



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, MICROBIOLÓGICAS E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DE SILAGENS DO CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES
IDADES DE CORTE E ADITIVADA COM INOCULANTE BACTERIANO**

ALLAN STÊNIO DA SILVA SANTOS

TERESINA-PI

2021

ALLAN STÊNIO DA SILVA SANTOS

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, MICROBIOLÓGICAS E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DE SILAGENS DO CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES
IDADES DE CORTE E ADITIVADA COM INOCULANTE BACTERIANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo

**TERESINA-PI
2021**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processos Técnicos

S237c Santos, Allan Stênio da Silva

Características fermentativas, microbiológicas e composição química de silagem do capim – elefante BRS Capiagu em diferentes idades de corte e aditivada com inoculante bacteriano. / Allan Stênio da Silva Santos - 2021
62 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciência Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Teresina, 2021.
“Orientador: Prof. Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo”

1. *Pennisetum purpureum* 2. Aditivo biológico 3. Qualidade I. Araújo, Daniel Louçana da Costa II. Título.

CDD 633.2

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, MICROBIOLÓGICAS E
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE SILAGENS DO CAPIM BRS CAPIAÇU EM
DIFERENTES IDADES DE CORTE E ADITIVADA COM INOCULANTE
BACTERIANO**

ALLAN STÊNIO DA SILVA SANTOS

Dissertação aprovada em: 13/08/2021

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves (Interno) / DZO/CCA/UFPI



Profa. Dra. Maria Elizabete de Oliveira (Interna) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Henrique Nunes Parente (Externo) / UFMA

A Deus por todo fortalecimento pessoal e profissional. A meus pais, Janaína Da Conceição Soares da Silva Santos e Adailton Barbosa dos Santos por todo o suporte e por sempre acreditarem em mim. Aos amigos que de forma direta ou indireta tornaram a caminhada mais leve e a todos que contribuíram para a conclusão desse trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por absolutamente tudo. A Ele toda honra e toda glória!

A Universidade Federal do Piauí (UFPI), por me proporcionar a oportunidade de cursar uma pós-graduação e ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA), por possibilitar a realização de análises laboratoriais e estágios.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo incentivo através da concessão da bolsa de estudo do mestrado.

A minha família, em especial meus pais, por toda a força e esforço para criar eu e minha irmã. A minha avó Teresinha da Conceição Soares da Silva por sempre ter sido o pilar de toda a família. Aos meus tios por constituírem minha principal fonte de inspiração nos estudos. À minha bisavó “Chiquinha” (in memoriam) por todo o carinho e cuidado que sempre teve comigo, gostaria muito que a senhora estivesse aqui nesse momento!

A minha namorada Ingrid Monielle por todo o amor e companheirismo durante esses anos e a toda a sua família, em especial, sua tia Márcia Gaido, pelas inúmeras caronas de Caxias/MA-Teresina/PI e vice-versa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo por sempre ter acreditado em mim e por todo o suporte dado. Ao coordenador da pós Prof. Dr. Arnauld Azevêdo Alves pela paciência e colaboração com todos os alunos da pós. Enfim, a todos os professores que fizeram parte dessa conquista, sem vocês nada disso seria possível, vocês são MUITO especiais!

Aos técnicos de laboratório de Nutrição Animal (LANA), Manoel José de Carvalho e Lindomar de Moraes Uchoa, pelo apoio e ensinamentos durante as análises no laboratório. Ao doutorando João Farias Junior do laboratório de controle microbiológico do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos (NUEPPA), pela ajuda e ensinamentos nas análises microbiológicas.

Ao professor e coordenador do curso de Zootecnia do IFMA Campus Caxias, Prof. Dr. Aldivan Rodrigues da Silva por possibilitar a realização de parte das análises químicas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição animal. À Prof. Dr. Maria Verônica Meira de Andrade do IFMA Campus Caxias, por aceitar a realização do estágio à docência em sua disciplina Forragicultura Aplicada.

A todos que contribuíram nas análises laboratoriais e realização desse trabalho, em especial aos Doutores, Ivone Rodrigues da Silva e Jandson Vieira Costa, ao mestrando Guilherme Wallan Batista Moura e ao Graduando Matheus Sousa Araújo.

A todos os meus amigos pela ajuda e momentos compartilhados.

MUITO OBRIGADO!

“Se Deus é por nós, quem será contra nós?”

Romanos 8:31

Sumário

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS OU SÍMBOLOS	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Estacionalidade de produção de forragem.....	15
2.2 Ensilagem na conservação de forragem	16
2.3 Silagem de capim-elefante	17
2.4 População microbiana.....	19
2.5 Aditivos microbianos na ensilagem de capim-elefante.....	21
2.6 Perdas no processo fermentativo em silagens de capim-elefante.....	24
2.7 Frações de carboidratos de silagens de capim-elefante.....	25
3 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	27
CAPÍTULO I.....	34
RESUMO.....	35
1. Introdução	36
2. Material e Métodos.....	37
3. Resultados	43
4. Discussão.....	46
5. Conclusões	51
Referências.....	51
ANEXO I.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do capim BRS Capiáçu antes da ensilagem em diferentes idades de corte	58
Tabela 2 – Características fermentativas das silagens do capim BRS Capiáçu em diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano	59
Tabela 3 - Perfil microbiológico das silagens do capim BRS Capiáçu sob diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano.....	60
Tabela 4 – Composição química da silagem do capim BRS Capiáçu em diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano.....	60
Tabela 5 – Frações de carboidratos das silagens do capim BRS Capiáçu em diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS OU SÍMBOLOS

BAL	Bactéria ácido láctica
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CO₂	Dióxido de carbono
CS	Carboidratos solúveis
CT	Carboidratos totais
EE	Extrato etéreo
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
iFDN	Fibra em detergente neutro indigestível
IRMS	Índice de recuperação de matéria seca
LIG	Lignina
MS	Matéria seca
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NIDN	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
N-NH₃	Nitrogênio amoniacal
NT	Nitrogênio total
PB	Proteína bruta
PE	Perdas por efluentes
PG	Perdas por gases
pH	Potencial hidrogeniônico
PMS	Produtividade de matéria seca
PPGCA	Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
O₂	Oxigênio
UFPI	Universidade Federal do Piauí
RBZ	Revista Brasileira de Zootecnia

SANTOS, Allan Stênio da Silva. **Características fermentativas, microbiológicas e composição química de silagens do capim-elefante BRS Capiaçú em diferentes idades de corte e aditivada com inoculante bacteriano**. 2021. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2021.

RESUMO

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar se o uso do inoculante bacteriano melhora as características fermentativas, microbiológicas e a composição química de silagens de capim-elefante cultivar BRS Capiaçú em diferentes idades de corte. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x3, com seis tratamentos: silagens com inoculante bacteriano (CI); silagens sem inoculante bacteriano (SI); em três idades de corte (85, 110 e 135 dias) e quatro repetições por tratamento, totalizando 24 unidades experimentais. Houve interação entre idades de corte e aplicação de inoculante para pH, N-NH₃ e PE das silagens do capim BRS Capiaçú. Menor valor de pH foram encontrados nas silagens aos 85 dias, enquanto que silagens aos 110 dias apresentou maior teor de N-NH₃. Não foi verificado diferença nos teores de N-NH₃ quanto a aplicação de inoculante entre as silagens, no entanto, a aplicação de inoculante reduziu as PE com o avanço nas idades de corte, além de, aumentar o IRMS quando comparado as silagens sem aplicação de inoculante. A população de BAL foi maior na silagem do capim BRS Capiaçú colhida aos 85 e 110 dias. Quando aplicado o inoculante à forragem colhida aos 85 dias houve redução na população de mofos e leveduras da silagem. Houve interação para os teores de MS, PB e FDNcp das silagens. A aplicação de inoculante no capim colhido aos 85 dias aumentou os teores de MS na silagem. Maiores teores de PB foram encontrados nas silagens aos 85 dias. O teor de FDNcp das silagens de capim BRS Capiaçú colhida aos 110 e 135 dias foi superior à silagem aos 85 dias. A aplicação de inoculante bacteriano melhora a composição microbiológica e química e reduz as perdas de matéria seca da silagem do capim BRS Capiaçú colhido aos 85 dias de rebrota.

Palavras-chave: aditivo biológico, *Pennisetum purpureum*, qualidade

SANTOS, Allan Stênio da Silva. **Fermentative, microbiological characteristics and chemical composition of BRS Capiaçú elephant-grass silages at different cutting ages and additive with bacterial inoculant.** 2021. 62f. Dissertation (Masters in Animal Sciences) – Federal University of Piauí, Teresina, 2021.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate whether the use of bacterial inoculant improves the fermentative and microbiological characteristics and chemical composition of elephant grass silages cultivar BRS Capiaçú at different cutting ages. The experimental design used was completely randomized, in a 2x3 factorial arrangement, with six treatments: silages with bacterial inoculant (CI); silages without bacterial inoculant (SI); at three cutting ages (85, 110 and 135 days) and four replications per treatment, totaling 24 experimental units. There was an interaction between cutting ages and inoculant application for pH, N-NH₃ and PE of BRS Capiaçú grass silages. Lower pH values were found in silages at 85 days, while silages at 110 days had higher N-NH₃ content. There was no difference in the N-NH₃ contents regarding the application of inoculant between the silages, however, the application of inoculant reduced the PE with the advancement of cutting ages, in addition to increasing the IRMS when compared to silages without application of inoculant. The BAL population was higher in the BRS Capiaçú grass silage harvested at 85 and 110 days. When the inoculant was applied to the forage harvested at 85 days, there was a reduction in the population of molds and yeasts in the silage. There was an interaction for the DM, CP and NDF_{cp} contents of the silages. The application of inoculant on grass harvested at 85 days increased the DM contents in the silage. Higher CP contents were found in the silages at 85 days. The NDF_{cp} content of BRS Capiaçú grass silages harvested at 110 and 135 days was higher than the silage at 85 days. The application of bacterial inoculant improves the microbiological and chemical composition and reduces dry matter losses from the silage of BRS Capiaçú grass harvested at 85 days of regrowth.

Keywords: biological additive, *Pennisetum purpureum*, quality

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de forragem no Nordeste brasileiro é marcada por períodos de sazonalidade climática, quando há redução na qualidade e disponibilidade de forragem com prejuízos diretos à produção animal (DA SILVA SOUZA et al., 2020). Nesse sentido, para diminuir os efeitos negativos da sazonalidade e otimizar o planejamento alimentar em sistemas intensivos, pode-se utilizar a ensilagem como técnica de conservação de forragem (PAULA et al., 2020), auxiliando na orçamentação forrageira da propriedade.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), entre as gramíneas tropicais utilizadas na produção de silagens, é considerado uma das espécies forrageiras com melhores características para a ensilagem, por apresentar alta produtividade, adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais, número grande de variedades, facilidade de cultivo, aceitação pelos animais e bom valor nutritivo (CARDOSO et al., 2016).

Embora apresente todas essas características que favorecem a produção de silagem, o capim-elefante possui baixo teor de carboidratos solúveis (CS) quando comparado as tradicionais culturas de milho e sorgo. Essa fração é importante para diminuição do pH após a vedação do silo, pois propicia condições adequadas à produção de ácido lático, o que resulta na conservação da massa ensilada (PIRES et al., 2009). Além disso, o baixo teor de matéria seca (MS) no momento ideal do corte para ensilagem, favorece a multiplicação de bactérias indesejáveis no silo, elevando a produção de efluentes e reduzindo a qualidade da silagem. (RETORE et al., 2020).

Nesse sentido, o desenvolvimento de novas cultivares para melhorar as características do capim-elefante foram desenvolvidas, como a cultivar BRS Capiaçú, lançada em 2016 pela Embrapa Gado de Leite e caracterizada por apresentar floração tardia, porte alto, touceiras eretas, lâminas foliares largas e colmos grossos, o que facilita a colheita mecânica. A cultivar se destaca também pela resistência ao acamamento, alta produtividade que pode chegar até 72 ton/MS/ha/ano, produzindo cerca de 30% mais massas de forragem, com maior teor de CS e proteína bruta (PB) em relação a outras cultivares de capim-elefante, além de apresentar alternativa mais barata que o milho, por ser uma cultura perene e que não requer compra anual de

sementes (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017; SILVA et al., 2019; MONÇÃO et al. 2020; PEREIRA et al., 2021).

Além disso, a utilização de aditivos e técnicas como o uso de inoculantes bacterianos e o conhecimento do momento ideal do corte têm sido alternativas de grande potencial na ensilagem para diminuir as perdas fermentativas e melhorar o valor nutricional da silagem do capim-elefante (SOUZA, 2012; FERREIRA et al., 2015).

Aditivos biológicos como inoculantes bacterianos em silagens de capim-elefante tem sido utilizado em diversos trabalhos (ITAVO et al., 2010; BERNARDES et al., 2013; COSTA et al., 2017), sendo benéficos no processo de ensilagem por promover rápida acidificação, reduzir perdas no processo fermentativo e melhorar a estabilidade das silagens, através do aumento da população de bactérias ácido lácticas no material ensilado (PEREIRA et al., 2021).

A idade de corte influencia o desenvolvimento das populações microbianas durante a ensilagem, tendo em vista que o baixo teor de umidade e a elevada concentração de CS são condições necessárias para o desenvolvimento de bactérias lácticas. No entanto, com o avanço da idade de corte, há redução do teor proteico e aumento da fração fibrosa da planta, o que pode comprometer o valor nutritivo da silagem, apresentando baixos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, o que pode resultar em diminuição do desempenho animal (CÂNDIDO et al., 2005; ZANINE et al., 2007). Desta forma, o equilíbrio entre produção e qualidade nutricional do capim é fundamental para o manejo e produção de silagem dessa cultivar.

Embora exista um elevado acervo de informações sobre o uso de capim-elefante na dieta de ruminantes, segundo Da Rosa et al. (2019), a cultivar BRS Capiapu, por se tratar de uma forrageira nova no mercado, há falta de informações quanto ao manejo, valor nutricional e utilização a diferentes condições edafoclimáticas locais, tornando-se necessário o desenvolvimento de estudos a fim de estabelecer recomendações técnicas para sua utilização na forma de ensilagem para melhorar desempenho dos animais. Neste contexto, destaca-se a necessidade de avaliar o uso de aditivos na silagem da cultivar BRS Capiapu.

O objetivo com este trabalho foi identificar se a aplicação de inoculante bacteriano melhoram as características fermentativas, microbiológicas e a composição química da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar BRS Capiapu em diferentes idades de corte.

Esta dissertação está dividida em duas partes. A parte I consiste da Introdução Geral e Referencial teórico, redigidos segundo as normas editoriais do PPGCA do CCA da UFPI; a parte II refere-se ao Capítulo 1 - Características fermentativas, microbiológicas e composição química de silagens do capim-elefante BRS Capiacu em diferentes idades e aditivada com inoculante bacteriano, apresentado no formato de artigo científico, redigido de acordo com as normas editoriais da Revista Brasileira de Zootecnia ao qual será submetido para publicação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estacionalidade de produção de forragem

A estacionalidade da produção de forragem é marcada por dois períodos: chuvoso e seco. Durante o período chuvoso, devido as condições climáticas favoráveis, há maior disponibilidade e valor nutritivo de forragem, observando-se desempenho satisfatório dos animais. Enquanto que no período seco, devido às adversidades do clima, ocorre o oposto, baixando a produção de forragem e como consequência, reduzindo drasticamente a produção animal (MOCHEL FILHO et al., 2016).

Na região Nordeste do Brasil, a pecuária é afetada ao longo do ano, devido às condições climáticas da região, como disponibilidade de água e temperatura. Essa região por ficar próxima da linha do Equador, recebe maior ação dos raios solares, apresentando menores variações de temperatura durante o ano, cuja estacionalidade da produção de forragem é causada principalmente pela falta de chuvas (MAGALHÃES et al., 2012)

Segundo Sampaio et al. (2010), além da diminuição da produtividade de forragem no período seco, há problemas relacionados aos altos teores de fibra de baixa digestibilidade e baixas quantidades de proteína bruta (PB). Neste período, os animais raramente apresentam uma dieta balanceada, visto que os nutrientes presentes na planta não atendem as suas exigências nutricionais. O uso de suplementos alimentares é requerido para viabilizar o ajuste nutricional necessário para os animais (SANTOS et al., 2019).

Com isso, o armazenamento do excesso de forragem proveniente do período chuvoso ou a utilização de forragem conservada como parte do planejamento

forageiro em uma propriedade, para a utilização no período estratégico através da ensilagem, constitui uma alternativa viável para a pecuária, atendendo assim, a demanda de volumosos no período seco. (FERNANDES; EVANGELISTA; BORGES, 2016).

De acordo com Cowan (2000), dentre as principais importâncias do uso da ensilagem, destaca-se a reserva de alimento para a seca, aumento da produtividade, melhora no manejo das pastagens, aproveitamento do excesso de forragem, balanceamento nutricional das dietas e contribuição na orçamentação forrageira da propriedade.

2.2 Ensilagem na conservação de forragem

O processo de ensilagem consiste na conservação da qualidade da forragem através do armazenamento em silos, obtendo como produto final a silagem. Para que o processo ocorra de modo satisfatório, o objetivo da ensilagem precisa ser atingido, que é reduzir o pH deste ambiente, inibindo a ação de microrganismos indesejáveis que deterioram a silagem (NEUMANN et al., 2010; FERREIRA et al., 2014).

Assim, a forragem fresca colocada no silo, é transformada até que a massa seja completamente estabilizada e adquira características de silagem. Para isso, a produção de ácidos orgânicos deve ser alta, principalmente o lático, a partir de açúcares solúveis presentes na forragem. O processo ocorre em condições de anaerobiose, através de boa compactação e vedação dos silos (MCDONALD, 1981; FERREIRA et al., 2014).

O processo de ensilagem é dividido em quatro fases: aeróbica, anaeróbica, estabilidade e a descarga. Na fase aeróbica, que ocorre durante a colheita e enchimento do silo, há elevada concentração de O₂, favorecendo o crescimento de microrganismos aeróbicos como fungos, leveduras e algumas bactérias. Vale lembrar que são organismos aeróbios que provocam a deterioração da silagem, pois consomem nutrientes valiosos como os carboidratos solúveis (CS), produzindo dióxido de carbono (CO₂), calor e água. Além disso, ocorre importante atividade de enzimas das plantas, tais como proteases e carboidrases, desde que o pH seja mantido na faixa normal (6,0 e 6,5). Essa fase continua até todo o O₂ ser consumido que pode durar até 24h.

Em condições de anaerobiose (sem O₂), inicia a fase de fermentação ativa, quando há queda acentuada do pH da silagem até valores abaixo de 5 (cinco), devido à formação de ácidos orgânicos, a partir de açúcares solúveis. Inicialmente atuam enterobactérias e bactérias heterofermentativas, posteriormente, as homofermentativas tornam-se dominantes. Sua duração varia de dias até semanas, dependendo das características do material ensilado e das condições no momento da ensilagem.

Na fase de estabilidade, a maioria dos microrganismos produzidos na fase de anaerobiose tem sua atividade reduzida lentamente, o pH ácido associado a condição de anaerobiose promovem a conservação da silagem até a abertura do silo. Nesta fase, somente BAL´S se encontram em atividade.

A fase de descarga, ocorre na abertura do silo e com a exposição da silagem ao ar. Normalmente favorece o crescimento de fungos e leveduras porque a silagem volta a ter contato com O₂ (estabilidade aeróbia), provocando a degradação da silagem em função da presença de O₂. No primeiro momento, ocorre a elevação do pH, que é causada pela degradação de ácidos orgânicos que conservam a silagem, através da ação de leveduras e de bactérias que produzem ácido acético, que se proliferam devido a presença de O₂. Com isso, há aumento na temperatura e atividade de outros microrganismos que deterioram a silagem, como os fungos, e a velocidade de deterioração dependerá da concentração e da atividade desses microrganismos (SANTOS; ZANINE, 2006; MAHANNA et al., 2017)

Segundo Cândido e Furtado (2020), a ensilagem deverá ser realizada em um período de no mínimo 30 dias, quando após a abertura, a silagem deverá ser utilizada, por meio de cortes diários. Após cada corte, a lona deverá ser novamente colocada, afim de impedir a exposição da silagem ao ar.

2.3 Silagem de capim-elefante

Com o objetivo de minimizar os custos de produção, a substituição das tradicionais silagens de milho pelas de capim, vem despertando maior interesse de técnicos e pecuaristas, em razão da alta produtividade dos capins tropicais (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017). No entanto, o conhecimento do valor nutricional da silagem se torna importante e depende de características da planta, como, cultivar, estágio de

maturação no momento do corte e natureza do processo fermentativo, o que refletirá na composição química da silagem e conseqüentemente no desempenho animal (BALSALOBRE et al., 2003; REIS et al., 2005).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das forrageiras mais importantes, cultivada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, destacando-se pela alta produtividade, qualidade da forragem, palatabilidade, vigor e persistência, sendo uma alternativa para produção de silagem (MONTEIRO et al., 2011; PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017).

No entanto, assim como a maioria das gramíneas tropicais, o capim-elefante possui baixos teores de MS e CS, além de alta capacidade tampão no momento ideal de corte, em torno de 50-60 dias de crescimento, dificultando a redução do pH após o fechamento do silo, comprometendo a qualidade da silagem. Nessas condições, o capim-elefante é propenso a fermentações secundárias, ocasionando elevadas perdas de nutrientes e a formação de produtos que depreciam o valor nutritivo da silagem (PIRES et al., 2009; PACHECO et al., 2014). Lavezzo (1985) recomenda valores de MS em torno de 28 a 34% e teores de CS entre 6 a 8%, condições suficientes para promover fermentações lácticas, desde que a capacidade tampão não seja elevada.

Com isso, segundo Castillo (2018) existe a necessidade de mais estudos sobre silagens de gramíneas tropicais, envolvendo novas espécies e cultivares forrageiras com ou sem uso de novos inoculantes bacterianos ou enzimáticos-bacterianos, que ofereçam uma alternativa como suplementação volumosa, otimizando o planejamento alimentar do sistema produtivo.

Entre as cultivares de capim-elefante, o clone de capim-elefante CNPGL 92-79-2 foi obtido do cruzamento entre os acessos Guaco (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57) no ano de 1992 pelo programa de melhoramento do capim-elefante conduzido pela Embrapa Gado de Leite. Este clone recebeu a denominação da BRS Capiaçú e foi registrado como cultivar no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 2015 (PEREIRA et al., 2016).

Atualmente, a cultivar BRS Capiaçú se destaca das demais cultivares de capim-elefante por apresentar touceiras eretas e densas, alta produtividade de matéria seca (72ton//ha/ano), qualidade de forragem, resistência ao tombamento, além de adaptação a colheita mecânica. A cultivar BRS Capiaçú apresenta menores custos na produção de silagem, representando uma alternativa mais barata comparada as tradicionais

silagens de milho e sorgo, por ser uma cultura perene que não requer compra anual de sementes (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017; MONÇÃO et al. 2021).

Pereira et al. (2021), destaca que com o aumento da idade da planta, a perda do valor nutritivo é menos acentuada na cultivar BRS Capiáçu quando comparada a outras cultivares de capim-elefante, apresentando maiores concentrações de CS e PB. De acordo com Pereira et al. (2017), encontraram teores de PB aos 60 dias de crescimento para a cultivar BRS Capiáçu de até 9,10%, em comparação a cultivar Cameroon que apresentou 7,17% e a cultivar Mineiro 6,94%, os autores justificam que esse comportamento é devido ao florescimento tardio, porte alto e folhas com lâminas largas, longas e verdes da cultivar BRS Capiáçu.

Segundo Neiva (2016), a cultivar BRS Capiáçu também apresenta menores teores de fibra em detergente neutro (FDN) aos 60 dias quando comparada com as cultivares Cameroon e Mineiro com médias de 68,56%, 73,80% e 71,03%, respectivamente. No entanto, esses teores de FDN ainda são considerados altos na cultivar BRS Capiáçu, segundo Van Soest (1994), que determina valores de FDN superiores a 60% como redutores de desempenho animal, pois interferem negativamente no consumo voluntário de forragem pelo ruminante.

Leal et al. (2020) avaliando características nutricionais da cultivar BRS Capiáçu manejado na região semiárida, encontrou teores de PB de 9,4% aos 90 dias de idade com 24,1% de MS. Enquanto que, Lopes et al. (2021) avaliando a composição química da silagem da cultivar BRS Capiáçu em diferentes idades de corte encontrou 7% e 5,1% de PB nas silagens manejadas aos 50 e 110 dias, respectivamente. Pereira et al. (2016), recomenda o corte da cultivar BRS Capiáçu para ensilagem quando a planta estiver próxima a 90-110 dias de idade de rebrota. A colheita neste estágio resulta em melhor relação entre produção de silagem e composição química.

2.4 População microbiana

Os microrganismos desejáveis para produção de silagem são as bactérias produtoras de ácido láctico (BAL's). No entanto, pode-se desenvolver durante o processo de ensilagem microrganismos indesejáveis que podem diminuir a qualidade da silagem como as bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias, além de

leveduras, bacilos e listeria. Os principais gêneros de BAL's associadas à silagem são as *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* e *Streptococcus*. A maioria são mesofílicas, ou seja, podem crescer em temperaturas entre 5 e 50°C (STEFANIE et al., 2000; CARVALHO, 2017).

As BAL's ainda podem ser classificadas em três tipos com base no metabolismo do açúcar: as homofermentativas obrigatórias que são as que produzem mais de 85% de ácido láctico a partir de hexoses como a glicose, mas não degradam pentoses, como a xilose. As heterofermentativas facultativas que também produzem ácido láctico a partir de hexoses, mas além disso, degradam algumas pentoses para ácido acético e etanol. As heterofermentativas obrigatórias que degradam as hexoses e pentoses, mas, ao contrário das homofermentativas, degradam as hexoses para ácido láctico, CO₂, ácido acético e etanol (HAMMES et al., 1992).

Segundo Woolford (1984), as principais BAL's homofermentativas encontradas em silagens são: *Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *L. curvatus*, *L. acidophilus*, *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. lactis*, *Pediococcus acidolactici*, *P. pentosaceus* e *P. cerevisiae*, e heterofermentativas: *Lactobacillus brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. viridescens*, *Leuconostoc dextranicum*, *L. citrovarum* e *L. mesenteroides*.

Os microrganismos homofermentativos realizam fermentação mais rápida com menor proteólise e maior concentração de ácido láctico, além de menores teores de ácidos acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de energia e MS. Por outro lado, as bactérias heterofermentativas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, controlando fungos sob baixo pH (ZOPOLLATTO; DANIEL; NUSSIO, 2009).

Desta et al., (2016) mostram que capins tropicais são mais difíceis para serem ensilados devido apresentarem menor ocorrência de BAL's antes da ensilagem e alta capacidade tampão. Os microrganismos epifíticos encontrados naturalmente nas forrageiras são responsáveis pela fermentação, além de influenciarem na melhor ação de aditivos biológicos como os inoculantes bacterianos, na silagem. Além disso, características no momento do corte do capim como teor de MS, CS e capacidade tampão tem influência sobre a competitividade da flora bacteriana láctica durante a fermentação na ensilagem (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; SHAH et al., 2018).

Devido a contaminação da forragem com o solo, altas taxas de temperatura na estocagem (maior que 30°C), baixos teores de MS (menor que 30%), e CS (abaixo de 6%) e alta capacidade tampão, pode ocasionar a presença de bactérias do gênero *Clostridium* na silagem, cujos produtos finais da fermentação são: acetato, butirato, acetona e isopropanol. Bactérias desse gênero exigem pH elevado para se desenvolverem, a presença desse grupo nas silagens é um indicador de falhas no processo de fermentação (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; PAHLOW et al., 2003; SÁ et al., 2019), tornando-se indesejável no processo de ensilagem.

Outros grupos de microrganismos indesejáveis incluem: enterobactérias, leveduras e os fungos, que competem com as BAL's pelos açúcares, e estão diretamente relacionados com a instabilidade das silagens, resultando na deterioração das silagens após a abertura dos silos e exposição ao ar. Além disso, a presença de leveduras não contribui para a acidificação, desencadeando o desenvolvimento de outros microrganismos indesejáveis (BOLSEN et al., 1992; DRIEHUIS et al., 1999; SÁ et al., 2019), acelerando a deterioração da silagem.

Para que uma forrageira seja conservada sob a forma de silagem é necessário o predomínio de BAL's durante a fermentação sob condições de anaerobiose e vários são os fatores que podem interferir na qualidade dessa fermentação: a presença de bactérias homo e heterofermentativas, o teor de MS e CS, a compactação e a rapidez na vedação do silo (PATRIZI et al., 2004).

Pereira, Rocha e Ferreira (2007), quantificando a população de microrganismos em silagem de capim-elefante, verificou que a população de BAL's mostrou-se dominante em relação aos outros microrganismos, em todas as silagens, atingindo valor de 10^8 ufc/g na silagem, mostrando-se adequadas para a manutenção de uma boa fermentação no silo.

2.5 Aditivos microbianos na ensilagem de capim-elefante

Na ensilagem de gramíneas forrageiras, a composição química e o valor nutritivo da silagem podem ser modificados por meio de aditivos, podendo ser compostos por ácidos, carboidratos fermentáveis, culturas de bactérias e enzimas (BONFÁ et al., 2017).

Os inoculantes bacterianos usados como aditivos são estimulantes da fermentação e incluem bactérias homofermentativas, heterofermentativas, ou a combinação das duas, adicionados ou não de enzimas (celulases, amilases e hemicelulases). (COAN et al., 2005; ZOPOLLATTO; DANIEL; NUSSIO, 2009). Segundo Lavezzo (1993), o princípio básico de atuação desses produtos consiste no aumento da disponibilidade de açúcares simples, via complexo enzimático, para que as bactérias tenham acesso a esses açúcares, aumentando a produção de ácido lático e promovendo a queda rápida do pH.

Para Weinberg e Muck (1996), o inoculante bacteriano desejável deve ser constituído de bactérias homofermentativas, apresentando elevada taxa de crescimento na silagem e assim produzir máxima quantidade de ácido lático em curto tempo, sendo capaz de crescer sob elevados teores de MS e temperaturas de até 50°C, garantindo assim estabilização e qualidade da silagem após a abertura do silo (BOLSEN, 1995). Além disso, os inoculantes são importantes nos estágios iniciais da ensilagem, dominando a microflora natural e restringindo a atividade de microrganismos indesejáveis que fermentam açúcares solúveis e podem causar perdas durante o processo fermentativo (BOLSEN, 1995; MORAES, 1995).

Segundo Magalhães e Rodrigues (2003) e Pereira et al. (2021), resultados obtidos em experimentos utilizando inoculantes bacterianos são contraditórios, uma vez que as melhoras no perfil fermentativo das silagens nem sempre são acompanhadas de melhoras na composição química, e vice-versa. Entre as prováveis explicações para falhas no uso de inoculantes à base de BAL's destaca-se a intensa competição da flora epifítica, baixa concentração de açúcar fermentescível, excesso de O₂, baixa atividade da água, falta de especificidade da cultura e, ou, problemas com a aplicação (KUNG et al., 2003).

Nos Estados Unidos e Europa, os inoculantes são aplicados na cultura com o objetivo de alcançar uma concentração de pelo menos 100 mil bactérias/g de forragem, enquanto que no Brasil, é desafiador as empresas atingirem essa concentração, pois, segundo os fabricantes, o custo do inoculante se torna inviável (BERNARDES et al., 2013), sendo a concentração do inoculante no momento da aplicação ponto chave para dominar o processo fermentativo.

No Brasil, inoculantes como o Silotrato são utilizados na produção de silagens. Esses aditivos contêm bactérias homofermentativas (*Lactobacillus curvatus*,

Lactobacillus plantarum, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus acidolactici*, *Enterococcus faecium*) e heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus lactis*, *Propionibacterium acidipropionici*), além de 5% de complexo enzimático (LUDWING et al., 2018), com nível mínimo de garantia de 10^{10} ufc/g.

Segundo Driehuis et al. (2000), os principais objetivos do uso de bactérias homofermentativas como inoculantes em silagens, são reduzir o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias, através da taxa de fermentação mais rápida, promovido pela alta produção de ácido láctico. Por outro lado, Ranjit e Kung Jr (2000) explicam que inoculantes contendo bactérias heterofermentativas possuem a capacidade de converter ácido láctico em acético e outros ácidos, sendo eficientes no controle de mofo e leveduras e no aumento da estabilidade aeróbia das silagens.

Alguns inoculantes comerciais ainda apresenta em sua composição, além das bactérias homo e heterofermentativas, a inclusão de enzimas (amilase, celulase ou hemicelulase). A maior parte das enzimas utilizadas como aditivos em silagens são subprodutos microbianos com alguma atividade enzimática. O princípio de utilização de enzimas é o de estimular a quebra de carboidratos completos (amido, celulose e hemicelulose) em açúcares simples que seriam prontamente fermentados pelas bactérias ácido lácticas (Vilela, 1998).

Bernardes et al. (2013) avaliando o uso de inoculante bacteriano na ensilagem de capim-elefante, não encontrou diferença estatística para as variáveis MS, CS, PB, pH, N-NH₃, fungos filamentosos e perdas. Os autores encontraram diferença apenas na contagem de leveduras (2,06 ufc/g) e produção de efluentes (23,9 ton/kg MN) nos tratamentos contendo maiores dosagens de inoculante LP/PC6 (1×10^6 ufc/g⁻¹) e LP/PC55 (5×10^5 ufc/g⁻¹), respectivamente.

Por outro lado, Patrizi et al. (2004) avaliando o efeito de inoculantes bacterianos na silagem de capim-elefante, concluíram que a associação de *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* foram eficientes para a diminuição do pH (3,73) e aumento da MS (29,94%), contribuindo favoravelmente para a fermentação da silagem. Além disso, houve aumento no teor de PB (13,40%) e diminuição nos teores de fibras, obtendo maior valor nutritivo. Shah et al. (2018) usando as mesmas espécies como aditivos na silagem de capim-elefante, verificou-se dominância de BAL's e redução de bactérias aeróbias e leveduras em comparação ao grupo controle em diferentes dias de ensilagem.

Costa et al., (2017) avaliando o bagaço de cana de açúcar na ensilagem de capim-elefante com ou sem inoculante, recomendaram o uso de inoculante bacteriano como agente promotor da rápida acidificação da silagem ao nível de 80% de capim-elefante em que o pH foi de 4,1 o que caracteriza acidez ideal ao armazenamento.

2.6 Perdas no processo fermentativo em silagens de capim-elefante

As perdas no processo de ensilagem são classificadas em evitáveis e inevitáveis. As perdas evitáveis incluem as perdas por efluentes (PE), perdas por gases (PG) e deterioração aeróbica. Enquanto que as perdas inevitáveis incluem perdas no campo, perdas oriundas da respiração da planta e da fermentação principal, representando apenas 5 a 15% do total de perdas (BOLSEN, 1995; MOMBACH, 2014).

Plantas com alta umidade acarretam em maiores PE, que possuem em sua solução nutrientes altamente digestíveis, como CS, PB, ácidos orgânicos e minerais (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), refletindo na redução do valor nutricional da silagem.

A atividade microbiana de leveduras, fungos e bactérias, durante a deterioração aeróbica, ou seja, quando há exposição da massa ensilada ao ar, também provoca perdas. As leveduras são responsáveis pelo início da deterioração aeróbica (WOOLFORD, 1990), enquanto que os fungos filamentosos têm papel secundário, pois seu desenvolvimento ocorre após o crescimento das leveduras (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O tamanho das partículas da forragem picada exerce importância sobre a qualidade da silagem, uma vez que permite a compactação da massa ensilada e promove o contato das BAL's com os CS. Sá et al., (2019) consideram um tamanho de partícula ideal de 2 cm, pois possibilita a adequada compactação da forragem no silo, uma vez que, a alta compactação pode promover a produção de efluentes.

Além disso, se o silo for vedado incorretamente, permitindo a entrada de ar, pode ocorrer respiração excessiva e o superaquecimento da massa, através da reação de Maillard, resultando na formação de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), e conseqüentemente perdas nutritivas (MUCK, 1988).

O baixo teor de MS no capim-elefante no momento ideal para ensilar, pode favorecer fermentações secundárias, na qual a baixa pressão osmótica no silo, pode favorecer o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, desdobrando açúcares, ácido láctico, proteínas e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia, gás carbônico e aminas, resultando em perdas (LAVEZZO, 1985).

Além do baixo teor de MS, outra limitação do capim-elefante é o baixo teor de CS, que servem como substrato para a ação das bactérias lácticas no processo fermentativo. Essas bactérias são responsáveis pela produção de ácido láctico, o qual, em níveis adequados, provoca uma rápida queda no pH da silagem, o que inibe a atividade proteolítica das enzimas vegetais e o desenvolvimento das bactérias indesejáveis, evitando perdas (MUCK, 1988).

De Sousa Mota et al. (2015), avaliando perdas e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes aditivos, verificou na ausência de aditivos na ensilagem de capim-elefante, menor teor de MS (14,01%), que influenciou em maiores PE (8,54kg/t/MV). Isso ocorre devido o capim-elefante apresentar no momento ideal do corte, alto teor de umidade, sendo necessário a utilização de aditivos ou desidratação do material, afim de aumentar o teor de MS e concentração de nutrientes, melhorando o processo de fermentação.

Barcelos et al. (2018), avaliando as características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de café, não encontrou PE (0%) com apenas 10% de inclusão de casca na silagem de capim-elefante, enquanto que no tratamento controle (sem adição de casca de café) a PE subiu para 7%. Verificou-se também reduções significativas no N-NH₃ com adição da casca de café, encontrando menores valores nas silagens com inclusão de 30% com 14% de N-NH₃/NT, comparada as silagens controle que apresentaram 44,49% de N-NH₃/NT.

2.7 Frações de carboidratos de silagens de capim-elefante

A composição química é um dos componentes do valor nutritivo das forrageiras e é influenciada pela espécie, fatores climáticos, composição do solo, manejo e idade de corte, sendo a maturidade fisiológica da planta uma das maiores causas de mudanças na composição química das forrageiras (CORSI, 1990).

À medida que a idade fisiológica da planta avança, aumentam as proporções de carboidratos fibrosos (hemicelulose, celulose e lignina), reduzindo a proporção dos nutrientes potencialmente digestíveis (carboidratos solúveis), o que contribui para baixa digestibilidade da forragem (REIS et al., 2005). Assim, o conhecimento do fracionamento de carboidratos dos alimentos torna-se importante para estimativas mais exatas do desempenho dos animais e maximização da eficiência da utilização dos nutrientes.

Os carboidratos totais são divididos nas seguintes frações: A, B₁, B₂ e C. Fração A são os carboidratos prontamente fermentados no rúmen (açúcares solúveis), fração B₁ representa os carboidratos com taxa intermediária de fermentação (amido e pectina), fração B₂ corresponde a fração dos carboidratos de lenta e potencialmente digestão da parede celular (celulose e hemicelulose) e a fração C representa a porção indigestível ao longo do trato gastrointestinal (SNIFFEN et al., 1992).

Segundo Valadares Filho (2000), alimentos com elevada proporção da fração A+B₁ são considerados boas fontes de energia para o crescimento de microrganismos que utilizam CS, como os açúcares. Enquanto que, Malafaia et al., (1998) destacaram que o valor da fração B₂ dos alimentos está relacionado ao teor de FDN, com isso, gramíneas são os volumosos com maiores valores desta fração em decorrência aos altos teores de FDN, constituindo o principal componente da silagem de capim-elefante, por apresentar lenta taxa de degradação, juntamente com a fração C (indigestível), afetando o consumo animal por provocar maior enchimento no rúmen, reduzindo o desempenho dos animais (MERTENS, 1987).

Carvalho et al. (2007) determinando o fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurcheado ou com farelo de cacau, verificou aumento nas frações de carboidratos não fibrosos (CNF) - A+B₁, com a inclusão de farelo de cacau, passando de 10,7% com 0% de inclusão de farelo para 26,2% com 28% de inclusão. Enquanto que na fração de carboidratos potencialmente degradáveis - B₂, houve queda à medida que se incluiu farelo de cacau na silagem de capim-elefante, de 58,6% com 0% de inclusão para 37% com 28% de inclusão de farelo de cacau. Não houve diferença entre as silagens quanto aos carboidratos indigestíveis, representado pela fração C.

Andrade et al. (2010) avaliando o efeito de subprodutos agrícolas na silagem de capim-elefante, verificou aumento nas frações A+B₁ e diminuição na fração B₂ nos

tratamentos contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de cacau e farelo de mandioca. No entanto, somente as silagens contendo farelo de mandioca foram capazes de reduzir a fração C nesse estudo, com efeito linear decrescente à medida que aumentou o nível de inclusão, passando de 25,9% nos tratamentos com 0% de inclusão para 13,3% nos tratamentos com 30% de inclusão de farelo de mandioca.

Nesses estudos, a utilização do farelo de cacau e de mandioca na ensilagem de capim-elefante aumentou a proporção de carboidratos não fibrosos das silagens (A+B1), no entanto, a fração B2 diminuiu, sendo também importante fonte de energia. Assim, a caracterização das frações que constituem os carboidratos dos alimentos representa importante instrumento para adequação das dietas formuladas visando melhor desempenho animal e utilização dos recursos nos sistemas de produção.

Ribas et al. (2021), avaliando a composição química da silagem de BRS Capiaçú manejada em diferentes tempos de murcha associado ao inoculante bacteriano, verificou que apesar do aumento dos carboidratos não fibrosos (frações A+B1) nas silagens inoculadas com o aumento no tempo de murcha, não houve efeito dos tratamentos sobre o teor de nutrientes digestíveis totais - NDT (média de 42,91%). No entanto, silagens inoculadas apresentaram menores teores de iFDN em comparação a silagens sem inoculante, devido à quebra das ligações entre a lignina e a hemicelulose, favorecendo a degradação das fibras por bactérias fibrolíticas presentes no rúmen.

3 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

ANDRADE, I. V. O. et al. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2342-2348, 2010.

BALSALOBRE, M. A. A. et al. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 3, p. 519-528, 2003.

BARCELOS, A. F. et al. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca de café. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018.

BERNARDES, T. F. et al. Uso de inoculante bacteriano e melaço na ensilagem de capim-elefante. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 2, p. 173-178, 2013.

- BOLSEN, K. K. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.
- BOLSEN, K. K. Silage: basic principles. **Forages**, v. 5, p. 163-176, 1995.
- BONFÁ, C. S. et al. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 176-182, 2017.
- CÂNDIDO, M. J. D. et al. Morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 338-347, 2005.
- CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. **Estoque de forragem para a seca: produção e utilização da silagem**. Ceará: Universidade Federal do Ceará, p. 64, 2020.
- CARDOSO, A. M. et al. Elephant grass silage with the addition of crambe bran conjugated to different specific mass. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 4, p. 375-382, 2016.
- CARVALHO, A. P. S. **Uso de inoculante microbiano e farelo de arroz na ensilagem de capim-mombaça**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – UFMT, Cuiabá, 2017.
- CARVALHO, G. G. P. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurcheado ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1000-1005, 2007.
- CASTILLO, K. L. M. **Utilização de aditivos sobre a composição química da forragem conservada de cultivar capim-elefante BRS capiaçu em três idades de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFPEL, Pelotas, 2018.
- COAN, R. M. et al. 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.
- CORSI, M. **Produção e qualidade de forragens tropicais**. SBZ, Piracicaba: FEALQ, p. 177-193, 1990.
- COSTA, R. et al. Bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) na ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com ou sem inoculante bacteriano. **Revista Acta Kariri-Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 2, n. 1, 2017.
- COWAN, T. et al. Use of ensiled forages in large-scale animal production systems. **Fao Plant Production And Protection Papers**, p. 31-40, 2000.
- DA SILVA SOUZA, J. et al. **Avaliação do potencial de produção de ovinos de corte em pastagens de *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*) no nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFMG, Belo Horizonte, 2020.

DA ROSA, P. P. et al. Características do capim-elefante *Pennisetum purpureum* (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capião. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 70-84, 2019.

ZANINE, A. M. et al. Populações microbianas e componentes nutricionais nos órgãos do capim-tanzânia antes e após a ensilagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 143-150, 2007.

DE SOUSA MOTA, P. E. et al. Perdas e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes aditivos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 126-130, 2015.

DESTA, S. T. et al. Ensiling characteristics, structural and nonstructural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of Napier grass ensiled with additives. **Bioresource technology**, v. 221, p. 447-454, 2016.

DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. W. O.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, p. 330-343, 2000.

DRIEHUIS, F. S. J. W. H. O. E.; SPOELSTRA, S. F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, v. 87, p. 583-594, 1999.

FERNANDES, G. F.; EVANGELISTA, A. F.; BORGES, L. S. Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 13, n. 3, p. 4652-4656, 2016.

FERREIRA, A. C. H. et al. Características químico-bromatológicas e fermentativas do capim-elefante ensilado com níveis crescentes de subproduto da agroindústria do abacaxi. **Ceres**, v. 54, n. 312, 2015.

FERREIRA, D. J. et al. Chemical composition and nutrient degradability in elephant grass silage inoculated with *Streptococcus bovis* isolated from the rumen. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 86, n. 1, p. 465-473, 2014.

HAMMES, W. P.; The Genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. **The Prokaryotes**, p. 1535- 1594, 1992.

ITAVO, L. C. V. et al. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 606-617, 2010.

KUNG JR, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. **Silage science and technology**, v. 42, p. 305-360, 2003.

LAVEZZO, W. **Silagem de capim-elefante**. Informe Agropecuário, v. 11, p. 50-57, 1985.

LAVEZZO, W. **Ensilagem de capim-elefante**. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 1992, Piracicaba: FEALQ, p. 169, 1993.

LEAL, D. B. et al. Correlações entre as características produtivas e nutricionais do capim-BRS Capiaçú manejado na região semiárida. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18951-18960, 2020.

LOPES, F. C. F. et al. Chemical composition and fatty acid profile of BRS Capiaçú ensiled at different regrowth ages. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 1981-2004, 2021.

MAGALHÃES, J. A. et al. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de zootecnia**, v. 61, n. 236, p.577-588, 2012.

MAGALHÃES, V. J. A.; RODRIGUES, P. H. M. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem pré-seca de alfafa adicionada de inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 2016-2022, 2003.

MAHANNA, B. et al. **Silage Zone Manual**. 2 ed. Du Pont Pioneer. p. 106-110, 2017.

MALAFAIA, P. A. M. et al. Determinações das frações de constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 4, p. 790-796, 1998.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Willey & Sons. Chichester. p. 218, 1981.

MCDONALD, P; HENDERSON, A. R; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. p. 340, 1991.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

MOCHEL FILHO, W. et al. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 81-88, 2016.

MOMBACH, M. A. **Silagem de grão de milho triturado e reidratado contendo glicerina bruta e inoculante microbiano**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFMG, Sinop, 2014.

MONÇÃO, F. P. et al. Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 1, p. 235-241, 2020.

MONTEIRO, I. J. G. et al. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 347-352, 2011.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 11, p. 2992-3002, 1988.

NEIVA, R. **Embrapa**, 2016. Nova cultivar de capim-elefante apresenta produtividade 30% maior. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17002039/nova-cultivar-de-capim-elefante-apresenta-produtividade-30-maior>>. Acesso em: 18 de ago. de 2021.

NEUMANN, M. et al. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3 n. 2, p. 187-195, 2010.

PACHECO, W. F. et al. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 155-162, 2014.

PAHLOW, G. et al. Microbiology of ensiling. In: Silage science and technology p. 31-93. 2003.

PATRIZI, W. L. et al. Efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 3, p. 392-397, 2004.

PAULA, P. R. P. et al. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante BRS Capiaçú com inclusão fubá de milho. **PUBVET**, v. 14, p. 148, 2020.

PEREIRA, A. V. et al. **BRS Capiaçú e BRS Kurumi: Cultivo e uso**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

PEREIRA, A. V. et al. **BRS Capiaçú: cultivar de capim de alto rendimento para produção de silagem**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C; BRS Kurumi and BRS Capiaçú - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 59-62, 2017.

PEREIRA, O. G.; ROCHA, K. D.; FERREIRA, C. L. L. F. Composição química, caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1742-1750, 2007.

PIRES, A. J. V. et al. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante contendo casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1620-1626, 2009.

RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.

REIS, R. A. et al. **Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica**. In: Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, p. 187-238, 2005.

RIBAS, W. F. G. et al. Effect of wilting time and enzymatic-bacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS Capiáçu grass silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, 2021.

RETORE, M. et al. Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiáçu. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2020.

SÁ, W. C. C. S. et al. **Considerações gerais sobre ensilagem**. In: Ensilagem no nordeste do Brasil. Edufma. São Luís, MA. p.122, 2019.

SAMPAIO, B. C. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, n. 7, p. 1471–1479, 2010.

SANTOS, B. R. C. et al. Silagens de capim-elefante e embaúba aditivada com produtos alternativos na Amazônia Ocidental. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 820-827, 2019.

SANTOS, E. M; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n. 1, p. 32-45, 2006.

SHAH, A. A. et al. Microbiological and chemical profiles of elephant grass inoculated with and without *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. **Archives of microbiology**, v. 200, n. 2, p. 311-328, 2018.

SILVA, M. C. A. et al. The effect of graded levels of crude glycerin in BRS Capiáçu grass silage: fermentation profile and bromatological composition. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 9, n. 4, p. 597-602, 2019.

SNIFFEN, J. D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562–3577, 1992.

SOUZA, N. S. S. **Efeito da concentração de bactérias homoláticas na ensilagem de capim-elefante (Pennisetum purpureum cv. Roxo)**. Tese (Doutorado) – UFPA, 2012.

STEFANIE, J. W. H. O. E. et al. Silage fermentation processes and their manipulation. **FAO Plant Production and Protection Papers**, p. 17–30, 2000.

VALADARES FILHO, S. C. **Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos.** In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Viçosa, MG, p. 267, 2000.

VAN SOEST P. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** Cornell University Press, Ithaca, New York, 1994.

VILELA, D. **Aditivos para silagens de plantas de clima tropical.** In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Botucatu, v. 35, p.73-108, 1998.b

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 19, n. 1, p. 53-68, 1996.

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, n. 14, p. 170-189, 2009.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation.** New York: Marcel Dekker, 1984.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1990.

CAPÍTULO I

Características fermentativas, microbiológicas e composição química de silagens do capim-elefante BRS Capiacu em diferentes idades de corte e aditivada com inoculante bacteriano

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar se o uso de inoculante bacteriano melhora as características fermentativas, microbiológicas e a composição química de silagens do capim-elefante BRS Capiacu em diferentes idades de corte. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x2 (três idades de corte, com ou sem inoculante bacteriano), com quatro repetições. Houve interação entre idades de corte e aplicação de inoculante para pH, N-NH₃ e PE das silagens do capim BRS Capiacu. Menor valor de pH foram encontrados nas silagens aos 85 dias, enquanto que silagens aos 110 dias apresentou maior teor de N-NH₃. Não foi verificada diferença nos teores de N-NH₃ quanto a aplicação de inoculante entre as silagens, no entanto, a aplicação de inoculante reduziu as PE com o avanço nas idades de corte, além de, aumentar o IRMS quando comparado as silagens sem aplicação de inoculante. A população de bactéria ácido láctica foi maior na silagem do capim BRS Capiacu colhida aos 85 e 110 dias. Quando aplicado o inoculante à forragem colhida aos 85 dias houve redução na população de mofos e leveduras da silagem. Houve interação para os teores de MS, PB, FDN_{cp} e CT das silagens. A aplicação de inoculante no capim colhido aos 85 dias aumentou os teores de MS na silagem. Maiores teores de PB foram encontrados nas silagens aos 85 dias. Os teores de FDN_{cp} das silagens de capim BRS Capiacu colhida aos 110 e 135 dias foi superior à silagem aos 85 dias. O teor de CT e FDN_{cp} das silagens de forragens sem inoculante aumentou com a idade de corte. A aplicação de inoculante bacteriano melhora a composição microbiológica e química e reduz as perdas de matéria seca da silagem do capim BRS Capiacu colhido aos 85 dias de rebrota.

Palavras-chave: aditivo biológico, *Pennisetum purpureum*, qualidade

1. Introdução

Entre as gramíneas tropicais utilizadas na produção de silagem, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), se destaca devido à alta capacidade de produção, valor nutricional, adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais, número de variedades, facilidade de cultivo e aceitação pelos animais (Cardoso et al., 2016).

O baixo teor de carboidratos solúveis e de matéria seca associados ao elevado poder tampão do capim-elefante, influencia negativamente o processo fermentativo durante a ensilagem e promove perdas que comprometem a qualidade da silagem (Retore et al., 2020). Nesse sentido, o desenvolvimento de novas cultivares para melhorar as características do capim-elefante foram desenvolvidas, como a cultivar BRS Capiaçú.

Lançada em 2016 pela Embrapa Gado de Leite, a cultivar BRS Capiaçú vem se destacando pela alta produtividade de matéria seca (72t/MS/ha/ano), produzindo cerca de 30% mais massas de forragem (300t/MV/ha/ano), com maior teor de carboidratos solúveis e proteína bruta em relação a outras cultivares de capim-elefante, além de apresentar alternativa mais barata que o milho, por ser uma cultura perene e que não requer compra anual de sementes. (Pereira et al., 2017; Monção et al., 2020; Pereira et al., 2021).

O uso de aditivos biológicos como inoculantes bacterianos são amplamente utilizados na ensilagem do capim-elefante, afim de aumentar a população de bactérias produtoras de ácido lático que irão reduzir o pH e intensificar o processo fermentativo, reduzir perdas causada por microrganismos indesejáveis e aumentar o valor nutricional das silagens (Desta et al., 2016; Costa et al., 2017; Shah et al.,

2018), tornando assim o uso de inoculantes uma alternativa para melhorar a qualidade de silagens da cultivar BRS Capiaçú.

Além disso, a idade de corte do capim no momento da ensilagem influencia o desenvolvimento das populações microbianas, tendo em vista que o baixo teor de umidade e a alta concentração de carboidratos solúveis são necessárias para o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas. (Cândido et al., 2005; Zanine et al., 2007). Desta forma, o equilíbrio entre produção e qualidade forrageira é fundamental para a produção de silagens da cultivar BRS Capiaçú.

Por ser uma forrageira recentemente lançada no mercado, torna-se importante mais estudos com a cultivar BRS Capiaçú, notadamente no seu uso para produção de silagem, fornecendo condições para uma boa fermentação. Com base no exposto, o objetivo com este estudo foi identificar se o uso de inoculante bacteriano melhora as características fermentativas, microbiológicas e a composição química da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar BRS Capiaçú em diferentes idades de corte.

2. Material e Métodos

2.1 Tratamentos e manejo da ensilagem

O experimento foi conduzido em Teresina, Piauí, Brasil (latitude 5° 2'28.41 S, longitude 42° 47'0,08 O, e altitude 67 m), de março de 2019 a março de 2021. Utilizou-se capineira de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Capiaçú), onde no início do experimento foi submetido a um corte de uniformização, de forma manual, a altura média de 10 cm do solo, onde recebeu em seguida adubação de manutenção com 50 kg/ha de N, 60 kg/ha de K₂O e 60 kg

de P_2O_5 nas formas de ureia, cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente, o qual se repetiu aos trinta e sessenta dias, com exceção da adubação fosfatada, de acordo com a análise do solo e recomendação da Embrapa (2008). Nos meses de março a junho de 2019 a capineira foi irrigada diariamente por aspersão.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2X3. Os tratamentos corresponderam às combinações de inoculante bacteriano, e idades de corte do capim, assim identificados: Fator 1 – Aplicação de inoculante bacteriano no momento da ensilagem: presença (CI) e ausência de inoculante (SI); Fator 2 – Idades de corte do capim: 85, 110 e 135 dias. Sob esse arranjo foram gerados 6 tratamentos. Cada tratamento foi avaliado com quatro repetições, totalizando vinte e quatro unidades experimentais.

As forragens foram colhidas quando as plantas atingiram as idades de 85, 110 e 135 dias. As plantas foram cortadas manualmente, com cutelo, a uma altura de 10 cm do solo e picadas a fragmentos com 1 a 2 cm, em ensiladeira estacionária. Após esse processo, a forragem picada foi homogeneizada de forma manual com o aditivo para a ensilagem de acordo com cada tratamento e colocada em bandejas plásticas.

Durante a ensilagem do capim BRS Capiapu, foi aplicado o inoculante bacteriano liofilizado (SILOTRATO®), conforme recomendação do fabricante. Foi utilizado o inoculante bacteriano composto por diversos tipos de bactérias lácticas homofermentativas (*Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus acidolactici*, *Enterococcus faecium*) e heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus lactis*, *Propionibacterium acidipropionici*), além de 5% de complexo enzimático com nível

de garantia de 10^{10} UFC.g⁻¹, de acordo com cada idade de corte e tratamento controle (sem aplicação de inoculante).

Foram utilizados silos experimentais cilíndricos compostos por cloreto de polivinila (PVC), com dimensões de 50 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro. Cada silo recebeu 1,3kg de areia seca, que foi separada da forragem por tela sombrite para permitir quantificar o efluente produzido.

Após completa homogeneização, o capim foi depositado nos silos e compactado com o auxílio de êmbolo de madeira, adotando-se densidade de 600kg/m³ de matéria natural por silo. Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas do tipo “taps” com válvulas de Bunsen, lacrados com fitas adesivas e pesados. Os silos foram armazenados em temperatura ambiente e abertos 83 dias após a ensilagem.

2.2 Perdas fermentativas e Índice de recuperação de matéria seca

As perdas de matéria seca na forma de gás e efluente e o índice de recuperação de matéria seca (IRMS) foram quantificadas por diferença de peso, mediante as equações descritas por Schmidt et al. (2006). As perdas por gases foram obtidas de acordo com a equação 1:

$$PG = [(PsChf - PsCha)/(MVFE \times MSFE)] \times 100, \quad (1)$$

em que: PG = perdas por gases, PsChf = peso do silo cheio no fechamento da ensilagem (kg), PsCha = peso do silo cheio na abertura (kg), MVFE = matéria verde da forragem ensilada (kg), MSFE = matéria seca da forragem ensilada (%), descontando-se o peso da areia adicionada aos silos.

As perdas por efluentes foram obtidas pela equação 2:

$$PE \text{ (kg/t de MV)} = [(PVf - Ts) - (PVi - Ts)]/MFi \times 100, \quad (2)$$

em que: PE = perdas por efluente, PVf = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg), Ts = tara do silo, PVi = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg), MFi = massa de forragem no fechamento (kg).

Para estimativa da taxa de recuperação da matéria seca foi utilizada a equação 3:

$$\text{IRMS}(\%) = (\text{MFf} \times \text{MSf}) / (\text{MFi} \times \text{MSi}) \times 100,$$

(3)

em que: IRMS = índice de recuperação de matéria seca (%), MFf = massa de forragem na abertura (kg), MSf = teor de matéria seca da forragem na abertura (%MS), MFi = massa de forragem no fechamento (kg), MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%MS).

2.3 pH e nitrogênio amoniacal

Antes do processo da ensilagem, foram realizadas análises da composição química do capim BRS Capiacu em cada idade de corte (Tabela 1). Na abertura dos silos foram descartados os conteúdos superiores de cada silo e a forragem central foi homogeneizada.

As amostras das silagens foram separadas e divididas em três alíquotas de aproximadamente 500 gramas, a primeira foi utilizada para as determinações de pH segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), segundo metodologia descrita por Ferreira et al. (2007), determinadas no extrato da silagem.

2.4 Composição química

A segunda alíquota foi submetida à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C e moída para passagem em peneira de 1 mm em moinhos de faca tipo *Wiley*.

As subamostras foram analisadas para matéria seca (MS; método 934.01), e com base na MS, cinza (método 942.05), proteína bruta (PB; método 978.04), extrato etéreo (EE; método 920.39), de acordo com a AOAC (1990).

A fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}) e fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose e lignina (LIG), foram determinadas pelo método sequencial de acordo com os procedimentos descritos por Van Soest et al. (1991), adaptado para autoclave (0,5 atm/1h), com o uso de sacos de TNT com porosidade 100 µm (Valente et al., 2011).

Os carboidratos totais (CT) foram obtidos pela equação: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinza)$ de acordo com a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}) e os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, foram obtidos pela diferença entre carboidratos totais e FDN_{cp}. A fração B2 (fibra disponível) resultou da diferença entre FDN_{cp} e a fração da fibra indigestível (C). A fração C foi estimada multiplicando-se a porcentagem da lignina pelo fator 2.4.

2.5 Perfil microbiológico

A partir da terceira alíquota acondicionada em freezer a -10 °C avaliou-se o perfil microbiológico das silagens, através da quantificação das populações microbianas de *Lactobacillus* sp., *Clostridium* sp., fungos filamentosos e

leveduriformes. Para a análise dos microrganismos, todo o procedimento foi realizado em fluxo laminar.

Para quantificação das populações microbianas de silagem, foi preparada uma suspensão aquosa de silagem (25g) em 225 mL de água peptonada que foi homogeneizada manualmente por 3 minutos. Após homogeneização, foram realizadas diluições decimais, em tubos estéreis com 9 mL da solução, e semeada em placas de Petri estéreis com diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} . Para a contagem de *Lactobacillus*, foram adicionados às placas 20 mL de ágar MRS (*Lactobacillus* MRS ágar) que, após homogeneização e solidificação do meio de cultura, foram adicionadas 10 mL do mesmo ágar para a formação da sobrecamada. Foram incubadas a 35 ± 2 °C, por 72 h, em estufa bacteriológica.

Para a contagem de bactérias do gênero *Clostridium*, foram adicionados 20 mL de Ágar *Clostridium perfringens* e emulsão de gema de ovo/salina 0,85% com proporção de 1:1 nas placas de Petri e inoculado 0,1 mL das diluições correspondentes. Logo após foram adicionadas 10 mL do mesmo ágar para a formação da sobrecamada. As placas foram incubadas a 35 ± 2 °C em anaerobiose, por 48 h, em estufa bacteriológica. Para a contagem de fungos filamentosos e leveduriformes, foram adicionados 20 mL de ágar Batata Dextrose Ágar (BDA) adicionados de 10 % de ácido tartárico nas placas de Petri que, após a solidificação do meio de cultura, foi inoculado 0,1 mL das diluições correspondentes, incubadas posteriormente a 37 ± 2 °C, por 120 horas, em estufa microbiológica. Após os períodos de incubação, foram realizadas as contagens dos microrganismos e o resultado expresso em log UFC/g (Silva et al., 1997).

2.6 Análise estatística

Os dados referentes as perdas fermentativas, composição química, frações de carboidratos e perfil microbiológico, foram analisados utilizando-se a metodologia dos quadrados mínimos, pelo procedimento GLM, procedendo-se análise de variância e teste de comparação de médias, pelo PROC NLIN do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.0), utilizando-se um nível de significância de 0,05.

O modelo estatístico usado nesse estudo foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha * \beta_{ij}) + e_{ijk},$$

(4)

em que Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, α_i = efeito da inoculação (efeito fixo; i = presença e ausência no momento da ensilagem), β_j = efeito das idades de corte do capim (efeito fixo; j = 85, 110 e 135 dias), $\alpha * \beta_{ij}$ = efeito da interação do inoculante bacteriano e idades de corte do capim, and e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

3. Resultados

Houve interação ($P < 0,05$) entre idades de corte e aplicação de inoculante para as características fermentativas pH, nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e perdas por efluentes (PE) da silagem de capim BRS Capiaçú. A silagem de capim BRS Capiaçú colhida aos 85 dias apresentou menor ($P < 0,05$) valor de pH (3,5), esse valor aumentou para 3,79 quando aplicou inoculante, efeito verificado apenas para a silagem de forragem colhida na menor idade (85 dias). A silagem de capim BRS Capiaçú colhida aos 135 dias apresentou menor ($P < 0,05$) teor de $N-NH_3$ (1,50%) em relação as silagens de forragem colhidas aos 85 e 135 dias. Não foi verificado

diferença nos valores de N-NH₃ quanto a aplicação de inoculante (P>0,05) entre as silagens, com média de 1,95% N-NH₃. Quanto as perdas da massa ensilada, as perdas por efluentes (PE) das silagens do capim BRS Capiaçú foi, em média, 145,53 kg/t⁻¹. No entanto, quando aplicado o inoculante à forragem, as PE foram reduzidas (P<0,05) em 43,3% com o avanço das idades de corte de 85 para 135 dias (Tabela 2).

As perdas por gases (PG) foram maiores (P<0,05) na silagem de capim BRS Capiaçú colhida aos 85 dias (2,16%), enquanto a aplicação do inoculante à forragem não reduziu (P>0,05) as PG. O índice de recuperação de matéria seca (IRMS) aumentou (P<0,05) nas silagens de capim BRS Capiaçú com aplicação de inoculante, em média de 83,47%. O IRMS foi maior (P>0,05) para as silagens de forragem colhida nas idades 110 e 135 dias, o que é 15,08% superior ao IRMS da silagem de forragem colhida aos 85 dias (Tabela 2).

A população de bactérias ácido lácticas (BAL) foi maior (P<0,05) na silagem de forragem de capim BRS Capiaçú colhida aos 85 e 110 dias (5,9 log₁₀ ufc g⁻¹), enquanto a aplicação de inoculante à forragem não reduziu (P>0,05) a população de BAL (Tabela 3).

Houve interação (P<0,05) entre idades de corte e aplicação de inoculante para população de mofos e leveduras da silagem de capim-elefante BRS Capiaçú. A população de mofos e leveduras foi, em média, 4,0 log₁₀ ufc g⁻¹. No entanto, quando aplicado o inoculante à forragem colhida aos 85 dias houve redução (P<0,05) de 15,5% na população de mofos e leveduras da silagem. Não foram detectadas populações de *Clostridium* spp nas silagens de capim BRS Capiaçú (Tabela 3).

Houve interação (P<0,05) entre idades de corte e aplicação ou não de inoculante para teores de matéria seca (MS), cinza, proteína bruta (PB),

carboidratos totais (CT), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDNcp) e fração B2 de carboidratos das silagens de capim BRS Capiacu. O teor de MS das silagens aumentou ($P < 0,05$) com o avanço na idade de corte, passando de 29,36% nas silagens de forragem colhida aos 85 dias para 34,15% na silagem de forragem colhida aos 135 dias. A aplicação de inoculante à forragem colhida aos 85 dias, aumentou ($P < 0,05$) o teor de MS de 27,33% para 29,36% (Tabela 4).

Os teores de cinza, PB e extrato etéreo (EE) foram maiores ($P < 0,05$) na silagem da forragem de capim BRS Capiacu colhida aos 85 dias, enquanto a aplicação de inoculante à forragem colhida aos 110 dias resultou em silagem com menor ($P < 0,05$) teor de cinza (6,97% vs. 8,29%). A aplicação de inoculante resultou em menor ($P < 0,05$) teor de EE na silagem de capim BRS Capiacu (1%) em relação a silagem sem inoculante (1,11%). A aplicação de inoculante resultou em equivalência ($P > 0,05$) no teor de PB das silagens das forragens colhidas aos 110 e 135 dias (3,43%), embora inferior ($P < 0,05$) à silagem de forragem colhida aos 85 dias (5,21%). O teor de PB da silagem de forragem sem inoculante reduziu ($P < 0,05$) com o avanço das idades de corte (Tabela 4).

A aplicação de inoculante resultou em equivalência ($P > 0,05$) no teor de carboidratos totais (CT) e FDNcp das silagens de forragem de capim BRS Capiacu colhida aos 110 e 135 dias (88,45% e 72%), e superior ($P < 0,05$) à silagem de forragem colhida aos 85 dias (84,81% e 68,59%). O teor de CT e FDNcp das silagens de forragens sem inoculante aumentou ($P < 0,05$) com a idade de corte (Tabelas 4 e 5).

Os teores de FDA e lignina foram menores ($P < 0,05$) para silagem de forragem colhida na idade 85 dias, tendo o teor de lignina aumentado ($P < 0,05$)

com o avançar da idade de corte. A aplicação do inoculante resultou em maior ($P < 0,05$) teor de FDA na silagem (48,94%) em relação à silagem sem inoculante (48,17%) (Tabela 4).

A proporção da fração A+B1 dos carboidratos das silagens de capim BRS Capiacu foi, em média, $16,15 \pm 0,20\%$ não influenciada ($P > 0,05$) pela idade de corte ou aplicação de inoculante. A proporção da fração B2 foi, em média, 48,61%. No entanto, quando aplicado inoculante a forragem colhida aos 110 dias de idade houve aumento ($P > 0,05$) de 4,65% na proporção da fração B2 da silagem. A proporção da fração C de carboidratos foi menor ($P < 0,05$) na silagem da forragem colhida aos 85 dias (20,09%) e aumentou ($P < 0,05$) com o avançar da idade de corte do capim. A aplicação do inoculante resultou em maior ($P > 0,05$) proporção da fração C na silagem (22,69%) em relação a silagem sem inoculante (21,54%) (Tabela 5).

4. Discussão

O princípio da conservação de forragem no processo de ensilagem é a redução do pH, por aumento da acidez pela fermentação dos açúcares solúveis disponíveis na forragem (Pereira et al., 2019). O menor valor de pH na silagem de forragem colhida aos 85 dias decorreu da maior população de bactérias ácido lácticas (BAL) nessa idade, também favorecida pela aplicação de inoculante, o que está associado a maior produção de ácido láctico e rápida redução do pH através de BAL homofermentativas como a espécie *Lactobacillus plantarum*, o que resulta em melhor conservação na forragem colhida aos 85 dias com aplicação de inoculante.

Além disso, a aplicação de inoculante favoreceu menor população de mofos e leveduras na silagem de forragem colhida aos 85 dias, o que evita fermentações secundárias através da ação das BAL heterofermentativas presentes no inoculante, como a espécie *Lactobacillus buchneri*, que ao produzir maior quantidade de ácido acético, é capaz de inibir o desenvolvimento de mofos e leveduras (Sá et al., 2019), o que torna eficaz a aplicação de inoculante na forragem de BRS Capiaçú colhida aos 85 dias.

Silagens de forragens colhidas em menores idades (85 e 110 dias) apresentaram maior população de BAL, o que favoreceu o processo fermentativo da silagem de forragem colhida com 85 dias, uma vez que foi verificado menor valor de pH para esta silagem. A aplicação de inoculante não foi efetivo no aumento da população de BAL. Segundo Kung et al. (2003), entre as possíveis explicações para falhas no uso de inoculantes à base de BAL, destacam-se: intensa competição da flora epifítica, baixa concentração da flora epifítica e de carboidratos solúveis, excesso de oxigênio e, ou, problemas com a aplicação.

O baixo pH das silagens (<4,5), favoreceu a ausência de *Clostridium* spp em nosso estudo. De acordo com Pahlow et al., (2003), as bactérias do grupo dos clostrídios exigem pH elevado para seu desenvolvimento. A presença desses microrganismos indesejáveis está associada principalmente a falhas no processo de fermentação.

As silagens de capim BRS Capiaçú apresentaram teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) inferior a 10%, considerado seguro para uma silagem de boa qualidade (Woolford, 1984; McDonald et al., 1991), o que indica baixa proteólise e consequentemente baixa liberação de amônia durante o processo fermentativo. Resultados semelhantes foram obtidos para silagem de capim-elefante cv. Roxo

com adição de inoculante bacteriano (Bernardes et al., 2013). A ausência de *Clostridium* spp. nas silagens de nosso estudo, responsáveis por proteólise na silagem, contribuiu para as baixas concentrações de N-NH₃ nas silagens. Além disso, o valor do pH contribuiu, uma vez que, as silagens apresentaram pH inferior a 4,5, o que aumenta a eficiência da fermentação e reduz a hidrólise da proteína em compostos nitrogenados não proteicos (McDonald et al., 1991).

As perdas nas silagens sem aplicação de inoculante foram, em média, 145,53 kg t⁻¹, o que se justifica pelo elevado teor de umidade da forragem da gramínea no momento do corte, o que pode reduzir atividade microbiana benéfica durante a fermentação. As perdas por gases (PG) foram baixas e maiores na silagem de forragem colhida aos 85 dias. As baixas PG podem ser atribuídas a ausência de bactérias *Clostridium* spp nas silagens de nosso trabalho, que são as principais responsáveis pela produção de CO₂, além de outros ácidos produzidos. A aplicação do inoculante não se mostrou uma estratégia favorável a redução das PG, devido as reduzidas perdas em nossa pesquisa.

A ação de bactérias homoláticas presentes no inoculante compete com os microrganismos existentes na microflora epifítica, e aumenta a eficiência fermentativa, o que reduz perdas e melhora o IRMS (Sollenberger et al., 2004). Em nosso estudo, a aplicação de inoculante estabilizou o IRMS, enquanto nas silagens sem inoculante, as forragens colhidas aos 110 e 135 dias, possibilitaram redução das perdas em relação à forragem colhida aos 85 dias, o que indica a aplicação de inoculante como estratégia importante para a ensilagem de gramíneas tropicais, as quais apresentam elevada umidade e melhor valor nutritivo nos estágios de desenvolvimento inicial.

Em todas as silagens os teores de matéria seca (MS) subiram para 25 a 35%, com aumentos nos teores de MS à medida que as idades de cortes avançaram. Segundo Van Soest (1994), o aumento da MS em silagens se deve principalmente à altas perdas por efluentes devido aos baixos teores de MS antes da ensilagem, fato observado em nosso estudo. A aplicação de inoculante aumentou o teor de MS na silagem de forragem colhida 85 dias devido a redução do pH. Dessa forma, o capim BRS Capiacu colhido aos 85 dias em região tropical deve ser inoculado para minimizar as perdas de MS e aumentar o teor de MS da silagem.

A aplicação de inoculante resultou em equivalência no teor de PB das silagens das forragens colhidas aos 110 e 135 dias, embora inferior a silagem da forragem colhida aos 85 dias. A aplicação de inoculante microbiano em silagens reduz a atividade proteolítica, o que resulta em rápida redução do pH, uma vez que as bactérias proteolíticas se desenvolvem melhor em silagens com o pH mais elevado. As silagens de capim BRS Capiacu apresentaram teor de PB inferior ao mínimo de 7% por Church (1988) necessário para sustentar a atividade microbiana no rúmen, o que indica a necessidade de suplementação proteica para atender as exigências nutricionais dos ruminantes.

A aplicação de inoculante na forragem de capim BRS Capiacu resultou em menor teor de EE na silagem em relação à silagem sem inoculante, porém as silagens apresentaram menos que 8% de EE, o que é recomendado por McGuffey e Schingoethe (1980) para que não ocorra redução no consumo de alimento e limitação do desempenho de ruminantes. No entanto, a baixa proporção de EE tem impacto no valor energético das silagens, considerando o valor calórico dos lipídicos em relação aos demais compostos orgânicos.

A proporção de constituintes fibrosos (FDNcp, FDA e lignina) foi menor nas silagens de capim BRS Capiacu colhida aos 85 dias de idade, tendo o teor de lignina aumentado com o avançar na idade de corte. De acordo com Wilson (1994), as gramíneas tropicais necessitam de estruturas de sustentação que são representadas pela parede celular vegetal. Assim, quanto maior a idade da planta, maior proporção de compostos da parede celular e menor de conteúdo celular. Isso justifica as silagens de capim BRS Capiacu colhida aos 85 dias ter apresentado menor constituintes fibrosos (FDNcp, FDA e lignina) e maiores constituintes não fibrosos (PB e EE) quando comparada as idades de corte aos 110 e 135 dias.

A aplicação de inoculante na forragem de capim BRS Capiacu resultou em maior teor de FDA na silagem em relação à silagem sem inoculante, comportamento semelhante foi encontrado por Rodrigues et al. (2003) e Costa et al. (2017) que verificaram aumento nos teores de FDA em silagens de capim-elefante cultivares Napier e Cameron com aplicação de inoculante bacteriano. O uso de inoculante nas silagens de capim BRS Capiacu pode ter aumentado os conteúdos de celulose, através da ausência de atividade do complexo enzimático do inoculante em promover a solubilização dos constituintes da parede celular (Coan et al., 2005), aumentando o teor de FDA, uma vez não ter ocorrido variação no teor de lignina entre silagens com e sem aplicação de inoculantes.

A aplicação de inoculante resultou em equivalência no teor de carboidratos totais (CT) e FDNcp das silagens de forragem de capim-elefante BRS Capiacu colhida aos 110 e 135 dias, e superior à silagem da forragem colhida aos 85 dias, devido ao menor teor de fibra nessa idade de corte.

Considerando-se as frações de carboidratos, a silagem da forragem de capim-elefante BRS Capiacu colhida aos 85 dias apresentou melhor valor nutritivo,

com proporção das frações A+B1, B2 e C, em média, 16,15%, 48,61% e 20,09%. A aplicação do inoculante reduziu a fração B2 nas silagens de forragem colhida aos 85 dias, devido ao menor teor de FDN nessa idade e maior atividade do complexo enzimático do inoculante, favorecendo a degradação das fibras (Jung e Deetz, 1993). Houve redução da fração C da silagem da forragem colhida aos 85 dias, devido ao menor teor de lignina nessa idade, o que favorece o consumo e a disponibilidade de energia, fator determinante da produção animal intensiva (Mertens, 1987).

5. Conclusões

A aplicação de inoculante bacteriano melhora a composição microbiológica e química e reduz as perdas de matéria seca da silagem do capim BRS Capiaçú colhido aos 85 dias de rebrota.

Referências

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of analysis. 12th ed. AOAC, Washington, DC.

Bernardes, T. F.; Souza, N. S. S.; Silva, J. S. L. P.; Santos, I. A. P.; Faturi, C. and Domingues, F. 2013. Uso de inoculante bacteriano e melação na ensilagem de capim-elefante. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 56: 173-178. <https://doi.org/10.4322/rca.2013.026>

Cândido, M. J. D.; Gomide, C. A. M.; Alexandrino, E.; Gomide, J. A. and Pereira, W. E. 2005. Morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. Revista Brasileira de Zootecnia 34: 406-415. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000200007>

Cardoso, A. M.; Araujo, S. A. C.; Rocha, N. S.; Domingues, F. N.; Azevedo, J. C. and Pantoja, L. A. 2016. Elephant grass silage with the addition of crambe bran conjugated to diferente specific massa. Acta Scientiarum. Animal Sciences 38:375-382. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i4.31828>

Church, D. C. 1988. The ruminal animal digestive physiology and nutrition. Prentice Hall, New Jarsey. 564p.

Coan, R. M.; Vieira, P. F.; Silveira, R. N.; Reis, R. A.; Malheiros, E. B. and Pedreira, M. S. 2005. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. Revista Brasileira de Zootecnia 34:416-424. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200008>

Costa, R.; Silva, R. C.; Souza, E. D.; Vieira, E. M.; Nascimento, T. S. S. and Alencar, A. P. 2017. Bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) na ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com ou sem inoculante bacteriano. Revista Acta Kariri-Pesquisa e Desenvolvimento 2:29-36. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4993022>

Desta, S. T.; Yuan, X.; Li, J. and Shao T. 2016. Ensiling characteristics, structural and nonstructural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of Napier grass ensiled with additives. *Bioresource technology* 221:447-454. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.068>

Ferreira, D. A.; Gonçalves, L. C.; Molina, L. R.; Castro Neto, A. C. and Tomich, T. R. 2007. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59:423-433. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000200024>

Jung, H. G. and Deetz, D. A. 1993. Cell wall lignification and degradability. p.315-346. In: *Forage cell wall structure and digestibility*. Jung, H. G.; Buxton, D. R.; Hatfield, R. D. and Ralph, J., eds. American Society of Agronomy, Madison. <https://doi.org/10.2134/1993.foragecellwall.c13>

Kung Jr., L.; Stokes, M. R. and Lin, C. J. 2003. *Silage additives: Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy 42:305-360. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c7>

McDonald, P.; Henderson, A. R. and Heron, S. J. E. 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Chalcomb Publications, Marlow. 340p.

McGuffey, R. K. and Schingoethe, D. J. 1980. Feeding value of a high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 63: 1109-1113. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83054-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83054-2)

Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of animal science* 64:1548-1558. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>

Monção, F. P.; Costa, M. A. M. S.; Rigueira, J. P. S.; Sales, E. C. J.; Leal, D. B.; Silva, M. F. P.; Gomes, V. M.; Chamone, J. M. A.; Alves, D. D.; Carvalho, C. C. S.; Murta, J. E. J. and Júnior, V. R. R. 2020. Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and Production* 52:235-241. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>

Pahlow, G.; Muck, R. E.; Driehuis, F.; Oude-Elferink, S. J. W. H. and Spoelstra, S. F. 2003. p.31-93. Microbiology of ensiling. In: *Silage science and technology*. Buxton, D. R.; Muck, R. E. and Harrison, J. H., eds. American Society of Agronomy, Madison, WI. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>

Pereira, A. V.; Lédo, F. J. S. and Machado, J. C. 2017. BRS Kurumi and BRS Capiáçu – New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 17:59-62. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>

Pereira, D. M.; Correa, Y. R.; Santos, E. D.; Oliveira, J. S.; Ramos, J. P. F. and Paulino, R. S. 2019. Ensilagem de capins. p.237-275. In: *Ensilagem no nordeste do Brasil*. 2^a

ed. Santos, E. M.; Parente, H. N.; Oliveira, J. S. and Parente, M. O. M. ed. Edufma, São Luís, MA.

Pereira, A. V.; Oliveira, J. C.; Ledo, F. J. S.; Diniz, F. H.; Xavier, D. F.; Lanes, J. J. S. N.; Leite, J. L. B.; Paiva, P. C. A.; Arcuri, E. F.; Suzuki, L. S.; Bruneli, F. A. T.; Barbosa, V. S. C.; Sobrinho, F. S. and Gonçalves, V. 2021. BRS Capiaçú e BRS Kurumi: Cultivo e uso. Embrapa, Brasília, DF.

Retore, M; Alves, J. P.; Junior, M. A. P. O. and Mendes, S. S. 2020. Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú. Embrapa Agropecuária Oeste, No. 261. Dourados, MS.

Rodrigues, P. H. M.; Lopes, T. F. T.; Andrade, S. J. T.; Melotti, L.; Lucci, C. S.; Lima, F. R. and Meyer, P. M. 2003. Adição de inoculantes microbianos sobre a composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Acta Scientiarum. Animal Sciences 25:397-402. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v25i2.2080>

Sá, W. C. C. S.; Santos, E. M.; Oliveira, J. S.; Pinho, R. M. A.; Pereira, G. A.; Cruz, G. F. L. 2019. Considerações gerais sobre ensilagem. p.87-168. In: Ensilagem no nordeste do Brasil. Santos, E. M.; Parente, H. N.; Oliveira, J. S. and Parente, M. O. M. ed. Edufma, São Luís, MA.

Schmidt, P. 2006. Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar. Tese (Dr.). Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Shah, A. A.; Xianjun, Y.; Zhihao, D.; Junfeng, L. and São, T. 2018. Microbiological and chemical profiles of elephant grass inoculated with and without *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. Archives of microbiology, 200:311-328. <https://doi.org/10.1007/s00203-017-1447-1>

Silva, N.; Junqueira, V. C. A. and Silveira, N. F. A. 1997. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. Varela, São Paulo.

Silva, D. J. and Queiroz, A. C. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. UFV, Viçosa, MG.

Sniffen, J. D.; O'Connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G. and Russell, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science 70:3562-3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

Sollenberger, L. E.; Reis, F. A.; Nussio, L. G.; Chambliss, C. G.; Kunkle, W. E. 2004. Conserved forage. p. 355-387. In: Moser, L. E.; Burson, B. L.; Sollenberger, L. E. (Eds.). Warm season grasses. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.

Valente, T. N. P.; Detmann E.; Filho, S. C. V.; Queiroz, A. C.; Sampaio, C. B. and Gomes, D. I. 2011. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:1148-1154. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500029>

Van Soest, P. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Wilson, J. R. 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. *Journal Agriculture Science* 122:173-182. <https://doi.org/10.1017/S002185960008734>

Woolford, M. K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc. New York.

Zanine, A. M.; Santos, E. M.; Ferreira, D. J. and Gomes Pereira, O. 2007. Populações microbianas e componentes nutricionais nos órgãos do capim-tanzânia antes e após a ensilagem. *Semina: Ciências Agrárias*, 28: 143-150. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n1p143>

ANEXO I

Tabela 1- Composição química do capim BRS Capiacu nas diferentes idades de corte

Item (%)	Idades de corte (dias)		
	85	110	135
Matéria seca	16,8	21,9	26,0
Matéria orgânica	91,0	92,1	91,9
Cinza	9,0	7,9	8,1
Proteína bruta	6,1	5,4	3,9
Extrato etéreo	1,3	1,3	1,6
FDNcp	72,9	71,8	71,0
Fibra em detergente ácido	52,8	56,5	51,6
Carboidratos totais	83,6	86,4	86,4
Carboidratos não fibrosos	10,7	14,6	15,4
Hemicelulose	20,1	15,3	19,4
Lignina	11,2	13,8	12,4

FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína

Tabela 2 - Características fermentativas das silagens do capim BRS Capiacu em diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano

Item	Inoculante	Idade de corte (dias)			Média	EPM	P-valor		
		85	110	135			Inoculante	Idade de corte	Inoculante x idade de corte
pH	Com	3,79Ab	4,23Aa	4,26Aa	4,10	0,07	0,4002	<0,0001	0,0095
	Sem	3,50Bc	4,49Aa	4,13Ab	4,04				
Média		3,65	4,20	4,36					
N-NH ₃ (% NT)	Com	1,97Aa	2,17Aa	1,72Aa	1,95	0,08	0,5128	0,0005	0,0327
	Sem	2,50Aa	2,10Aa	1,50Ab	2,03				
Média		2,23	2,13	1,61					
Perdas por efluentes (kg t ⁻¹)	Com	165,14Aa	154,46Ab	93,58Bc	137,73	5,42	0,1753	<0,0001	0,0014
	Sem	150,95Aa	150,44Aa	135,19Aa	145,53				
Média		158,04	152,45	114,39					
Perdas por gases (% MS)	Com	2,48	0,41	0,44	1,11A	0,18	0,8266	0,0025	0,5000
	Sem	1,83	0,85	0,40	1,03A				
Média		2,16 ^a	0,63b	0,42b					
IRMS (% MS)	Com	73,99	89,12	87,29	83,47A	2,18	0,5732	<0,0001	0,1143
	Sem	75,14	83,60	89,09	82,61B				
Média		74,57b	86,36a	88,19a					

IRMS - Índice de recuperação de matéria seca; **EPM** - Erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK, ao nível de 5% de significância.

Tabela 3 - Perfil microbiológico das silagens do capim BRS Capiacu em diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano

Item (\log_{10} ufc g^{-1})	Inoculante	Idade de corte (dias)			Média	EPM	P-valor		
		85	110	135			Inoculante	Idade de corte	Inoculante x idade de corte
Bactérias ácido lácticas	Com	6,0	5,4	3,8	5,1A	0,25	0,2575	0,0005	0,8815
	Sem	6,2	5,9	4,8	5,5A				
Média		6,1a	5,7a	4,0b					
Mofos e leveduras	Com	3,4Ab	3,8Aab	4,6Aa	3,9	0,21	0,8008	0,5663	0,0137
	Sem	5,0Aa	3,7Aa	3,3Aa	4,0				
Média		4,2	3,7	4,0					

EPM – Erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK, ao nível de 5% de significância.

Tabela 4 - Composição química das silagens do capim BRS Capiacu em diferentes idades de corte e, aplicação de inoculante bacteriano

Item (%)	Inoculante	Idade de corte (dias)			Média	EPM	P-valor		
		85	110	135			Inoculante	Idade de corte	Inoculante x idade de corte
Matéria seca	Com	29,36Ac	30,55Ab	34,15Aa	31,35	0,38	0,5097	<0,0001	0,0223
	Sem	27,33Bc	31,67Ab	34,21Aa	31,07				
Média		28,35	31,11	34,21					
Cinza	Com	8,66Aa	6,97Bb	7,56Ab	7,73	0,12	0,0088	<0,0001	0,0053
	Sem	8,97Aa	8,29Ab	7,39Ac	8,21				
Média		8,81	7,63	7,47					
Proteína bruta	Com	5,21Aa	3,54Bb	3,32Ab	4,02	0,14	0,0297	<0,0001	<0,0001

	Sem	5,37Aa	4,61Ab	2,91Bc	4,28				
Média		5,26	4,08	3,12					
Extrato Etéreo	Com	1,32	0,89	0,79	1,00B	0,04	0,0497	<0,0001	0,1510
	Sem	1,29	1,01	1,02	1,11A				
Média		1,30a	0,95b	0,90b					
FDNcp	Com	68,59Ab	72,08Aa	71,91Aa	70,86	0,42	0,1345	<0,0001	0,0214
	Sem	68,83Ac	70,70Ab	71,96Aa	70,49				
Média		68,71	71,39	71,93					
FDA	Com	47,67	49,20	49,94	48,94A	0,20	0,0406	<0,0001	0,8647
	Sem	46,64	48,62	49,25	48,17B				
Média		47,15b	48,91a	49,60a					
Lignina	Com	8,54	9,00	10,50	9,35A	0,20	0,0833	<0,0001	0,4222
	Sem	7,88	9,00	10,04	8,97A				
Média		8,21c	9,00b	10,27a					

FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; FDA - Fibra em detergente ácido; EPM - Erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK, ao nível de 5% de significância.

Tabela 5 - Frações de carboidratos das silagens do capim BRS Capiacu sob diferentes idades de corte e aplicação de inoculante bacteriano

Item (%)	Inoculante	Idade de corte (dias)			Média	EPM	P-valor		
		85	110	135			Inoculante	Idade de corte	Inoculante x idade de corte
Carboidratos totais	Com	84,81Ab	88,58Aa	88,31Aa	87,23	0,39	0,0027	<0,0001	0,0004
	Sem	84,42Ac	86,07Bb	88,67Aa	86,39				

Média		84,61	87,33	88,49					
Fração A + B1	Com	16,50	16,00	16,40	16,29A	0,20	0,3641	0,1187	0,4350
	Sem	15,89	15,37	16,71	16,00A				
Médias		16,20a	15,68a	16,55a					
Fração B2	Com	47,31Ab	50,98Aa	47,71Ab	48,33	0,35	0,5600	0,0003	0,0131
	Sem	48,92Aa	49,10Ba	47,80Aa	48,61				
Média		48,11	50,04	47,25					
Fração C	Com	21,28	21,61	26,20	22,69A	0,46	0,0123	<0,0001	0,0955
	Sem	18,91	21,60	24,11	21,54B				
Média		20,09c	21,60b	24,65a					

A + B1 - Carboidratos altamente digestíveis; B2 - Carboidratos potencialmente digestíveis; C - Carboidratos não digestíveis; EPM - Erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK, ao nível de 5% de significância