

## Uso de aditivos em silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.)

### RESUMO

#### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Conservação de forragem.  
Ensilagem.  
Inoculantes.  
Microorganismos.

### Use of additives in elephant grass silage (*Pennisetum purpureum*, Schum.)

#### SUMMARY

The ensiling of forages such as elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) has been considered the main tool for food preservation, aiming to guarantee its nutritional value for longer periods. However, some factors contribute to limiting the efficiency of the ensiling process, being necessary the use of products as additives to promote a better fermentative profile of the silage, resulting in quality food for animal nutrition. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of additives on elephant grass silage (*Pennisetum purpureum*, Schum). The main additives added to the ensiling process are based in bacterial, chemical and physical compounds, which can improve silage quality by increasing the number of beneficial bacteria, accelerating substrate degradation by the action of lactic acid from bacteria, enzymes, inhibition of harmful microbial populations growth, water retention, aerobic stabilization and soluble carbohydrates availability, necessary for success in the anaerobic fermentation process. Although additives can promote better conditions for an efficient ensiling process, it is important to consider parameters such as particle size and compaction, factors inherent to the plant and the handling in the ensiling process. Therefore, the use of additives is considered an important strategy to enhance the ensiling process in forages, ensuring the maintenance of forage quality with a reduction in losses, especially in the nutritional value of the ensiled material.

#### ADDITIONAL KEYWORDS

Forage conservation.  
Ensilage.  
Inoculants.  
Microorganisms.

#### INFORMATION

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 20.09.2023  
Aceptado/Accepted: 06.12.2023  
On-line: 15.04.2024  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
idael.matheus@gmail.com

### INTRODUÇÃO

A produção de forragem sofre interferência climática durante o ano, pois fatores como temperatura, luminosidade e pluviosidade promovem maior produtividade das forrageiras no verão, se encontram ausentes no inverno, reduz a produtividade das gramíneas. Com isso, a produção de muitas forrageiras é estacional, havendo a necessidade de recorrer à estratégias de

armazenamento de volumoso. A técnica da ensilagem é uma das principais alternativas pois possui capacidade de preservar o valor nutricional dos alimentos durante maiores períodos (Macêdo et al., 2021).

O processo de ensilagem é difundido em todo território nacional, sendo utilizado principalmente em períodos nos quais a disponibilidade de oferta de massa vegetal é baixa, ou até em sistemas de criação intensi-

vos (RAMOS et al., 2021). A escolha das forrageiras a serem ensiladas parte do pressuposto que essas tenham as características desejáveis para tal processo, sendo, boa produção de matéria verde, altas concentrações de energia e proteína bruta, com alta digestibilidade, e elevado teor de matéria seca, com baixa concentração de fibra indigestível, promovendo assim a fermentação eficiente (MACÊDO et al., 2019).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) é considerado alternativa viável para a produção de silagem, pois possui alto valor nutritivo, boa tolerância a seca, além de ser das plantas C4 com maior capacidade fotossintética, alcançando produtividade entre 15 e 40 toneladas de matéria seca (MS), por hectare (ALVES et al., 2016; FERREIRA et al., 2015). Entretanto, quando esse capim atinge o ponto de equilíbrio nutritivo, ou seja, período no qual existe boa produção de MS e qualidade nutricional adequada, a planta apresenta alto teor de umidade, baixo teor de carboidratos solúveis e alto poder tampão, características desfavoráveis ao processo fermentativo da silagem (AZEVEDO et al., 2020).

Porém, com técnicas de ensilagem eficientes e utilização de aditivos capazes de reduzir perdas de nutrientes e estimular fermentações desejáveis, o capim elefante Cv. *Pennisetum purpureum*, Schum, pode ser melhor aproveitado quando empregado a ensilagem (Pandey et al., 2020; PEREIRA et al., 2017). Portanto, objetivou-se com o presente estudo buscar na literatura científica trabalhos os quais demonstrem alternativas viáveis para melhorar a qualidade da silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), buscando diminuir as perdas no processo de ensilagem.

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), é considerado uma das gramíneas mais difundidas no Brasil, pois possui boa adaptabilidade de tolerância à seca frente às condições climáticas variáveis, apresenta características nutricionais desejáveis e boa palatabilidade para os animais, além de alta produção de MS (Carvalho et al., 2016). Em virtude disso, essa forrageira representa opção para a produção de volumoso suplementar em épocas de menor oferta de forragem, como o período de inverno (PEREIRA et al., 2017).

Essa forrageira foi introduzida no Brasil por volta de 1920, sendo conhecida por características marcantes como sendo planta de crescimento cespitoso, porte ereto, com até 3m de altura, além de possuir ciclo perene (Pandey et al., 2020). Em função da ótima adaptabilidade nas mais diversas situações, o desenvolvimento desse vegetal é satisfatório, podendo ser cultivado em áreas com altitudes de até 2200m, com temperaturas entre 18° a 30°C e precipitação de 800 a 4000mm por ano. Entretanto, o melhor crescimento e produção são obtidos em condições de 1500m de altitude e temperaturas em torno de 24°C (Ishii et al., 2016).

Além de ser fonte de volumoso para a nutrição animal, em virtude das ótimas características apresentadas, o capim elefante tem sido considerado alternativa para a indústria, sendo utilizado na fabricação de papel e de energia renovável. Entre os produtos originados, o biogás está entre mais promissores, mostra a importância de se cultivar esse tipo de planta, para atender

as necessidades de animais e de seres humanos (WU et al., 2020).

Atualmente, existe no país número relativamente alto de cultivares de capim elefante, sendo a BRS Capiacu a mais recente. Essa cultivar foi lançada nos últimos anos, e obtida por cruzamentos dirigidos entre acessos de capim-elefante pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) (Pereira et al., 2017).

Na oportunidade, foram selecionadas, clonadas e avaliadas as melhores progênies até chegarem ao clone CNPGL 92-79-2, o qual foi submetido a testes nos anos de 2009 a 2011, até ser reconhecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como BRS Capiacu. Entre as principais características do BRS Capiacu podem-se mencionar: elevado potencial de produção e bom valor nutritivo, podendo ser utilizado na forma de silagem ou picada verde, maior resistência ao tombamento, facilidade para a colheita mecânica, ausência de joçal (pêlos), e touceiras eretas e densas (MUCK et al., 2020).

Visando obter mais informações em relação à produtividade, na EMBRAPA Gado de Leite realizaram-se estudos com a Cv. Capiacu, nos quais foram analisados índices de produtividade como teor de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Na oportunidade, constatou-se que o Capiacu em três cortes ao ano apresentou melhores resultados para PB e NDT, quando comparado às culturas de milho, sorgo e cana de açúcar, com apenas dois cortes ao ano (Pereira et al., 2016).

Embora o capim elefante proporcione mais cortes ao longo do ano e maior teor de produtividade para PB e NDT quando comparado às outras forrageiras, é indispensável proceder manejos desde o momento do plantio até a colheita, sendo esta realizada por volta dos 75 dias, na maioria das cultivares. A necessidade de manejos ocorre em função da ocorrência de mudanças morfológicas e químicas evidenciadas ao longo do ciclo vegetativo do capim, impactando negativamente na qualidade da forragem a ser ofertada aos animais se não forem respeitadas as características vegetativas do vegetal (Carvalho et al., 2016).

Diferentemente de algumas cultivares de capim elefante, o capim BRS Capiacu possui idade ideal de colheita por volta dos 90 a 110 dias, e alturas próximas de 3,5 a 4,0 metros e neste período a forrageira estará com elevado valor nutritivo (Amaral et al., 2020; Monção et al., 2019). As mais de 70 variedades de capim elefante se diferenciam em relação aos parâmetros como quantidade em dias e altura para corte. Por isso essa forrageira possui, além dos parâmetros citados acima, características distintas em morfologia, produtividade, ciclo vegetativo, composição química e porte (Santos et al., 2020; Monção et al., 2020).

#### PROCESSO DE ENSILAGEM

A tecnologia de produção de silagem de gramíneas tropicais encontra-se difundida em todo território nacional, principalmente quando se consideram o cultivo de gramíneas graníferas, como milho e sorgo (Azevedo et al., 2020). Entretanto, quando se trata de ensilagem de gramíneas não-graníferas como capim

elefante, existem algumas limitações no sucesso da fermentação da silagem. Isso ocorre em consequência de fatores relacionados à planta no ponto ideal de colheita, sendo, o alto teor de umidade, baixa concentração de carboidratos solúveis e alto poder tampão (OJEDIRAN et al., 2021).

O processo de ensilagem consiste na conservação de alimentos, processados e armazenados em silos em condições de anaerobiose (PINEDO et al., 2020). Diante das condições citadas, existe o desenvolvimento de micro-organismos que usam como substratos carboidratos solúveis presentes nas forragens. Dessa forma, ocorre a produção de ácidos orgânicos, responsáveis por reduzir o pH, aumentar a temperatura e o nitrogênio amoniacal da massa ensilada, o que proporciona a conservação do material. Assim existe inibição da atividade microbiana indesejável, preservando as características desejáveis do capim (WU et al., 2020; SANTOS et al., 2011).

A técnica de ensilagem pode ser dividida em quatro etapas, sendo fase aeróbia inicial, a fermentação ativa, a estabilidade e a descarga (SANTOS et al., 2010). A aerobiose inicial inicia durante o armazenamento da forragem até o esgotamento do oxigênio no silo, após a vedação. Esta dura em torno de quatro a seis horas após a vedação do silo e possui como pontos-chaves para gerar a boa silagem, a ocorrência de umidade adequada e a eficiência da compactação e vedação do silo, pois esses fatores influenciam a duração desta. A ausência de tais condições promove excesso de oxigênio e umidade, e conseqüentemente maior taxa de fermentação aeróbia (ANDRADE JÚNIOR et al., 2014; BOREANI et al., 2018).

A presença do oxigênio favorece o crescimento de micro-organismos aeróbicos como fungos, leveduras e bactérias aeróbias estritas ou facultativas, os quais oxidam os carboidratos. O excesso de oxigênio causará aumento da temperatura, podendo chegar acima dos 44°C, reduzindo as chances de fermentação desejável. Com isso, ocorre redução no valor nutritivo da silagem, em consequência, principalmente às perdas de digestibilidade de proteína resultantes da reação de *Maillard* (NEUMANN et al., 2007).

É importante que os processos necessários antes da vedação do silo sejam bem executados e realizados o mais breve possível, pois nessa fase podem ocorrer muitas perdas. Estas relacionam-se à intensa liberação de carboidratos solúveis no meio e ao mesmo tempo enzimas da planta continuam a atuar e utilizam como fonte de substrato carboidratos disponíveis no meio. Isso interfere negativamente no valor nutritivo do material final, pois tais reações fazem com que os nutrientes a serem utilizados pelos animais ao consumirem a silagem, sejam perdidos por utilização de microorganismos presentes no meio (DANNER et al., 2003).

A fase de fermentação ativa dura em torno de uma a quatro semanas e é caracterizada por ausência de oxigênio e aumento da população de bactérias anaeróbias. Essa fermentação promove a produção de ácidos orgânicos, a partir de carboidratos solúveis, contribuindo para queda acentuada do pH (FARIA et al., 2020). Inicialmente, há a atuação de enterobactérias e hetero-

fermentativas, responsáveis por produzir quantidades razoáveis de ácidos orgânicos, com predominância do ácido acético. Normalmente, os gêneros *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* e *Lactobacillus* são característicos na fase de fermentação ativa (ALVES et al., 2020; FARIA et al., 2020).

Posteriormente, com a redução mais acentuada do pH tornam-se dominantes as homofermentativas, representadas principalmente pelo gênero *Lactobacillus*, principais representantes das bactérias ácido-láticas (BAL) (PEREIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2011). Essa se prolonga até que o pH reduza aos valores abaixo de 5,0. A fermentação anaeróbia será interrompida quando o suprimento de carboidratos solúveis for consumido e/ou quando as concentrações dos ácidos gerados inibir os micro-organismos produtores destes. Quando ocorre maior duração desta, existe, conseqüentemente, a ação de clostrídios, os quais irão utilizar o ácido láctico para produzir ácido butírico e prejudicar a regulação do pH da silagem (MUCK, 2010).

A fase de estabilidade é representada por baixo pH da massa ensilada e em condições de anaerobiose pode ser conservada por meses ou até anos. Nesta etapa, apenas bactérias resistentes à acidez (BAL), se encontram em atividade, porém muito reduzida. O gênero *Lactobacillus* é comumente referido como predominante nesta fase em consequência a tolerância à acidez. Alguns organismos sobrevivem inativados durante essa etapa, como leveduras e clostrídios (SANTOS et al., 2011).

A fase de descarga compreende o momento de abertura do silo, proporciona a exposição do silo ao oxigênio do meio. Com isso, existe aumento na atividade de micro-organismos, o que promove reações oxidantes em cascata na massa ensilada, associadas ao consumo de carboidratos residuais do processo de conservação e produzem calor e dióxido de carbono (PASCOT et al., 2020; BERNARDES et al., 2009).

A fase de descarga compreende o momento de abertura do silo, proporciona a exposição do silo ao oxigênio do meio. Com isso, existe aumento na atividade de micro-organismos, o que promove reações oxidantes em cascata na massa ensilada, associadas ao consumo de carboidratos residuais do processo de conservação e produzem calor e dióxido de carbono (PASCOT et al., 2020; BERNARDES et al., 2009).

Após a abertura, quanto maior a taxa de retirada do material ensilado, menores são as perdas da ensilagem. Isso precisa ser organizado no momento de dimensionamento do silo. Nessa etapa é indicada a retirada uma faixa de, no mínimo 20 cm, diariamente com o objetivo de minimizar as perdas por contato direto com oxigênio. A compactação eficiente do silo, ainda no início da ensilagem contribui para a redução de perdas após abertura, pois quando essa é bem-feita, irá dificultar a entrada de oxigênio no material ensilado (GUIMARÃES et al., 2019).

No processo de produção de silagem, dois fatores podem interferir negativamente na qualidade do material ensilado, sendo os fatores inerentes às plantas e de manejo. Os primeiros são: umidade, teor de carboi-

dratos solúveis e capacidade tampão. Em relação ao manejo são representados por variações nas práticas de processamento e armazenagem da planta, sendo estes tamanhos de partícula, compactação, emurchecimento, exposição ao ar e uso de aditivos (CARVALHO et al., 2018; SANTOS et al., 2010).

#### FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO DE ENSILAGEM

##### FATORES INERENTES À PLANTA

Os fatores inerentes à planta estão relacionados às limitações nas reações ocorridas no processo de fermentação da silagem. Essas podem ser fatores como o baixo teor de matéria seca no momento ideal de corte, alta concentração de umidade, baixo teor de carboidratos solúveis e alto poder tamponante. Isso interfere negativamente na qualidade final do material ensilado, acarreta principalmente em perdas de nutrientes, provocando redução no valor nutricional do volumoso (Paula et al., 2020; Wu et al., 2020).

O teor de matéria seca é considerado um dos principais fatores limitantes inerentes à planta, principalmente quando se consideram forrageiras como o capim elefante. Para a produção de silagens, preconizam-se teores de matéria seca em torno de 20 a 25%, pois dentro dessa faixa ocorrerá fermentação mais eficiente do material ensilado (McDonald; Henderson; Heron 1991). Entretanto, este valor pode ser alterado principalmente em função do tipo de gramínea a ser ensilada e como essa foi produzida até o ponto de colheita, aumentando o teor de MS para 30% (Pires et al., 2006; Van Soest, 1994).

A ensilagem de plantas dentro dos padrões considerados ideias de MS promove eficiência no processo de fermentação, pois teores mais baixos ou mais altos de MS dificultam a realização eficiente do processo. Silagens produzidas com MS mais baixa podem apresentar limitações em relação ao processo de fermentação, visto que existem elevadas perdas por gases e efluentes. Estes, ao serem eliminados carregam nutrientes solúveis em água, como proteínas, minerais, açúcares e vitaminas, reduzindo o valor nutricional da silagem, além de elevar os teores de fibra desta (Monteiro et al., 2011).

Por outro lado, quando se ensilam forrageiras contendo alto teor de MS, acima de 40%, existem limitações em processos relacionados a etapa da ensilagem, como a compactação do material no silo. Isso promove altas concentrações de oxigênio residual entre as camadas da silagem, pode promover o prolongamento da fase aeróbia e, conseqüentemente, acarretar fermentações indesejáveis, capazes de reduzir o valor nutricional do material ensilado (Kung Junior et al., 2018).

O alto teor de umidade na planta é considerado um dos limitantes no processo de ensilagem, pois o excesso de água promove a diluição de ácidos produzidos por bactérias heterofermentativas e, conseqüentemente, interfere na redução do pH da silagem, o que prolonga a fase de fermentação ativa (Irawan et al., 2021). Ademais, a alta umidade aumenta a produção de ácido butírico e perdas de nitrogênio não proteico, influenciando nas características bioquímicas, sensoriais e bro-

matológicas da silagem, conhecido como fermentação secundária (Muck et al., 2018).

O crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* é favorecido em condições de excesso de umidade e essas se desenvolvem com a utilização de carboidratos e proteínas, reduz o valor nutritivo da silagem (Guimarães; Monteiro; Deminici, 2011). A utilização dos nutrientes anteriores por *Clostridium* spp., promove a produção de ácido butírico e contribui para a geração de perdas na forma de efluentes e gás, além de reduzir o consumo dos animais (Ridwan et al., 2015).

A formação destes compostos na silagem representa perdas no valor nutricional, além de interferir no consumo dos animais e, conseqüentemente, no desempenho. Estudos realizados por Gerlach et al., (2014) demonstraram correlações negativas entre a ingestão de matéria seca pelos animais e a concentração de ácido butírico, 1- butanol e amônia.

Além do baixo valor de MS e alto teor de umidade, a menor concentração de carboidratos solúveis (CS) pode interferir no processo de ensilagem e, conseqüentemente, na qualidade do material. Os CS são considerados a principal fonte de nutrientes para os micro-organismos presentes na silagem, principalmente as bactérias produtoras do ácido láctico, as quais se convertem em ácidos, garantindo maior capacidade de conservação do volumoso (Gurgel et al., 2019; Silva et al., 2008).

A concentração de CS varia de acordo com o tipo de forrageira, embora a maioria dos capins tropicais apresente valores abaixo de 5% (Carvalho et al., 2008). Porém, não apenas concentrações mais baixas comprometem a qualidade da silagem, visto que forrageiras com maiores quantidades de CS, como a cana-de-açúcar, comprometem o processo de fermentação. A alta concentração de substrato, proporciona fermentação intensa e resulta em rápida redução do pH (< 4,0), contribui também para o desenvolvimento de leveduras, as quais irão utilizar os açúcares disponíveis no meio e com isso ocorrerão perdas fermentativas, de MS e outros nutrientes (Behling Neto et al., 2017).

A capacidade de resistência das forrageiras frente às variações de pH está relacionada com a presença de substâncias tamponantes presentes na composição da mesma. São consideradas substâncias tamponantes os ânions, como sais ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos, além de proteínas vegetais (Santana et al., 2019). A alta concentração proteica das forrageiras pode comprometer a eficiência no processo, pois contribui para a fermentação butírica, contribuindo para redução da qualidade do volumoso conservado (Macêdo et al., 2019).

Ademais, a capacidade tamponante está diretamente ligada às quantidades de CS presentes na forrageira, pois, o desbalanço na proporção de ambos acarreta necessidade de maior conteúdo de MS, visando evitar fermentações indesejáveis (Heinritz et al., 2012; Coblenz et al., 2014). Contudo, o conhecimento das peculiaridades de cada espécie a ser ensilada e o entendimento dos fatores limitantes inerentes a essas é essencial. Pois, o desbalanço nos teores de MS, umida-

de, CS e capacidade tampicante podem interferir na eficiência do processo, resultando em reduzida qualidade do produto final, além contribuir para o baixo desempenho animal (Sucu et al., 2016).

#### TAMANHO DE PARTÍCULA E COMPACTAÇÃO

A compactação da silagem possui como objetivo eliminar ao máximo o oxigênio presente na massa ensilada, além de aumentar a densidade do material ensilado (Tan; Dalmis, 2019). A presença de oxigênio provoca fermentações indesejáveis e acarreta aumento da temperatura ambiente dentro do silo, em temperaturas acima de 30°C, existe aumento das bactérias produtoras de ácido butírico. Além disso, altas temperaturas podem promover a indisponibilização de proteínas complexadas na parede celular por reação de Maillard (Santos et al., 2010).

A densidade da massa de forragem no silo determina a concentração de oxigênio residual no mesmo. Alguns aspectos podem interferir na compactação da silagem, como peso e pressão aplicados na compactação, teor de umidade no momento da ensilagem, espessura da camada, número de camadas, altura do silo e tamanho de partícula (Silva et al., 2015; Tan; Kayisoglu; Okur, 2018). Em silagens de capim elefante é recomendada densidade próxima a 550 kg/m<sup>3</sup>, buscase manter a concentração de nutrientes do material (Wilkinson; Muck, 2019).

O tamanho de partícula é assunto amplamente discutido na produção de silagem, pois quanto menor esse, melhor será a compactação da forrageira no silo. Entretanto, é importante ressaltar a redução excessiva no tamanho de partícula pois pode promover perdas por efluentes, em consequência do rompimento da parede celular e, consequentemente, perda de conteúdo celular (Santos et al., 2010). Ademais, quanto menor o tamanho de partícula, maior é a densidade da silagem e aumentam as perdas por efluentes, sendo comprovado por meio da elevação da condutividade elétrica (Wascheck et al., 2008).

A redução do tamanho de partícula é considerada favorável para o processo de fermentação, pois proporciona melhor compactação da silagem. Além disso, partículas inferiores a 20 a 30 mm favorecem a disponibilidade de carboidratos solúveis e, consequentemente, estimulam a fermentação láctica (McDonald; Henderson; Heron 1991). Entretanto, a redução no tamanho de partícula também está associada à maiores perdas por efluentes em forrageiras com maiores teores de umidade, lixiviando nutrientes e o que reduz valor nutritivo da silagem (Santos et al., 2010).

A ocorrência de tamanhos de partículas maiores nas silagens pode ser resultante de falhas na regulagem do maquinário utilizado para a colheita das forrageiras (Factori et al., 2014). Em condições de campo a maioria das silagens apresentam partículas superiores a 19 mm, dificultando a compactação do material e, consequentemente, contribuem para redução na ingestão de matéria seca pelos animais (Alves et al., 2020). Em contrapartida, quando a silagem apresenta tamanho de partícula adequado, existe maior tendência para presença de fibras fisicamente efetivas, as quais con-

tribuem para melhor ruminação dos animais, promove maior desempenho dos animais (ZEBELI et al., 2012).

#### ADIÇÃO DE ADITIVOS NO PROCESSO DE ENSILAGEM

Os aditivos bacterianos, químicos ou físicos têm sido comumente utilizados nos processos de ensilagem em todo o mundo. Estes são responsáveis por aumentar o número de bactérias benéficas ou acelerar a acidificação do substrato por ser suplemento de bactérias do ácido láctico e enzimas. Além disso, atuam na inibição de micro-organismos prejudiciais à integridade do material ensilado (Wu et al., 2020).

Uma das principais razões para utilização dos aditivos é o elevado teor de umidade presente em forrageiras como o capim elefante (*P. purpureum*), além do baixo teor de carboidratos solúveis e da alta capacidade de tampão. Com isso, a utilização de inoculação dos aditivos mencionados anteriormente promove melhor conservação do material ensilado, pois estes contribuem para a fermentação eficiente do material e, consequentemente, melhor valor nutricional da silagem (Lira Junior et al., 2021; Paula et al., 2020).

#### ADITIVOS BACTERIANOS

Os aditivos bacterianos foram utilizados nos processos de ensilagem em virtude dos benefícios proporcionados, como melhora na fermentação láctica, inibição de micro-organismos epifíticos deletérios e preservação da composição nutricional do material ensilado (Ogunade et al., 2016; Silva et al., 2016). Os aditivos são constituídos de bactérias homofermentativas, heterofermentativas ou a combinação de ambas.

As homofermentativas são responsáveis por proporcionar rápida taxa de fermentação, incidência de proteólise menor, aumento na concentração de ácido láctico, redução nas concentrações de ácido acético e butírico, além de evitar perdas de matéria seca e energia (Silva et al., 2020). Por outro lado, as heterofermentativas utilizam o ácido láctico e a glicose como substrato e, consequentemente, produzem ácido acético e propiônico, responsáveis por controlar fungos, em condições de baixo pH, além de promover maior estabilidade aeróbica (Ozduven et al., 2017).

Embora a inoculação de aditivos bacterianos promova os benefícios citados acima, os resultados a campo podem ser variáveis. Isso porque a eficácia está relacionada com o tipo de população epifítica presente na forrageira no momento da ensilagem, além da presença de substratos adequados e principalmente das cepas de bactérias presentes no aditivo (Rodrigues et al., 2015).

A inoculação de aditivos bacterianos tem apresentado benefícios no processo de ensilagem, como a melhora na qualidade sanitária do material ensilado. Coutinho et al., (2020) observaram que a inoculação de *Lactobacillus buchneri* em forrageiras tropicais reduziu as perdas da ensilagem após a abertura do silo, além de melhorar a qualidade sanitária da silagem, em virtude da inibição do crescimento de micro-organismos deteriorantes. Resultados similares foram encontrados por Zielinska et al., (2015) ao inocularem *L. buchneri* *Lactocacillus plantarum* em silagem de alfafa.

Tan et al., (2021), avaliaram a utilização de bactérias lácticas (*Lactobacillus plantarum* e *L. buchneri*), associados com resíduos de ácido cítrico em silagens de capim elefante (cv. Napier), sobre os parâmetros de qualidade de fermentação e estabilidade aeróbia da silagem. Ao término da pesquisa os autores relataram que a inclusão dos aditivos proporcionou melhores respostas para o perfil fermentativo da silagem. Entretanto, não houve resultado significativo para a estabilidade aeróbia, tornando-se necessários mais estudos para elucidar tais efeitos.

Ademais, a utilização de aditivos bacterianos promoverá melhorias no perfil fermentativo da silagem (Oliveira et al., 2017; Shah et al., 2018), mais estabilidade aeróbia em função da ação eficaz contra micro-organismos deteriorantes, como leveduras (Basso et al., 2012; Wambacq et al., 2013), maior valor nutricional do material (Aurerbach; Nadeau, 2020) e, conseqüentemente, melhora no desempenho dos animais (Oliveira et al., 2017; Daniel et al., 2018).

Porém, em outras pesquisas com silagens submetidas à inclusão dos aditivos não foram observados resultados satisfatórios relacionados à qualidade da fermentação, digestibilidade do material ensilado, desempenho animal e qualidade da fibra (Dordevic et al 2017; Oliveira et al., 2017). Estes achados podem ser justificados em função das diferenças morfológicas e fisiológicas das forrageiras, além de manejos realizados ao processo de ensilagem (Driehuis et al., 2018). Com isso, torna-se evidente a necessidade das constantes pesquisas relacionadas à inoculação de aditivos bacterianos em silagens e os respectivos benefícios.

#### ADITIVOS QUÍMICOS

Os aditivos químicos são acrescentados ao processo de ensilagem com intuito de inibir fermentações indesejáveis durante o período ensilagem, além de retardarem a deterioração aeróbia. Efeitos relacionados à redução do pH da silagem, ação contra fungos e bactérias e melhora no teor de PB foram evidenciados com a inclusão destes aditivos (Cruz et al., 2019).

A ensilagem de forrageiras como a cana-de-açúcar sem a inoculação destes aditivos podem ocasionar maior proporção de colonização de fungos com as leveduras. Estas irão utilizar o excesso de carboidratos solúveis oriundos da cana e se desenvolverem em maiores quantidades, o que produz, conseqüentemente, etanol e promove a ocorrência de perdas no valor nutricional da silagem (Dias et al., 2014).

A inoculação de ureia sobre o material ensilado em concentrações de 0,5 a 1% por tonelada do volumoso permite à ureia ser hidrolisada em amônia e, posteriormente, reagir com água, sendo convertida em hidróxido de amônia. Isso eleva o pH e inibe o crescimento de micro-organismos deletérios como leveduras. Logo, haverá redução na produção de etanol e nas perdas de MS da silagem (Cruz et al., 2019).

Deminicis et al., (2014) evidenciaram que a adição da ureia sobre silagens de capim elefante proporcionou aumento no pH, em função da conversão da ureia a amônia, pois esta possui ótima atividade tamponante, evita a produção de ácidos redutores do pH. Benefícios

relacionados à correção do déficit proteico das silagens foram observados com a adição de ureia (SANTOS et al., 2010).

A ureia como aditivo químico em silagens de forrageiras tropicais está relacionada principalmente com a capacidade em aumentar os teores de nitrogênio (Alves et al., 2020). Isso, resultará em maior aporte de nitrogênio aos micro-organismos ruminais, o que permite maior eficiência no processo de degradabilidade do substrato, relacionada ao aumento no teor de proteína bruta sintetizada, por meio da adição de nitrogênio não proteico (Silva et al., 2016).

Costa et al., (2020), estudaram os efeitos da combinação entre farelo de vagem, *Parkia platycephala* e ureia, sobre os parâmetros de composição química, características fermentativas e degradabilidade ruminal in situ em silagem de capim-elefante. Neste estudo, comprovou-se que a combinação dos aditivos proporcionou maior disponibilidade de frações digestíveis do volumoso e maior aproveitamento por micro-organismos ruminais. Além disso, observaram-se melhorias em características fermentativas, composição química e degradabilidade da silagem, segundo os autores.

O hidróxido de sódio (NaOH) é considerado aditivo químico utilizado em materiais ensilados, sendo recomendadas inclusões entre 1 e 1,5%, ou seja, 10 a 15 kg por tonelada do volumoso a ser suplementado (Neumann et al., 2010). Esta adição promove benefícios como a desnaturação das ligações de hidrogênio da fração fibrosa, contribuindo as moléculas de celulose se tornarem mais aptas às ações celulolíticas (Fortaleza et al., 2012). Embora a adição contribua para os benefícios citados acima, as concentrações incluídas devem ser revisadas, pois o excesso de sódio na dieta pode contribuir para possíveis contaminações do ambiente em função da excreção nas fezes e urina (PIRES et al., 2010).

#### ADITIVOS ABSORVENTES DE UMIDADE (FÍSICOS)

Os aditivos físicos, também conhecidos como sequestrantes de umidade são incorporados junto às silagens, principalmente quando se trata de forrageiras tropicais. A utilização desses possui como intuito promover a retenção de água e disponibilizar carboidratos solúveis em quantidades necessárias para ocorrência da fermentação desejável (Santini et al., 2020). A escolha se baseia no teor de MS presente nestes, além de possuírem aceitabilidade ao consumo animal.

Os aditivos absorventes de umidade mais utilizados nos processos de ensilagem são tortas, farelos, polpa cítrica, resíduos da colheita de soja e de algodão, dentre outros. Guimarães et al., (2018) avaliaram a influência da inclusão de torta de macaúba sobre o processo de fermentação em silagens de capim elefante. Neste trabalho, os autores evidenciaram que a inclusão da torta promoveu melhorias no processo de fermentação anaeróbia da silagem.

Faria et al., (2007) relataram que a inclusão de casca de café em proporções de 12% em silagens de capim elefante promoveu resultados satisfatórios quanto a fermentação do material ensilado. Resultados similares quanto à eficiência no processo fermentativo da

silagem foram encontrados por Andrade et al., (2012), ao avaliarem a adição de fubá de milho e casca de soja em silagens de capim-elefante.

Além de efeitos benéficos relacionados à fermentação de silagens, a adição de aditivos sequestrantes de umidade proporciona melhorias relacionadas ao perfil nutritivo das silagens. Constatou-se que a inclusão de 10 a 15% de torta de macaúba proporcionou melhoras nos teores de MS e EE, além de promover elevada estabilidade aeróbia (Silveira et al., 2020).

Silveira et al., (2020), avaliaram os efeitos da adição da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) sobre a composição química, fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Na oportunidade, foram estabelecidos seis níveis de inclusão da torta como aditivo (0, 6, 12, 18, 24 e 30%). Ao término da pesquisa os autores observaram que, níveis de inclusão entre 10 a 15% são capazes de otimizar a matéria seca (MS) e teores de extrato etéreo do material ensilado, contribuindo para redução na perda de MS, produção de efluentes, além de aumentar a estabilidade aeróbia da silagem.

Lerner et al., (2020), estudaram os efeitos da inclusão da torta de cupuaçu sobre os parâmetros bromatológicos e fermentativos de silagens de capim elefante. A adição de 80% do aditivo promoveu melhorias na composição química e redução nas perdas de MS, efluentes e gases. Além disso, contribuiu para potencializar o processo fermentativo da silagem na forma como está, este trecho ficou sem citar a fonte. Estes resultados corroboram com os achados de Bezerra et al., (2019), que estudaram os efeitos da inclusão de milho moído e suco fermentado de bactérias epifíticas do ácido láctico em silagens de capim elefante.

A adição da moringa (*Moringa oleífera* Lam.), como alternativa de aditivo sequestrante de umidade foi estudada por Azevedo et al., (2020). Na oportunidade, os autores avaliaram a influência deste aditivo sobre as características sensoriais, padrão fermentativo e composição químico-bromatológica em silagens de capim elefante. Ao término do estudo, esses autores comprovaram que a adição da moringa promoveu características sensoriais e fermentativas ideais para silagens de boa qualidade. Ademais, o aditivo promoveu redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e contribuiu para o aumento no teor de PB do material ensilado.

Embora estes achados comprovem os benefícios da adição de aditivos em silagens de capim elefante, novos estudos como estes são necessários para continuar a busca por ingredientes alternativos contribuam para a eficiência no processo de ensilagem, na melhora do perfil nutricional das silagens. Obtendo, desta forma, volumosos conservados de alta qualidade e, conseqüentemente, maior desempenho animal.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ensilagem de forrageiras tropicais como o capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), é considerada uma das principais alternativas para armazenagem de alimento em períodos de escassez de volumosos,

## BIBLIOGRAFIA

- Alves, E B, Oliveira, I L, Gervasio, J R, Bastos, M. S, Silva, S. M, Gusmão, J. O, Lima, L M, Bernades, T F 2016, 'Effect of canopy height on the nutritive value of elephant grass silage', *Journal of Animal Science*, vol. 94, no. 5, pp. 306-307. <https://doi.org/10.2527/jam2016-0642>.
- Alves, R, A, Santana Junior, Cardoso, E, O, Mendes, F, B, K, Abreu, F, G, Viana, P, T, Raduns, L, A, P, Weis, B, H, R 2020. 'Produção e análise marginal em vacas de leite submetidas a níveis de ureia na dieta à base de silagem de sorgo.' *Archivos de Zootecnia*. vol. 69. no. 267. Pp. 309. <https://doi.org/10.21071/az.v69i267.5349>.
- Amaral, R, C, Carvalho, B, F, Costa, D, M, Morenz, M, J, F, Schwan, R, F, Ávila, C, L, S. 2020. 'Novel lactic acid bacteria strains enhance the conservation of elephant grass silage cv. BRS Capiacu.' *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 264 N. pp. 1144 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114472>.
- Andrade Júnior, V C, Pereira, R C, Dornas, M F S, Ribeiro, K G, Valadares, N R, Santos, A A, Castro, B M C 2014, 'Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas', *Horticultura Brasileira*, vol. 32, no. 1, pp. 91-97. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100015>.
- Andrade, A P, Quadros, D G, Bezerra, A R G, Almeida, J S R, Silva, P H S, Araujo, J A M 2012, 'Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja', *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 33, no. 3, pp. 1209-1218. <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744113025>.
- Auerbach, H, Nadeau, E 2020, 'Effects of additive type on fermentation and aerobic stability and its interaction with air exposure on silage nutritive value', *Agronomy*, vol.10, no. 9, pp 1229. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091229>.
- Azevedo, M M R, Guimaraes, A K V, Cabral, I S, Barbosa, C R, Machado, L S, Pantoja, J C, Amaral, T E S, Aguiar, A S 2020, 'Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) com níveis de inclusão de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.)', *Brazilian Journal of Development*, vol. 6, no. 9. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-549>.
- Basso, F C, Bernardes, T F, Roth, A P T P, Lodo, B N, Berchielli, T T, Reis, R A 2012, 'Fermentation and aerobic stability of corn silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 41, no. 7. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700032>.
- Behling Neto, A, Reis, R H P, Cabral, L S, Abreu, J G, Sousa, D P, Pedreira, B, C, Mombarch, M A, Balbinot, E, Carvalho, P, Carvalho, A

- P S 2017, 'Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage', *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 38, no. 4, pp. 2607-2618. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2607.
- Bernardes, T F, Reis, R. A, Amaral, R C 2009, 'Chemical and Microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 38, no. 1, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100001>.
- Bezerra, H F C, Santos, E M, Oliveira, J S, Carvalho, G G P, Pinho, R. M A, Silva, T C, Pereira, G A, Cassuce, M R, Zanine, A M 2019, 'Fermentation characteristics and chemical composition of elephantgrass silage with ground maize and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria', *South African Journal of Animal Science*, vol. 49, no. 3. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i3>.
- Borreani, G, Tabacco, E, Schmidt, R J, Holmes, B J, Muck, R E 2018, 'Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages', *Journal of Dairy Science*, vol. 101, no. 5, pp. 3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>.
- Carvalho, A R, Fragoso, R, Gominho, J, Saraiva, A, Costa, R, Duarte, E 2016, 'Water-energy nexus: anaerobic digestion with elephantgrass hydrolysate', *Journal of Environmental Management*, vol. 181, no. pp. 48-53. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.012>.
- Carvalho, A, P S, Arruda, R M, Abreu, J G, Souza, A L, Rodrigues, R C, Lima, L R, Cabral, L S, Neto, A B 2018, 'Características agrônomicas do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Roxo sob irrigação', *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 39, no. 1, pp. 275-286. DOI: 10.5433/1679-0359.2018v39n1p275.
- Carvalho, G G P, Garcia, R, Pires, A J V, Pereira, O G, Fernandes, F E P, Carvalho, B M A 2008, 'Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurchedado ou com adição de farelo de cacau', *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol. 60 no. 1, pp. 234-242. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000100032>.
- Coblentz, W K, Muck, R E, Borchardt, M A, Spencer, S K, Jokela, W E, Bertram, M G, Coffey, K P 2014, 'Effects of dairy slurry on silage fermentation characteristics and nutritive value of alfalfa', *Journal of Dairy Science*, vol. 97, no. 11, pp. 7197-7211. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8582>.
- Corrêa, A A, Backes, A A, Fagundes, J L, Barbosa L. T, Sousa B M L, Oliveira V S, Moreira, A L 2016, 'Caracterização da silagem da rama da batata doce emurchedada e adicionada de fubá de milho como aditivo', *Boletim de Indústria Animal*, vol. 73, no. 4, pp. 272-280.
- Costa, L A, Araújo, M J, Edvan, R L, Bezerra, L R, Sousa, A R, Viana, F J C V, Dias- Silva, T P 2020, 'Chemical composition, fermentative characteristics and in situ ruminal degradability of elephantgrass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea', *Tropical Animal Health and Production*, vol. 52, pp. 3481-3492. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02382-8>.
- Coutinho, D N, Alves, W S, Macêdo, A J S, Anjos, A J, Freitas, C A S, Sena, H P 2020, 'Aerobic stability in tropical forage silages treated with *Lactobacillus buchneri*', *Research, Society and Development*, [S. l.], vol. 9, no. 11, pp. e75991110530. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10530>.
- Cruz, S S, Pascoaloto, I M, Andreotti, M, Lima, G C, Lattari, J V F, Soares, D A, Morais, G N, Dickmann, L 2019, 'Teor proteico e mineral das silagens de sorgo consorciadas com gramíneas aditivadas com ureia', *Archivos de Zootecnia*, vol. 68, no. 262. <https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4144>.
- Daniel, J L P, Queiroz, O C M, Arriola, K G, Basso, F, Romero, J J, Adesogan, A T 2018, 'Effects of homolactic bacterial inoculant on the performance of lactating dairy cows', *Journal of Dairy Science*, vol. 101, no. 6, pp. 5145-5152. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13880>.
- Danner, H, Holzer, M, Mayrhuber, E, Braun, R 2003, 'Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions', *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 69, no. 1, pp. 562-567.
- Deminicis, B B, Araújo, R P, Rocha, N S, Abreu, M L C, Guerra, R N, Hertel, V L S, Filho, A D P, Rodrigues, P R, Amorim, I M 2014, 'Efeitos de diferentes aditivos sobre a composição bromatológica e pH de silagens de capim elefante', *PUBVET*, vol. 8, no. 13, pp. 1551- 1697.
- Dias, A M, Itavo, L C V, Itavo, C C B F, Blan, L R, Gomes, E N O, Soares, C M, Leal, E S, Nogueira, E, Coelho, E M 2014, 'Urea and crude glycerin as additive in sugarcane silage', *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol. 6, no. 6, pp. 1874-1882. <https://doi.org/10.1590/1678-7349>.
- Dordevic, S, Violeta, M, Dragana, S, Natasa, J L 2017, 'Utica j *Lactobacillus plantarum* inokulanata na kvalitetsilaže kukuruza', *Biotechnology in Animal Husbandry*, vol. 33, no. 1, pp. 115- 125. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13836>.
- Driehuis, F, Wlikinson, J M, Jiang, Y, Ogunade, I, Adesogan, A T 2018, 'Silage review: animal and human health risks from silage', *Journal of Dairy Science*, vol. 101, no. 5, p. 4093- 4110. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13836>.
- Factori, M A, Costa, C, Meirelles, P R L, Da Silveira, J P F, Silva, M G B 2014, 'Degradabilidade e digestibilidade de híbridos de milho em função do estágio de colheita, tamanho de partícula e processamento por meio do esmagamento na ensilagem', *Bioscience Journal*, vol. 30, pp. 882-891. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/19855>
- Faria, D J G, Garcia, R, Pereira, O G, Fonseca, D M, Mello, R, Rigueira, J P S 2007, 'Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 36, no. 2, pp. 301-308. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200005>.
- Faria, T, R, F, Pinese, F, Gimenes, F, A, M, Demarchi, F, P, Campus, F, P, Premazzi, W, T, Mattos, L 2020, 'Composição bromatológica de silagens de milho comerciais produzidas no Brasil.' *Archivos de Zootecnia*. vol. 69. No. 268. Pp. 397. <https://doi.org/10.21071/az.v69i268.5386>
- Ferreira, A C H, Rodriguez, N M, Neiva, J N M, Campos, W E, Borges, I 2015, 'Características químico-bromatológicas e fermentativas do capim-elefante ensilado com níveis crescentes de subproduto da agroindústria do abacaxi', *Revista Ceres*, vol. 54, no. 312.
- Fortaleza, A P S, Silva, L D F, Zackm, E, Barbero, R P, Ribeiro, E L A, Pegoraro, M, Santos, L E D, Mizubuti, I Y 2012, 'Composição química e degradabilidade de silagens da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e bacteriano', *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 33, no. 2, pp. 3341-3352.
- Gerlach, K, Roß F, Weiß K, Büscher W, Südekum K-H 2014, "Aerobic exposure of grass silages and its impact on dry matter intake and preference by goats", *Small Ruminant Research*, vol. 117, no. 2-3, pp. 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.033>.
- Guimarães Filho, C C, Monteiro, K D, Deminicis, B B 2011, 'Utilização de silagem de capim para alimentação de ruminantes', *PUBVET*, vol. 5, no. 36, pp.1231-1237.
- Guimarães, C G, Bonfá, C S, Evangelista, A R, Santos, A S, Pantoja, L A, Castro, G H F 2018, 'Fermentation characteristics of elephantgrass silages with macaúba cake', *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, vol. 40, no. 1, pp. 42523. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.42523>.
- Guimarães, I, C, N, Theodoro, G, F, Yamashita, N, Y, B, Oliveira, H, G, Padilha, R. R. 2020. 'Influência dos cultivos de milho e guandu para produção de silagem na resistência do solo à penetração.' *Archivos de Zootecnia*. vol. 68, n. 264. Pp.550. <https://doi.org/10.21071/az.v68i264.4994>.
- Gurgel, A L C, Camargo, F C, Dias, A M, Santana, J C S, Costa, C M, Costa, A B G, Silva, M G P, Machado, W K R, Fernandes, P B 2019, 'Produção, qualidade e utilização de silagens de capins tropicais na dieta de ruminantes', *PUBVET*, vol. 13, no. 11, p. 150.
- Heinritz, S N, Martensa, S D, Avilaa, P, Hoedtkes S 2012, 'The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability', *Animal Feed Science and Technology*, vol. 174, no. 3-4, pp. 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2012.03.017>.
- Irawan, A, Sofyan, A, Ridwan, R, Hassim, H, A, Respati, A, N, Wardani, W, Sadarman, Astuti, W, D, Jayanegara, A 2021. 'Effects of different lactic acid bacteria groups and fibrolytic enzymes as additives on

- silage quality: A meta-analysis.' *Bioresource Technology Reports*. vol. 14. No. 100654 <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100654>.
- Ishii, Y, Iki, Y, Inoue, K, Nagata, S, Idota, S, Yokota, M., Nishiwaki, A 2016, 'Adaptability of Napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) for weed control in site of animals buried after foot-and-mouth disease infection', *Scientifica*, v. 8, pp. 1-9. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/6532160>.
- Kung Junior, L, Shaver, R D, Grant, R J, Schmidt, R J 2018, 'Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages', *Journal of Dairy Science*, vol. 101, no. 5, pp. 4020-4033, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>.
- Lerner, L A, Oliveira, P, Soares Firmino, S, Ribeiro, A A, Cunha Dos Santos, B R, Souza Amorim, D, Gonzalez Chacón, S, Codogno, L C 2020, 'Bromatological and fermentative parameters of elephant-grass silage mixed with cupuaçu by-product', *Research, Society and Development*, [S. l.], vol. 9, no. 9, pp. e630997665. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7665>
- Lira Junior, M A, Fracetto, F J C, Ferreira, J S, Silva, M B, Fracetto, G G M 2020, 'Legume-based silvopastoral systems drive C and N soil stocks in a subhumid tropical environment', *Catena*, vol. 189, 104508. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104508>.
- Loures, D R S, Garcia, R, Pereira, O G, Cecon, P R, Souza, A L 2003, 'Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 32, no. 6, pp. 1851-1858. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800007>.
- Macêdo, A J S, Neto, J M C, Silva, M A, Santos, E M 2019, 'Potencialidade e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: revisão', *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, vol. 13, no. 2.
- McDonald, P, HENDERSON, A R, HERON, S, 1991, 'The biochemistry of silage', 2ed. Marlow: Chalcombe Publications, 340p. <https://doi.org/10.1017/S0014479700013909>.
- Monção, F, P, Costas, M, A, M, S, Rigueira, J, P, Sales, E, C, J, Leal, D, B, Silva, M, F, P, Gomes, V, M, A, Alves, R, D, Carvalho, C, S, C, Murta, J, E, J, Junior Rocha, V, R 2019. 'Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region.' *Tropical Animal Health and Production*. Vol. 52 pp. 235-241. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>
- Monção, F, P, Rocha Junior, V, R, Silva, J, T, Jesus, N, G, Marques, O, F, C, Rigueira, J, P, S, Sales, E, C, J, Silva Junior, A, A, G, Alves, D, D, Carvalho, C, C, C, Gomes, V, M, Leal, D, B 2020. 'Nutritional Value of BRS Capiacu Grass (*Pennisetum purpureum*) Silage Associated with Cactus Pear.' *Iranian Journal of Applied Animal Science*. vol. 10. N. 1. Pp. 25-29. [http://ijas.iaurasht.ac.ir/article\\_671563.html](http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_671563.html)
- Monteiro, I J, Abreu, J G, Cabral, L S, Ribeiro, M D, Reis, H P 2011, 'Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos', *Acta Scientiarum Animal Sciences*, vol. 33, no. 4, pp. 347-352. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.12629>.
- Muck, R E 2010, 'Silage microbiology and its control through additives', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 39, pp.183-191. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>.
- Muck, R E, Nadeau, E M G, Mc Allister, T A, Contreras-Govea, F E, Santos, M C, Kung Junior, L, 2018, 'Silage review: recent advances and future uses of silage additives', *Journal Dairy Science*. vol.101, no. 5, pp.3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>.
- Neumann, M, Mühlbach, P R F, Nörnberg, J L, Restle, J, Ost, P R R 2007, 'Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 36, no. 5, pp. 1395-1405. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000600024>.
- Neumann, M, Oliboni, R, Oliveira, M R, Faria, M V, Ueno, R K, Reinerh, L L, Durman, T 2010, 'Chemicals additive used in silages', *Applied Research & Agrotechnology*, vol. 3, no. 2. <https://doi.org/10.5777/paet.v3i2.1155>.
- Ogunade, I M, Kim, D H, Jiang, Y, Weinberg, Z G, Jeong, K C, Adesogan, A T 2016, 'Control of *Escherichia coli* O157:H7 in contaminated alfalfa silage: effects of silage additives', *Journal of Dairy Science*, vol. 99, no. 6, pp.4427-4436. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10766>.
- Ojediran, O J, Dahunsi, S O, Aderibigbe, V, Abulosuro, S, Adesulu-Dahunsi, A T, Odekanle, E L, Odejebi, O J, Ibikunle, R A, Ogunwole, J 2021, 'Valorization of *Pennisetum purpureum* (Elephant grass) and piggery manure for energy generation', *Fuel*, vol. 302, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121209>.
- Oliveira, A S, Weinberg, Z G, Ogunade, I N, Gonçalves, M C M, Vyas, D, Adesogan, A T 2017, 'Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows', *Journal of Dairy Science*, vol.100, pp. 4587-4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11815>.
- Oliveira, L B, Pires, A J V, Carvalho, G G P, Ribeiro, L S O, Almeida, V V, Peixoto, C A M 2010 'Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 39, no. 1, pp. 61-67. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>.
- Ozduven, M L, Tepeli, C, Okuyucu, B 2017, 'The effects of lactic acid bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of sunflower silages', *Açık Erisim Arsivi*, vol.14.
- Pandey, V C, Patel, D, Jasrotia, S, Singh, D P 2020, 'Potential of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) for phytoremediation and biofuel production', *Phytoremediation Potential of Perennial Grasses*, pp. 283-302. DOI:10.1016/b978-0-12-817732-7.00014-6.
- Pascot, A, Gaudel, N, Antonyuk, S, Bianchin, J, Richter, S K, 2020 'Influence of mechanical vibrations on quasi-2D silo discharge of spherical particles', *Chemical Engineering Science*, vol. 224. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115749>.
- Paula, P R P, Neiva Junior, A P, Souza, W L, Abreu, M J I, Teixeira, R M A, Cappelle, E R, Tavares, V B 2020, 'Composição bromatológica da silagem de capim-elefante BRS Capiacu com inclusão fubá de milho', *PUBVET*, vol.14, no. 10, pp. 1-11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n10a682.1-11>.
- Pereira, A V, Lédo, F J S, Machado, J C 2017, 'BRS Kurumi and BRS Capiacu – new elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system', *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, vol.17, no. 1, pp. 59-62. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>.
- Pereira, O G, Rocha, K D, Ferreira, C L L F 2007, 'Composição química, caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e suas silagens', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 36, no. 6, pp. 1742-1750. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800006>.
- Pinedo, L A, Oliveira, P V C, Firmino, S S, Ribeiro, A A, Santos, B R C, Amorim, D S, Chacon, S G, Codogno, L C 2020, 'Parâmetros bromatológicos e fermentativos da silagem de capim elefante aditivado com subproduto de cupuaçu', *Research, Society and Development*, vol. 9, no. 9, pp.e630997665. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7665>.
- Pires, A J V, Carvalho, G G P, Ribeiro, L S O 2010, 'Tratamento químico de volumosos', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 39. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300022>.
- Pires, D A A, Guimarães Júnior, R, Jayme, D G, Gonçalves, L C, Rodrigues, J A S, Rodriguez, N M, Borges, I, Borges, A L C C, Jayme, C G 2006, 'Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação', *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 5, no. 2, pp. 241-256. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n02p25p>.
- Ramos, B L P, Pires, A J V, Cruz, N T, Santos, A P S, Nascimento, L M G, Santos, H P, Amorim, J M S 2021, 'Perdas no processo de ensilagem: uma breve revisão', *Research, Society and Development*, [S. l.], vol. 10, no. 5, pp. e8910514660. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14660>.
- Ridwan, R, Rusmana, I, Widyastuti, Y, Wiryawan, K G, Prasetya, B, Sakamoto, M, Ohkuma, M 2015, 'Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages', *Asian*

- Australasian Journal Animal Science, vol. 28, no. 4, pp. 511–518. <https://dx.doi.org/10.5713%2Fajas.14.0622>.
- Rodrigues, P H M, Pinedo, L A, Marino, C T, Meyes, P M, Borgatti, L, M O, Franco, F M J 2015, 'Effects of microbial inoculants and by-product from amino acids production on fermentation, chemical composition and aerobic stability of corn silage', *Archivos de Zootecnia*, vol. 64, no. 246, pp. 131-137. <https://doi.org/10.21071/az.v64i246>
- Santana, J, Morais, J, Santos, M S C, Gurgel, A, Muniz, E, Oliveira, V 2019, 'Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de gliricídia submetida a diferentes períodos de fermentação', *Boletim de Indústria Animal*, vol. 76, pp. 1-9. <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1436>.
- Santin, T P, Frigeri, K D M, Agostini, A, Silva, H R, Frigeri, K D M, Kalles, N Z, Coelho, E M, Dias, A M 2020, 'Características fermentativas e composição química da silagem de sorgo (*Shorghum bicolor*) com uso de aditivos absorventes', *Brazilian Journal of Development*, vol. 6, no. 8. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-057>.
- Santos, E M, Pereira, O G, Garcia, R, Ferreira, C L L F, Oliveira, J S, Silva, T C, Rosa, L O 2011, 'Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signalgrass silages at different regrowth ages', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 40, no. 4, pp.747- 755. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000400007>.
- Santos, M V F, Castro, A G G, Perea, J M, García, A, Guim, A, Hernández, M P 2010, 'Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais', *Archivos de Zootecnia*, vol. 59, pp. 25-43. <https://doi.org/10.21071/az.v59i232.4905>.
- Santos, R L, Freire, F J, Rocha, A T, Medeiros, M R F A, Silva, S A M, Tavares, J A, Pereira, M J, Costa-Santos, M B 2020, 'Development of elephant grass varieties under the influence of mineral agricultural gypsum at the Gypsum Pole of Araripe', *Research, Society and Development*, [S. l.], vol. 9, no. 11, pp. e4749119994. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.999>.
- Shah, A A, Xianjun, Y, Zhihaõ, D, Junfeng, L, São, T 2018, 'Microbiological and chemical profiles of elephant grass inoculated with and without *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*', *Archives of Microbiology*, vol. 200, p. 311-328, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00203-017-1447-1>.
- Silva, E J A, Borgatti, L M O, Meyer, P M, Marino, C T, Rodrigues, P H M 2008, 'Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 37, no. 8. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000800006>.
- Silva, I R, Shigaki, F, Rodrigues, R C, Jesus, A P R, Costa, C S, Araújo, R A, Santos, F N S, Mendes, S S 2020, 'Nutritive value of sugarcane silages with different bacterial additives and fermentation periods', *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, vol. 21. <https://doi.org/10.1590/S1519-9940210212020>.
- Silva, M S J D, Jobim, C C, Poppi, E C, Tres, T T, Osmari, M P 2015, 'Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 44, no. 9, pp. 303-313. <http://dx.doi.org/10.1590/S180692902015000900001>.
- Silva, V L, Borges, I, Araújo, A, Costa, H, Filho, F M, Fratuoso, F I, Silva, R H, Ancântara, P B 2016, 'Efeito do tratamento químico sobre a digestibilidade de volumoso e subprodutos agroindustriais', *Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento*, vol. 1, no. 1, pp. 29 – 37.
- Silveira, H V L, Braz, T G S, Rigueira, J P S, Santos, M V, Gusmão, J O, Alves, M A, Martuscello, J A, Mourthé, M H F 2020, 'Macauba palm cake as additive in elephant grass silage', *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, vol. 42, pp. e47171. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.47171>.
- Silveira, LP, & Santos, T M C 2017, 'Silagem de cana-de-açúcar acrescida com aditivos químicos e inoculante bacteriano', *PUBVET*, vol. 11, no. 5, pp. 424-537, 2017.
- Sucu, E, Kalkan, H, Canbolat, O, FILYA, I 2016, 'Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 45, n0. 10, pp. 596-603. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>.
- Tan, F, & Dalmis, I S 2019, 'Compaction pressure and fensity profile in pile-type silos', *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, pp. 2745-2754. [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702\\_27452754](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702_27452754).
- Tan, F, Kayisoglu, B, Okur, E 2018, 'Effects of compaction pressure on the temperature distribution in bunker type silage silo', *Indian Journal of Animal Sciences*, vol. 88, no. 1, pp. 116-120.
- Van Soest, P J 1994, 'Nutritional ecology of the ruminant', Ithaca: Cornell University Press. 2. ed. 476p.
- Wambacq, E, Latré, J P, Haesart, G 2013, 'The effect of *Lactobacillus buchneri* inoculation on the aerobic stability and fermentation characteristics of alfalfa-ryegrass, red clover and maize silage', *Agricultural and Food Science*, vol. 22, no. 1. <https://doi.org/10.23986/afsci.6711>.
- Wascheck, R C, Moreira, P C, Costa, D S, Dutra, A R, Ferreira Neto, J F, Moreira, L, Campos, R M, Laforga, C S, Rezende, P L P, Rabelo, N A 2008, 'Características da silagem de capim colônia (*Panicum maximum*, jacq) submetido a quatro tempos de emurchecimento pré-ensilagem', *Estudos vida e Saúde*, vol. 35, no. 3, pp. 385-399. <http://dx.doi.org/10.18224/est.v35i3.740>.
- Wilkinson, J M, & Muck, R, E 2019, 'Ensiling in 2050: some challenges and opportunities', *Grass and Forage Science*, vol. 74, pp. 178-187. <https://doi.org/10.1111/gfs.12418>.
- Wu, P, Li, L, Jiang, J, Sun, Y, Yuan, Z, Feng, X, Guo, Y 2020, 'Effects of fermentative and non-fermentative additives on silage quality and anaerobic digestion performance of *Pennisetum purpureum*', *Bioresource Technology*, vol. 297. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122425>.
- Zebeli, Q, Aschenbach, J R, Tafaj, M, Boguhn, J, Ametaj, B N, Drochner, W 2012, 'Invited review: role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle', *Journal of Dairy Science*, vol. 95, no. 3, pp. 1041-1056. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>.
- Zielinska, K, Fabizswaska, A, Stefansk, I 2015, 'Different aspects of *Lactobacillus* inoculants on the improvement of quality and safety of alfalfa silage', *Chilean journal of agricultural Research*, vol. 75 no. 3, pp. 298-306. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000400005>.

