante o processo de ensilagem.

Em relação aos parâmetros energéticos, verificou-se tendência

positiva na silagem inoculada. Observou-se que os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) diferiram significativamente, com teor maior para a silagem com inoculação (58,08%) em comparação à sem inoculação (56,58%). Embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente expressivas para a energia digestível (ED), a energia metabolizável (EM) e a energia líquida para ganho (ELg) foram superiores na silagem com inoculação, indicando um melhor fornecimento de energia na alimentação (Tabela 2). Sugere-se que a adição de microrganismos pode ter contribuído para a preservação da qualidade energética da silagem. Esses resultados indicam que a adição de inoculantes melhora a estabilidade aeróbica da silagem e pode favorecer um melhor desempenho animal (Kung Jr. *et al.*, 2003; Mendes *et al.*, 2008; Arriola *et al.*, 2021).

**Tabela 2-** Cálculos energéticos da silagem de cana-de-açúcar bisada com e sem inoculação pelo método de NIRS, com base no NRC (2001).

| <b>Cálculo energético</b> | <b>Com inoculante*</b> | <b>Sem inoculante*</b> |
|---------------------------|------------------------|------------------------|
| NDT (%MS)                 | 58,08±1,26a            | 56,58±1,17a            |
| ED (Mcal/kg)              | 2,47±0,22a             | 2,4±0,18a              |
| EM (Mcal/kg)              | 2,14±0,10a             | 2,07±0,08a             |
| ElI (Mcal/kg)             | 1,24±0,08a             | 1,2±0,06a              |
| Elg (Mcal/kg)             | 0,71±0,12a             | 0,65±0,17a             |
| Elm (Mcal/kg)             | 1,28±0,11a             | 1,22±0,14a             |

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p>0,05$ ).



A manutenção dos valores de NDT, ED, EM e ELg sugere que o uso de inoculantes contribui para minimizar perdas fermentativas indesejáveis, favorecendo a preservação dos nutrientes essenciais para o desempenho animal. Esse efeito pode estar relacionado à maior produção de ácidos orgânicos, especialmente ácido acético e ácido láctico, que estabilizam a silagem e inibem microrganismos deteriorantes, como fungos e leveduras (Kleinschmit e Kung JR., 2006; Ávila *et al.*, 2009).

A manutenção da qualidade energética da silagem é um fator determinante para garantir uma ingestão eficiente pelos animais, otimizando a conversão alimentar e o ganho de peso. Assim, mesmo sem diferenças estatísticas marcantes, a tendência observada reforça a importância dos inoculantes como uma estratégia promissora para a conservação e aproveitamento da silagem de cana-de-açúcar bisada que já apresenta um baixo valor nutricional.

## **Conclusão**

A utilização de inoculante na produção de silagem de cana-de-açúcar bisada pode contribuir

significativamente para uma fermentação mais eficiente, reforçando a importância desses aditivos como estratégia promissora para a conservação e o aproveitamento da silagem de cana-de-açúcar, especialmente quando esta apresenta baixo valor nutricional. Estudos futuros podem aprofundar a investigação sobre os efeitos a longo prazo dessa tecnologia em diferentes sistemas de produção, permitindo a adaptação de novas estratégias para maximizar os benefícios da inoculação.

## **Contribuição dos autores**

*Denis William Johansen de Campos:* Conceitualização, definição da Metodologia, aquisição e análise de Dados, escrita, rascunho original e revisão.

*Thiago dos Reis Batista:* Conceitualização, definição da Metodologia, aquisição e análise de dados, escrita, rascunho original e revisão.

*Thiago Felipe Perez:* Escrita, revisão e edição.

*Vitor Teixeira:* Escrita: Revisão e edição, com contribuições na discussão dos resultados.

*Mirella Marconato Di Bello:* Escrita, revisão e edição, com contribuições na discussão dos resultados.

*Helenara Machado da Silva:* Escrita, revisão e edição, com contribuições na Discussão dos Resultados.

*Ludhanna Marinho Veras*: Escrita, revisão e edição, com contribuições na Discussão dos Resultados.

## Referências

AGUIAR, A.; FERRAZ, A. M. Mecanismos envolvidos na biodegradação de materiais lignocelulósicos e aplicações tecnológicas correlatas. **Química Nova**, v. 34, p. 1729-1738, 2011.

ANDRADE, F. L. D.; RODRIGUES, J. P. P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; CASTRO, M. M. D.; TRECE, A. S.; MARCONDES, M. I. Nutritional and productive performance of dairy cows fed corn silage or sugarcane silage with or without additives. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, p. 747-753, 2016.

ANDRIOLI, I. F.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. CD-ROM.

ARRIOLA, K. G.; OLIVEIRA, A. S.; JIANG, Y.; KIM, D.; SILVA, H. M.; KIM, S. C.; ADESOGAN, A. T. Meta-analysis of effects of inoculation with *Lactobacillus buchneri*, with or without other bacteria, on silage fermentation, aerobic stability, and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 7653-7670, 2021.

ÁVILA, C. L. D. S.; PINTO, J. C.;

FIGUEIREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R. D.; PEREIRA, O. G.; SCHWAN, R. F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 779-787, 2009.

BRASIL. Ministério do Planejamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia. **Carta do Brasil: folhas SF-22-X-D-III-3 (Jaboticabal) e SF-22-X-D-III-4 (Guariba)**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971. Escala 1:50.000.

CARDOSO, W. S.; QUEIROZ, P. V.; TAVARES, G. P.; SANTOS, F. A.; FREITAS SOARES, F. E. Multi-enzyme complex of white rot fungi in saccharification of lignocellulosic material. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 4, p. 879-884, 2018.

CAROLO, A. Aumento da cana bisada preocupa especialistas. **Jornal da Cana**, n. 187, p. 19, 2009.

COAN, R. M.; VIEIRA, P. F. D.; SILVEIRA, R. N. D.; REIS, R. A.; MALHEIROS, E. B.; PEDREIRA, M. S. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 416-424, 2005.

DA SILVA, L. D.; PEREIRA, O. G.; ROSEIRA, J. P.; AGARUSSI, M. C.; DA SILVA, V. P.; DA SILVA, T. C.; BERNARDES, T. F. Effect of wild *Lactobacillus buchneri* strains on the

fermentation profile and microbial populations of sugarcane silage. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2020.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG JUNIOR, L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.

KUNG JUNIOR, L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P.; NEYLON, J. M. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 336-343, 2003.

MENDES, C. Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L. G.; PIRES, A. V.; RODRIGUES, G. H.; URANO, F. S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2191-2198, 2008.

MORAIS, M. D. G.; ÍTAVO, C. C. B. F.; ÍTAVO, L. C. V.; BUNGENSTAB, D. J.; RIBEIRO, C. B.; OLIVEIRA, L. B.; SILVA, J. A. Inoculação de silagens de grãos úmidos de milho em diferentes processamentos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 969-981, 2012.

MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; CONTRERAS-GOVEA, F. E.; SANTOS, M. C.; KUNG JUNIOR, L. Silage review: recent

advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381 p.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A. F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 187-205.

RABELO, C. H. S.; HÄRTER, C. J.; ÁVILA, C. L. D. S.; REIS, R. A. Meta-analysis of the effects of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri* on fermentation, chemical composition and aerobic stability of sugarcane silage. **Grassland Science**, v. 65, n. 1, p. 3-12, 2019.

SCHMIDT, P.; ROSSI JUNIOR, P.; JUNGES, D.; DIAS, L. T.; ALMEIDA, R. D.; MARI, L. J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 543-549, 2011.

SILVA, V. L.; FREITAS, P. V. D. X.; OLIVEIRA CAETANO, G. A.; SOUZA FRANÇA, A. F. Cana energia e produção de silagem como estratégia para alimentação animal. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-13, 2020.

SIQUEIRA, G. R.; ROTH, M. D. T. P.; MORETTI, M. H.; BENATTI, J. M. B.; RESENDE, F. D. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e**

**Produção Animal**, v. 13, p. 991-1008, 2012.

SURYADI, H.; JUDONO, J. J.; PUTRI, M. R.; ECLESSIA, A. D.; ULHAQ, J. M.; AGUSTINA, D. N.; SUMIATI, T. Biodelignification of lignocellulose using ligninolytic enzymes from white-rot fungi. **Heliyon**, v. 8, n. 2, e08912, 2022.

VALERIANO, A. R.; PINTO, J. C.; ÁVILA, C. L. D. S.; EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B.; SCHWAN, R. F. Efeito da adição de *Lactobacillus* sp. na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1009-1017, 2009.

ZHAO, M.; WANG, Z.; DU, S.; SUN, L.; BAO, J.; HAO, J.; ZHANG, Y. *Lactobacillus plantarum* and propionic acid improve the fermentation quality of high-moisture amaranth silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, e1066641, 2022.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 170-189, 2009.