



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

ALONSO DOS SANTOS SEVERO

VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA
COLHIDA EM DIFERENTES IDADES E ADITIVADAS COM GRÃOS DE MILHO
MOÍDO

FORTALEZA

2025

ALONSO DOS SANTOS SEVERO

VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA
COLHIDA EM DIFERENTES IDADES E ADITIVADAS COM GRÃOS DE MILHO
MOÍDO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Prof.^a Lays Débora Silva Mariz.
Coorientador: Prof. Aníbal Coutinho do Rêgo.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S525v Severo, Alonso dos Santos.

VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA COLHIDA EM
DIFERENTES IDADES E ADITIVADAS COM GRÃOS DE MILHO MOÍDO / Alonso dos Santos
Severo. – 2025.

39 f. : il.color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Lays Débora Silva Mariz.

Coorientação: Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo.

1. Aditivo. 2. Manihot esculenta Crantz. 3. Maturidade. 4. Sequestrante de umidade. I. Título.
CDD 636.08

ALONSO DOS SANTOS SEVERO

VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA
COLHIDA EM DIFERENTES IDADES E ADITIVADAS COM GRÃOS DE MILHO
MOÍDO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Zootecnia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Zootecnia.

Aprovado em: 18 / 07/ 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Aníbal Coutinho do Rêgo (coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Marcus Vinicius Santa Brígida Cardoso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Francisca Debora da Silva Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Ao meu pai, Joana, minha mãe, meus irmãos, a Ceíça por todo o apoio durante esses anos.

Aos meus amigos que estiveram comigo durante estes anos da graduação e aos demais que contribuíram para que esse momento fosse possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por toda força, livramentos e coragem para enfrentar esta jornada.

Aos meu pai por todo apoio que me deu durante estes anos, sempre estando a disposição para tudo que eu precisasse.

A Ceixa que me deu moradia e apoio em sua casa durate todos esses anos de graduação, muito obrigado.

A minha mãe por todo apoio.

A minha madrastra, Joana por todo o cuidado e carinho que tem por mim.

Aos meus irmãos Alex, Alan e Alana por todo o incetivo e apoio que me deram durante essa jornada.

Ao meu amigo e irmão Erilson, por todo apoio desde o ensino fundamental.

Ao meu tio Arlindo por todo apoio que me deu durante esse período.

Ao grupo da conservação em especial Helen, Silvio e Debora que sempre estiveram a disposição para me ajudar quando precisei.

Aos meus professores orientadores Lays e Aníbal, que sempre estiveram juntos comigo nesta jornada.

Ao Marcus Cardoso que também foi um grande orientador durante esse período de graduação, que nunca mediu esforços para me ajudar, meu muito obrigado.

Aos meus amigos da graduação Alex, Milena, Pâmela, Sávio e Ester, com vocês a graduação tornou-se mais leve.

Também gostaria de deixar os meus agradecimentos aos meus amigos Marcelo Viana, Yara Lage e Lucas Fonseca.

Aos professores Aderson e Patrícia.

E aos demais todos os professores do departamento de Zootecnia que contribuíram com a minha formação.

Aos meus amigos da Agronomia Eleyse, Paulo Victor, Jhonas, Miriane e Ingrid Cristine.

A todos acima, meu muitíssimo obrigado!

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.” (Eclesiastes 3:1)

RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem se tornado uma boa alternativa para produção de silagem em regiões semiáridas. Contudo, apresenta alta umidade no momento da colheita, o que torna necessário a utilização de aditivos (e.g. milho moído). Objetivou-se avaliar o efeito do grão de milho moído como aditivo na silagem da parte aérea da mandioca (SPAM) colhida em diferentes maturidades, sobre as características fermentativas, químicas e microbiológicas. Os tratamentos foram: SM-90 (SPAM colhida a 90 d, sem milho); SM-120 (SPAM colhida a 120 d, sem milho); SM-150 (SPAM colhida a 150 d, sem milho); CM-90 (SPAM colhida a 90 d, com milho); CM-120 (SPAM colhida a 120 d, com milho); CM-150 (SPAM colhida a 150 d, com milho). Foi adicionado 15% de grão de milho moído com base no peso total da silagem. Cada tratamento teve quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Baldes plásticos (12 L) foram utilizados como silos experimentais. Foi compactado, em média, $8,718 \pm 0,248$ kg de silagem (densidade de $726,46 \pm 20,70$ kg m⁻³). Os silos foram abertos após 60 d de estocagem. As médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, a 5% de significância. Houve efeito da idade ($P < 0,001$) na contagem de bactérias do ácido lático, com maiores contagens nas silagens de plantas colhidas com 120 e 150 d. Houve efeito do aditivo ($P = 0,006$) na contagem de leveduras e bactéria aeróbia esporulante, sendo maiores nas silagens sem aditivo. Houve efeito ($P = 0,011$) do aditivo na estabilidade aeróbia, onde as silagens com aditivo tiveram menor estabilidade. Houve efeito ($P = 0,025$) da idade nas perdas de matéria seca (PMS), sendo menores nas silagens de plantas colhidas com 90 e 120 d. Houve efeito da idade ($P = 0,001$) e do aditivo ($P < 0,001$) na concentração de matéria seca (MS), sendo maior nas silagens colhidas com 150 d. Maior MS foi observada na silagem com aditivo. Houve efeito ($P < 0,005$) da idade, do aditivo e da interação idade $\times$ aditivo nas concentrações de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN). A inclusão do aditivo nas silagens colhidas com 90, 120 e 150 d resultou em menor PB e menor FDN em comparação às outras silagens colhidas nas mesmas idades, sem aditivo. A inclusão do grão de milho moído favoreceu o processo fermentativo, reduzindo as contagens de fungos e leveduras e as PMS, melhorando o perfil nutricional, porém reduzem a estabilidade aeróbia do alimento.

Palavras-chave: aditivo; *Manihot esculenta* Crantz; maturidade; sequestrante de umidade.

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) has become a good alternative for silage production in semiarid regions. However, it presents high-moisture content at harvest, which requires the use of additives (e.g., ground grain corn). The objective of this study was to evaluate the effect of ground grain corn as additive to silage of aerial part of cassava (APC) harvested at different maturities on the fermentation, chemical, and microbiological characteristics. The treatments were: SM-90 (APC harvested at 90 d, without corn); SM-120 (APC harvested at 120 d, without corn); SM-150 (APC harvested at 150 d, without corn); CM-90 (APC harvested at 90 d, with corn); CM-120 (APC harvested at 120 d, with corn); CM-150 (APC harvested at 150 d, with corn). A total of 15% ground grain corn was added based on the total silage weight. Each treatment consisted of four replicates, totaling 24 experimental units. Plastic buckets (12 L) were used as experimental silos. On average, 8.718 ± 0.248 kg of silage was compacted (density of 726.46 ± 20.70 kg m⁻³). The silos were opened after 60 d of storage. The means were compared using Tukey's test at 5% significance. There was an effect of maturity ($P < 0.001$) on the lactic acid bacteria count, with higher counts in silages harvested at 120 and 150 d. There was an effect of the additive ($P = 0.006$) on the yeast and aerobic spore-forming bacteria count, where higher counts were observed in silages without additive. There was an effect ($P=0.011$) of the additive on aerobic stability, with silages with additive having lower stability. There was an effect ($P=0.025$) of maturity on dry matter losses (DML), which was lower in silages harvested at 90 and 120 d. There was an effect of maturity ($P=0.001$) and additive ($P<0.001$) on DM concentration, which was higher in silages harvested at 150 d. Higher dry matter (DM) was observed in silage with additive. There was an effect ($P<0,05$) of maturity, additive, and maturity $\times$ additive interaction on crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) concentration. The additive in silages harvested at 90, 120, and 150 resulted in lower CP and lower NDF than silages harvested at the same maturity, without additive. The inclusion of ground corn grain favored the fermentation process, reducing fungal and yeast counts and PMS, improving the nutritional profile, but reducing the aerobic stability of the feed.

Keywords: additive; *Manihot esculenta* Crantz; maturity; humidity sequestrant.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Maturidade Fisiológica da Mandioca	13
2.2	Silagem da Parte Aérea da Mandioca (SPAM)	14
2.3	Uso de aditivos na SPAM	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Localização do experimento	17
3.2	Caracterização dos tratamentos.....	17
3.5	Perfil fermentativo.....	19
3.6	Estabilidade.....	19
3.7	Caracterização morfológica.....	20
3.8	Análise estatística.....	20
4	RESULTADOS.....	22
5	DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

A mandioca é uma das culturas mais antigas no Brasil originada principalmente na região Nordeste e Central do Brasil (Pestana; Castro, 2015). É uma cultura que apresenta baixo custo de produção, bem como uma boa produtividade, o que tem despertado o interesse pelos produtores, especialmente na região Nordeste do Brasil. Nos últimos anos, estudos tem relatado a utilização da cultura da mandioca e seus derivados como fonte alternativa na alimentação de animais ruminantes em regiões tropicais, que muitas vezes são matérias descartados (WANAPAT *et al.*, 2015).

A parte aérea da mandioca (PAM) é um material que apresenta baixa concentração de matéria seca (MS) no momento da colheita (Carvalho, 1983) e que pode ocasionar em perdas nutricionais no alimento fermentado (e.g. silagem). É sabido que concentrações de MS entre que 20 – 25% ocasionam problemas durante a fermentação do alimento (produção de efluentes, atividade de *Clostrídeos*), em virtude da alta umidade, acarretando em grandes perdas de MS durante a estocagem. Estratégias que visem aumentar a concentração de MS da cultura no momento da ensilagem são importantes, garantindo uma melhor fermentação, bem como maior preservação do valor nutricional do alimento.

A idade da planta no momento da colheita pode ser uma estratégia que visa a retirada das plantas da lavoura com maiores concentrações de MS. De acordo com (Moreira *et al.*, 2017), a PAM quando ensiladas de 4 a 6 meses após o plantio, tendem a possui um teor de MS em torno de 21 a 23%. Por outro lado, a PAM quando colhida acima de 12 meses após o plantio tendem a apresentação uma concentração de MS maior, devido a menor participação de folhas em relação a parte aérea da planta no momento da colheita (Deschamps, 1999). Segundo Jobim *et al.* (2009), concentrações de MS entre 28 e 40% proporcionam uma adequada fermentação do material ensilado e maiores idades de colheita possivelmente podem auxiliar no aumento da concentração de MS da cultura.

O uso de aditivos sequestrantes de umidade (e.g. grão de milho moído) também podem auxiliar na melhor fermentação da planta ensilada com baixo teor de MS. Tais aditivos são responsáveis por aumentar a concentração de MS da forragem com a adição de ingredientes secos (>85% MS), garantindo assim um melhor perfil de fermentação ao longo da estocagem, reduzindo as perdas ao final do processo fermentativo e melhorando o perfil nutricional do alimento. A associação entre a idade da planta e o uso de aditivos sequestrantes de umidade pode ser uma boa alternativa para melhorar o perfil fermentativo e nutricional de silagens da PAM.

Com a inclusão do milho, além de favorecer uma melhor fermentação, surge como alternativa a formulação de um novo produto, a Ração em Mistura Parcial (PMR). Conforme, Dos Santos (2025), A ração parcial (Partial Mixed Ration – PMR), também conhecida como ração parcial, representa uma importante estratégia nutricional para otimizar a eficiência dos sistemas de produção animal. Ademais, essa técnica em regiões tropicais surge como uma alternativa permitindo a aquisição de insumos, como o milho, em períodos de safra, possibilitando a ensilagem do material em épocas de menor custo, o que contribui para aproveitar a época de menor custo do produto, possibilitando produzir um alimento com melhor valor nutricional e garantir uma reserva de alimento para os períodos de escassez ao longo do ano.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da adição do grão de milho moído na silagem da parte aérea da mandioca colhida em diferentes maturidades sob as características químicas, fermentativas, microbiológicas e estabilidade aeróbia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Maturidade Fisiológica da Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), é uma cultura cultivada em diferentes regiões do Brasil, sendo uma forrageira adaptável nas diversas condições de solo e pluviosidade, (Marx, 2018). Além disso, é utilizado tanto na alimentação humana como animal, sendo que as raízes é o principal produto, com maior valor agregado (Vieira *et al.*, 2011).

As fases do desenvolvimento fisiológico da planta é dividido em 4 estágios: Emergência, onde inicia as primeiras brotações após o plantio das manivas, estágio vegetativo, que é o momento do crescimento da parte aérea, o estágio reprodutivo, início do florescimento e por último a fase de dormência, período que caracteriza pelo momento que a planta paralisa o crescimento, alcançando o máximo acúmulo de amido (Thomas, 2016).

A utilização da PAM na alimentação animal, tem buscado avaliar alguns pontos como da maturidade fisiológica da planta ao longo do seu ciclo produtivo, para se utilizar na alimentação animal e ter um bom valor nutritivo para o animal. Deschamps (1999) relatou que no avanço da maturidade fisiológica, as plantas forrageiras crescem acumulando maior quantidade de matéria seca e são acompanhadas pelo espessamento e lignificação da parede celular, ganhando assim altura pelo alongamento do caule e das folhas. Desta forma, a época de corte é fundamental, para avaliar o teor de MS e fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA), permitindo um alimento de boa qualidade.

A FDN é composta pela hemicelulose, celulose e lignina, enquanto a FDA é composta pela celulose e lignina. À medida que avança a maturidade fisiológica das plantas, tem aumento no conteúdo de hemicelulose, celulose e lignina das plantas reduzindo potencialmente a porção digestível da planta (Reis *et al.*, 2005). Dessa forma, deve-se avaliar a idade de colheita da mandioca, sendo que as plantas mais velhas irão apresentar uma maior proporção de FDN e FDA, reduzindo potencialmente a digestibilidade do material. Isso ressalta a importância da realização de podas da PAM em plantas mais jovens ao longo do seu ciclo produtivo, visando a colheita de um material com uma maior fração digestível.

De acordo com Nunes Irmão *et al.* (2008), a PAM com mais de 16 meses de idade não é recomendada está utilizando na alimentação de ruminantes, em virtude de menor qualidade nutricional, afetando principalmente o teor de proteína da planta, tendo um aumento da indisponibilidade de nitrogênio na planta. Estudos realizados por Silva *et al.* (2010) observaram que o avanço da maturidade da planta de mandioca, tendeu aumentar o teor de

matéria seca devido ao aumento das proporções das frações fibrosas e lignificação dos tecidos e da relação haste e folha.

2.2 Silagem da Parte Aérea da Mandioca (SPAM)

A silagem é uma técnica que consiste na preservação dos nutrientes da forragem por ação de ácidos orgânicos, como o ácido lático, produzidos pela atividade fermentativa de bactérias em condições anaeróbicas dentro do silo, levando a queda do pH e inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis (Reis; Moreira, 2017). Dessa forma, surge como uma boa alternativa de conservar as propriedades das forrageiras, garantido uma material com boa qualidade para utilizar durante os períodos de escassez de alimentos nas regiões tropicais, garantindo a produtividade e viabilidade econômica dos sistemas produtivos.

Em regiões que sofre com a escassez de alimentos ao longo do ano em virtude da menor pluviosidade, torna-se um desafio manter a viabilidade econômica e produtividade do rebanho ao longo dos 12 meses do ano, dessa forma, a ensilagem da Parte Aérea da Mandioca (PAM), tem sido uma ótima alternativa para evitar esse déficit de alimentos na alimentação animal ao longo do período de maior escassez de pasto (Tinini *et al.*, 2021).

Dessa forma, silagem de PAM mais comum em ser utilizada na alimentação animal é a parte do terço superior da planta, após a colheita das raízes e uma parte ser destinada para mudas para plantar novas áreas (Modesto *et al.*, 2004). Conforme os estudos de Martins (2021), a PAM pode ser utilizada para alimentação animal, quando a colheita é realizada ao final do ciclo, como também quando é realizada uma poda em lavouras bianuais.

De acordo com Azevedo *et al.*, (2006), é um alimento rico em proteínas e vitaminas, sendo que na grande maioria das vezes são matérias desperdiçadas no campo. Seu valor nutricional abre espaço para inserir na alimentação animal e reduzir os custos de produção (Modesto, 2004). Dessa forma, observa-se, uma cultura com grande potencial de ser utilizado na alimentação animal em regiões tropicais, ainda levando em consideração sua versatilidade quanto a solos e pluviosidade.

Para se obter um bom processo fermentativo na ensilagem, fatores como MS, teor de carboidratos solúveis e o poder tampão são necessários. Ainda que a cultura da mandioca se destaque entre uma das culturas alternativas na alimentação animal em regiões tropicais, tais características supracitadas não são bem atendidas para essa cultura. Plantas colhidas mais jovens tendem a apresentar baixo teor de MS, o que pode comprometer o processo de

fermentação. A parte aérea da mandioca quando colhidas ao realizar uma poda nos primeiros 150 dias, pode apresentar em torno de 17% de MS.

Desta forma, ao analisar esse número e associar a recomendação de McDonald *et al.* (1991), para se obter uma boa silagem, as plantas devem atender algumas condições para um bom processo fermentativo, como quantidades adequadas de substratos fermentescíveis (6-8% de carboidratos solúveis na MS), poder tampão relativamente reduzido e porcentagem de MS em média de 30%.

Desta forma, é necessário a modificação do teor de MS para evitar perdas. Conforme Borreani *et al.*, (2018), baixo teor de MS causa perdas e reduz a qualidade da forragem fermentada ao final do processo. Ensilar plantas com alta umidade aumenta a quantidade de efluentes, consequentemente tendo um alimento com menor qualidade nutricional (Bernardes; Rêgo, 2014).

Esse alto teor de umidade da PAM ao ensilar favorece o crescimento das bactérias do gênero *clostridium* e a ação desses microrganismos na ensilagem favorece a formação de ácido butírico, na qual é um produto indesejado na silagem. A presença desse ácido tanto atua na redução do consumo dos animais pelo cheiro, como a redução na qualidade nutricional do alimento (Jobim; Nussio, 2013).

2.3 Uso de aditivos na SPAM

Um dos limitantes da SPAM é o baixo teor de MS que pode vir a ocasionar perdas durante o processo fermentativo. Bolsen *et al.*, (1995) afirma que materiais com teor de MS abaixo de 25% é necessário a utilização de aditivos sequestrantes de umidade para se ter um melhor padrão fermentativo e evitar a produção de compostos indesejáveis no alimento. Dessa forma, os principais aditivos sequestrantes de umidade que são utilizados em silagens em regiões tropicais são coprodutos das agroindústrias da região, como os grãos de cereais (Silva, *et al.*, 2024).

Além disso, durante a escolha de um bom aditivo sequestrante de umidade deve-se levar em consideração de ter boa capacidade de retenção de água, elevado teor de matéria seca, fácil aquisição e boa aceitabilidade, conforme Andrade *et al.* (2010). Portanto, o milho surge como uma alternativa para ser utilizado como sequestrante de umidade nas silagens de parte aérea da mandioca, visto que atende esses requisitos de um bom sequestrador de umidade, fácil disponibilidade e principalmente pelo seu teor de matéria seca que alcança em torno de 87% (CQBAL 4.O, 2025).

Dessa forma, quando os aditivos são usados nas quantidades corretas, conseguem elevar o teor de matéria seca do material e, dependendo do tipo de aditivo, melhora o valor nutritivo do alimento, reduzindo perdas por fermentações indesejáveis e produção de efluentes (Santos *et al.*, 2010).

Coforme, Takaia, *et al.*, (2023), ao utilizar o milho como sequestrante de umidade na silagem da parte aérea da mandioca, os resultados foram satisfatório quanto ao teor de MS, mostrando-se um aditivo eficiente como sequestrador de umidade. (Andrade *et al.*, 2021), trabalhando com silagem da terço superior da mandioca com a inclusão de 25% de grão de milho moído, observou que foi eficiente em amentar o teor de MS do material e melhorou outras características fermentativas e o valor nutricional do alimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado em uma propriedade situada no município de Boa Viagem, no estado do Ceará (4°50'54.5"S , 39°40'15.1" m de altitude), em Junho de 2024. O clima, é classificado como Tropical quente semi-árido, com precipitação média de 600 mm e temperatura média de 30 °C (Alvares *et al.*, 2014). A lavoura de mandioca (*Manihot esculenta* var. Cacau) foi plantada em Janeiro, Fevereiro e Março de 2024 e foram colhidas em Junho de 2024, em condição de sequeiro. Cada plantio será referente à uma idade em que a planta foi colhida, sendo elas: 90 dias (Março a Junho), 120 dias (Fevereiro a Junho) e 150 dias (Janeiro a Junho). As plantas foram colhidas à 30 cm de altura do solo e picadas em máquina picadora (NOGUEIRA JR).

3.2 Caracterização dos tratamentos

Para a confecção dos tratamentos foi utilizada a silagem da parte aérea da mandioca (SPAM) com e sem adição de grão de milho moído. O delineamento foi inteiramente casualizado, com fatorial 3x2, sendo ensiladas parte aérea da mandioca, em três idades diferentes (90, 120 e 150 dias), com e sem adição de grão de milho moído (91 % MS). Os tratamentos com adição de milho tiveram 15% de grão do peso total da silagem, em função da matéria fresca, sendo eles: SM-90 (SPAM colhida a 90 dias, sem milho); SM-120 (SPAM colhida a 120 dias, sem milho); SM-150 (SPAM colhida a 150 dias, sem milho); CM-90 (SPAM colhida a 90 dias, com milho); CM-120 (SPAM colhida a 120 dias, com milho); CM-150 (SPAM colhida a 150 dias, com milho). Cada tratamento tem quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Baldes plásticos, com capacidade de 12 litros, foram utilizados como silos experimentais, onde foi compactada, em média, $8,718 \pm 0,248$ kg de silagem, alcançando uma densidade de $726,46 \pm 20,70$ kg m³. Durante a ensilagem, foram coletadas amostras para caracterização do material fresco. Os silos foram abertos após 60 dias, a camada superficial com sinais de deterioração foi removida e amostras foram coletadas e armazenadas em freezer (-20 °C) para posteriores análises.

3.3 Análises químicas

As amostras foram processadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) pertencente à Universidade Federal do Ceará. Inicialmente, as amostras foram pré-secas em estufa por 72 h a 55 °C, sendo posteriormente moídas em moinho de faca (tipo Willey), com peneira com crivo de 1 mm de diâmetro. As amostras moídas foram levadas para estufa de secagem definitiva (105°C) por 16 h para determinar a concentração de matéria seca (MS; método G-003/1; INCT, 2021) e posteriormente para um forno mufla (600 °C/4 h) para determinação da matéria mineral (MM; método M-001/2; INCT, 2021). O teor de matéria orgânica (MO) foi calculada pela equação:

$$MO = 100 - MM$$

A concentração de nitrogênio total (NT) foi determinado pelo método Kjeldahl (método N-001/2; INCT, 2021) e a concentração de proteína bruta (PB) pelo $NT \times 6,25$. A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) foi definida segundo o método F-002/2 (INCT, 2021), utilizando enzima α -amilase termoestável, enquanto a concentração de fibra em detergente ácido (FDA) foi obtida pela método F-004/2 (INCT, 2021).

3.4 Composição microbiológica

Foram realizadas análises microbiológicas da forragem fresca antes da ensilagem e das silagens após o período de estocagem. Foram realizadas as contagens de bactérias aeróbias esporulantes (BAE), enterobactérias (ENT), bactérias ácido lácticas (BAL), leveduras e fungos filamentosos. Um extrato aquoso foi preparado por meio da adição de 25 g da forragem e das silagens, e 225 mL de água peptonada (0,1%) estéril. Os extratos foram homogeneizados manualmente por 5 minutos.

Para a contagem dos microrganismos, o extrato foi submetido a diluições decimais seriadas de 10^{-1} até 10^{-6} e, posteriormente, foram retiradas alíquotas de 0,1 ml de cada diluição e inoculadas em placas de petri contendo o meio de cultura referente ao microrganismos que foi analisado, utilizando a técnica de plaqueamento em superfície. Para a contagem BAE foi utilizado o meio Ágar Nutriente (KASVI®), onde o extrato foi previamente aquecido em banho maria a 80 °C por 10 minutos. A contagem de ENT foi realizado em meio Violet Red Bile Lactose Agar (KASVI®) com adição de nistatina (4mL/L). A contagem de BAL foi realizado em meio MRS Ágar (KASVI®) com adição de nistatina (4mL/L) e a contagem de leveduras e

fungos filamentosos foi realizado em meio Batata Dextrose Agar (KASVI®) acrescido com ácido tartárico (1,5 mL/100 mL), sendo a diferenciação entre fungos filamentosos e leveduras realizada com base nas características morfológicas das colônias. As BAE foram incubadas a 36 °C por 24 h, as ENT incubadas a 36 °C por 24 h, as BAL a 36 °C por 72 h e as leveduras e fungos filamentosos a 26 °C por 72 e 120 h, respectivamente.

3.5 Perfil fermentativo

Para determinação do pH, 25 gramas de silagem fresca foram colocadas em um becker com 100 mL de água destilada (BOLSEN *et al.*, 1992). Posteriormente, a amostra foi homogeneizada com bastão de vidro e após 15 minutos, foi realizada leitura do pH com auxílio de um pHmetro de bancada digital, modelo PHB-550 (INCOTERM®). Para análise do nitrogênio amoniacal, foi utilizado o método de reação colorimétrica de indofenol catalisada (Método N-006/1). A recuperação da matéria seca (RMS) foi determinada pela equação descrita por Jobim *et al.* (2007):

$$RMS = \frac{(MFab \times MSab)}{(MFfe \times MSfe)} \times 100$$

Onde:

RMS = índice de recuperação de matéria seca;

MFab= massa de forragem na abertura (g);

MSab= concentração de MS (g/kg) na abertura;

MFfe = massa de forragem na vedação (g);

Msfe = concentração de MS (g/kg) da forragem na vedação.

As perdas de MS (PMS) foram obtidas a partir pela diferença entre a MS total (100%) menos a RMS.

3.6 Estabilidade

No ensaio de estabilidade foram utilizados 3 kg de silagem em baldes plásticos de 15 L, os quais foram cobertos com folha de papel alumínio para evitar perda excessiva de umidade e contaminação por elementos externos. Os baldes foram mantidos em uma sala

fechada por 10 dias. A temperatura da sala e das silagens foi registrada a cada 30 minutos, por meio de *dataloggers* localizados ao redor da sala e inseridos no centro da massa de silagem. A estabilidade aeróbia foi definida como o número de horas que a silagem permaneceu estável antes de atingir 2°C acima da temperatura ambiente (Moran *et al.*, 1996). A partir da avaliação, foram determinadas as variáveis: estabilidade aeróbia (EA, em h); tempo para a silagem atingir a temperatura máxima (THMAX, em h); temperatura máxima (TMAX, em °C); e amplitude (AMP), obtida pela diferença entre a temperatura máxima atingida pela silagem e temperatura mínima. Para avaliação do pH durante a estabilidade foi usada a metodologia de (Bolsen, et al., 1992).

3.7 Caracterização morfológica

Para caracterização do material in natura, foi feita amostragem nas três lavouras com 90, 120 e 150 dias e retirados plantas aleatoriamente dentro das áreas. Em seguida foi realizado a separação manualmente de cada porção da planta e ao final foram pesadas para saber a a porcentagem de cada porção da planta.

3.8 Análise estatística

Todos os dados referentes à contagem microbiana foram transformados em unidades de logaritmo. Os dados foram submetido aos testes de normalidade dos erros e homogeneidade de variância pelos testes de Cramer-von Mises e Brown e Forsythe's, respectivamente.

Para análise dos dados do perfil fermentativo, composição química, perfil microbiológica, estabilidade aeróbia, foi empregado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + A_j + (I * A)_{ij} + e_{ijk}$$

Onde: Y_{ijk} = observação das variáveis resposta para o tratamento “i” com a adição do aditivo “j”.

μ = média geral;

I_i = efeito de idade i, sendo i = 90, 120 e 150 dias;

A_j = efeito do aditivo j, sendo j = com ou sem grão de milho moído;

$(I \times A)_{ij}$ = efeito da interação da idade i do aditivo j;

e_{ijk} = erro aleatório.

Para os dados de pH durante a estabilidade, foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + I_i + A_j + T_k + (I \times A)_{ij} + (I \times T)_{ik} + (A \times T)_{jk} + (I \times A \times T)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Onde: Y_{ijkl} = observação das variáveis resposta para o tratamento “i” com a adição do aditivo “j”, no tempo “k”.

μ = média geral;

I_i = efeito de idade i, sendo i = 90, 120 e 150 dias;

A_j = efeito do aditivo j, sendo j = com ou sem grão de milho moído;

T_k = efeito do tempo k, sendo k = 1, 2, 3 ... 10 dias;

$(I \times A)_{ij}$ = efeito da interação da idade i do aditivo j;

$(I \times T)_{ik}$ = efeito da interação da idade i do tempo k;

$(A \times T)_{jk}$ = efeito da interação do aditivo j do tempo k;

$(I \times A \times T)_{ijk}$ = efeito da interação da idade i do aditivo j e o tempo k ;

e_{ijk} = erro aleatório.

As médias foram calculadas utilizando o programa estatístico SISVAR e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4 RESULTADOS

Os dados de composição morfológica da PAM, parâmetros fermentativos, microbiologia e composição química de cada tratamento e do grão de milho moído antes do processo de ensilagem estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Microbiologia, pH, composição química dos tratamentos e do grão de milho moído no momento da ensilagem e caracterização morfológica da PAM aos 90, 120 e 150 dias.

Variáveis ¹	Tratamentos ²						Milho
	SM-90	CM-90	SM-120	CM-120	SM-150	CM-150	
Microbiologia (log UFC) e pH							
BAL	5,067	4,224	6,033	6,049	3,540	4,602	6,100
LEV	2,439	2,451	2,243	1,866	3,102	2,536	1,000
FUN	1,602	2,128	1,812	2,175	1,602	2,073	2,172
ENT	3,428	3,942	4,372	3,076	3,196	4,248	2,842
BAE	2,544	2,079	2,491	2,079	1,954	2,771	1,602
pH	5,73	5,79	5,62	5,71	5,71	5,87	
Composição química (%MS)							
MS (%MF)	17,10	28,00	18,17	26,97	18,94	33,44	91,4
MM	8,81	5,98	10,41	6,58	11,44	6,37	1,46
MO	91,19	94,02	89,59	93,42	88,56	93,63	98,54
PB	18,2	12,45	16,18	11,85	13,52	11,75	7,75
FDN	42,94	29,98	44,95	33,89	51,92	30,91	14,8
FDA	21,77	15,18	26,27	17,1	28,96	15,16	2,84
Caracterização morfológica da PAM ³ (kg)							
	90 dias		120 dias		150 dias		
Pecíolo	19,51		14,56		12,98		
Folíolo	34,76		27,53		24,79		
Material senescente	0,00		2,53		2,02		
Caule	45,73		55,38		60,20		

Fonte: elaborada pelo autor.

¹BAL= Bactérias ácido-láticas; LEV=Leveduras; FUN: Fungos; ENT= Enterobactérias; BAE=Bactérias esporulantes; MS= Matéria seca; MF = massa fresca; MM= Matéria mineral; MO= Matéria orgânica; PB=Proteína bruta; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido. ²SM-90= SPAM colhida a 90 dias, sem milho; SM-120= SPAM colhida a 120 dias, sem milho; SM-150= SPAM colhida a 150 dias, sem milho; CM-90= SPAM colhida a 90 dias, com milho; CM-120= SPAM colhida a 120 dias, com milho; CM-150= SPAM colhida a 150 dias, com milho. ³PAM= parte aérea da mandioca.

A tabela 2 mostra os resultados de microbiologia, pH e nitrogênio amoniacal das silagens. Não houve efeito ($P>0,005$) dos fatores e sua interação sobre a contagem de fungos filamentosos. Houve efeito da idade ($P<0,001$) na contagem de BAL, onde maiores contagens foram observadas nas silagens de plantas colhidas com 120 e 150 dias em comparação às

plantas colhidas com 90 dias. Houve efeito do aditivo ($P=0,006$) na contagem de leveduras e BAE, onde as maiores contagens foram observada nas silagens sem aditivo em comparação às que tinham o aditivo.

Tabela 2 - Contagem de microrganismos, pH e teor de nitrogênio amoniacal da silagem de PAM com e sem inclusão de aditivo.

Idade (dias)	Aditivo ¹		Média	P-valor ²		
	CM	SM		I	A	I × A
BAL ³ (log UFC)						
90	4,223	4,320	4,272 B	<0,001	0,757	0,897
120	5,565	5,342	5,454 A			
150	6,723	6,572	6,648 A			
Média	5,504	5,411				
Fungo filamentoso (log UFC)						
90	1,000	1,000	1,000	0,120	0,139	0,120
120	1,000	2,309	1,654			
150	1,000	1,000	1,000			
Média	1,000	1,436				
Levedura (log UFC)						
90	2,368	2,524	2,445	0,243	0,006	0,203
120	1,260	2,681	1,970			
150	1,000	2,509	1,754			
Média	1,542 b	2,571 a				
BAE ⁴ (log UFC)						
90	1,951	2,076	2,014	0,119	0,030	0,123
120	1,745	2,696	2,221			
150	1,670	1,830	1,750			
Média	1,789 b	2,201 a				
pH (abertura)						
90	3,60 bA	3,89 aA	3,74 A	< 0,001	< 0,001	<0,001
120	3,44 bC	3,53 aC	3,48 B			
150	3,56 bB	3,66 aB	3,60 B			
Média	3,53 b	3,69 a				
N-NH ₃ ⁵ (% NT)						
90	5,67	4,00	4,84	0,059	< 0,001	0,838
120	4,56	3,35	3,95			
150	5,22	4,29	4,91			
Média	5,25 a ^a	3,88 b				

Fonte: elaborado pelo autor

¹CM= Com milho; SM= Sem milho. ²I= Idade; A= Aditivo; I×A= Interação idade × aditivo. ³BAL= Bactérias ácido láctica; ⁴BAE= Bactérias aeróbias esporulantes; ⁵N-NH₃ (%NT)= Nitrogênio amoniacal em % do nitrogênio total. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna iguais, respectivamente, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve efeito da idade ($P<0,001$) e do aditivo ($P<0,001$) e interação idade $\times$ aditivo ($P<0,001$) em relação ao pH. O menor pH foi observado nas silagens colhidas com 120 e 150 dias em comparação a 90 dias, enquanto o maior pH foi observado nas silagens sem aditivo. A inclusão do milho moído como aditivo nas silagens colhidas com 90, 120 e 150 dias resultou em menor pH em comparação às outras silagens colhidas nas mesmas idades, sem aditivo. Silagens colhidas a 120 dias com e sem a inclusão do milho moído tiveram menor pH em comparação às silagens colhidas a 90 e 150 dias, com ou sem a inclusão do aditivo. Houve efeito do aditivo ($P<0,001$) na concentração de $N-NH_3$, onde maior concentração de $N-NH_3$ foi observado na silagem com aditivo em comparação à silagem sem aditivo.

A tabela 3 apresenta os resultados de estabilidade, temperatura máxima e PMS das silagens. Houve efeito ($P=0,011$) do aditivo na estabilidade aeróbia. As silagens que continham aditivo tiveram menor estabilidade em relação às que não tinham aditivo. Houve efeito do aditivo ($P=0,002$) na temperatura máxima, onde maior temperatura foi observada na silagem com aditivo em comparação à silagem sem aditivo. Houve efeito ($P=0,025$) da idade nas PMS. As silagens de plantas colhidas com 90 e 120 dias foram as que apresentaram menores PMS.

Tabela 3 - Estabilidade, amplitude e PMS na silagem de PAM com e sem aditivo.

Idade (dias)	Aditivo ¹		Média	P-valor ²		
	CM	SM		I	A	I × A
Estabilidade (h)						
90	228	234	231	0,100	0,011	0,202
120	215	240	227			
150	181	231	206			
Média	208 b	235 a				
Amplitude (°C)						
90	12,80	3,10	7,60	0,099	0,002	0,090
120	7,90	1,30	4,60			
150	4,00	3,30	3,50			
Média	8,23 a	2,57 b				
PMS (%MS)						
90	2,67	1,27	1,97 B	0,025	0,716	0,134
120	1,00	3,07	2,03 B			
150	5,30	3,75	4,52 A			
Média	1,54 b	2,57 a				

Fonte: elaborado pelo autor

¹CM= Com milho; SM= Sem milho. ²I= Idade; A= Aditivo; I $\times$ A= Interação idade x aditivo.; ³PMS= Perdas de matéria seca. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A tabela 4 mostra os resultados de pH durante a estabilidade aeróbia (EA). Houve efeito da idade ($P<0,001$), tempo ($P<0,001$), interação aditivo $\times$ idade ($P<0,001$) e aditivo $\times$ tempo ($P<0,001$) sobre o pH na EA. O menor pH observado foi na silagem com 120 dias em comparação as silagens com 90 e 150 dias, não diferindo entre si.

Na tabela 5 estão apresentados os resultados da composição química da silagem de PAM com e sem aditivo. Houve efeito da idade ($P=0,001$) e do aditivo ($P<0,001$) na concentração de MS, onde as silagens colhidas com 150 dias tiveram maior MS em comparação aos demais tratamentos. Maior MS foi observada na silagem com aditivo em comparação à silagem sem aditivo. Houve efeito da idade ($P<0,001$) e do aditivo ($P<0,001$) na concentração de MO, onde as silagens colhidas com 90 e 120 dias tiveram mesma MO entre si, porém foram maiores em comparação à silagem com 150 dias. Maior MO foi observado na silagem com aditivo em comparação à silagem sem aditivo.

Houve efeito da idade ($P<0,001$) e do aditivo ($P<0,001$) e da interação idade $\times$ aditivo ($P=0,003$) na concentração de PB. A inclusão do milho moído como aditivo nas silagens colhidas com 90, 120 e 150 dias resultou em menor PB em comparação às outras silagens colhidas nas mesmas idades, sem aditivo. A PB foi maior nas silagens colhida com 90 e 120 dias com a inclusão do milho moído em comparação à silagem com 150 dias com aditivo. As silagens colhidas com 90, 120 e 150 dias sem aditivo tiveram PB diferentes entre si, contudo, a silagem com 90 dias teve maior PB. As silagens colhidas com 90, 120 e 150 dias tiveram diferentes teores de PB entre si, sendo que a silagem com 90 dias foi maior em comparação às demais. Maior PB foi observada na silagem sem aditivo em comparação à silagem com aditivo.

Tabela 4 - pH de silagens de PAM em função da idade, sem e com aditivo, durante a estabilidade aeróbia.

Aditivo ¹	Tempo (d)	Idade (d)			Média			
		90	120	150				
SM	1	3,8 Aa	3,7 Aa	4,0 Aa	3,81			
	2	4,0 Aa	3,8 Aa	3,9 Aa				
	3	3,9 Aa	3,8 Aa	4,2 Aa				
	4	3,9 Aa	3,8 Aa	4,2 Aa				
	5	3,9 Aa	3,7 Aa	4,1 Aa				
	6	3,7 Aa	3,6 Aa	4,0 Aa				
	7	3,5 Ba	3,4 Aa	3,8 Aa				
	8	3,3 Ba	3,1 Aa	3,6 Aa				
	9	3,4 Ba	3,3 Aa	3,8 Aa				
	10	3,7 Ba	3,6 Aa	4,1 Aa				
CM	1	3,7 Aa	3,6 Aa	3,7 Aa	3,87			
	2	3,9 Aa	3,7 Aa	4,2 Aa				
	3	3,8 Aa	3,7 Aa	3,9 Aa				
	4	3,8 Aa	3,7 Aa	3,9 Aa				
	5	3,7 Aa	3,6 Aa	3,8 Aa				
	6	3,9 Aa	3,5 Aa	3,7 Aa				
	7	4,3 Aa	3,5 Aa	3,6 Aa				
	8	4,2 Aa	3,1 Ab	3,3 Ab				
	9	4,5 Aa	3,4 Ab	3,5 Ab				
	10	5,7 Aa	4,2 Ab	3,9 Ab				
Média		3,9 a	3,6 b	3,9 a				
Fator de variação ²		A	I	T	A×I	A×T	I×T	A×I×T
P-valor		0.370	<0.001	<0.001	<0.001	0.010	0.620	0.380

Fonte: elaborada pelo autor

¹CM= com milho; SM= sem milho. ²A = Aditivo; I= Idade; T = Tempo; A × I = Interação aditivo × idade; A × T = Interação aditivo × tempo; I × T = Interação idade × tempo; A × I × T = Interação aditivo × idade × tempo. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna comparam, respectivamente, as idades e os aditivos. No desdobramento, letras minúsculas na linha comparam as diferentes idades dentro do mesmo aditivo e do mesmo tempo e letras maiúsculas comparam os mesmos aditivos, dentro do mesmo tempo e da mesma idade.

Tabela 5 - Composição química da silagem de PAM com e sem milho.

Idade (dias)	Aditivo ¹		Média	P-valor ²		
	CM	SM		I	A	I × A
MS ³ (%)						
90	28,50	17,73	23,11 B	<0,001	<0,001	0,395
120	28,67	18,40	23,53 B			
150	29,27	19,05	24,16 A			
Média	28,81 a	18,39 b				
MO ⁴ (%MS)						
90	94,78	91,07	92,93 A	<0,001	<0,001	0,385
120	94,34	90,85	92,54 A			
150	93,70	91,79	91,79 B			
Média	94,23 ^a	90,60 ^b				
PB ⁵ (%MS)						
90	11,89 bA	15,92 aA	13,91 A	<0,001	<0,001	0,003
120	11,29 bA	13,36 aB	12,36 B			
150	9,75 bB	11,87 aC	10,81 C			
Média	10,98 b	13,71 a				
FDN ⁶ (%MS)						
90	35,48 bA	45,19 aA	40,34 B	0,006	<0,001	0,042
120	37,17 bA	50,02 aA	43,60 A			
150	35,86 bA	51,16 aA	43,51 A			
Média	36,17 b	48,79 a				
FDA ⁷ (% MS)						
90	15,49	29,58	25,98 A	<0,001	<0,001	0,987
120	17,92	32,11	25,01 A			
150	18,99	32,97	22,54 B			
Média	17,47 b	31,55 a				

Fonte: elaborada pelo autor.

¹CM= Com milho; SM= Sem milho. ²I= Idade; A= Aditivo; I × A= Interação idade × aditivo. ³MS= Matéria seca; ⁴MO= Matéria orgânica; ⁵PB=Proteína bruta; ⁶FDN= Fibra em detergente neutro; ⁷FDA= Fibra em detergente ácido.

Houve efeito da idade (P=0,006), aditivo (P<0,001) e da interação idade × aditivo (P=0,042) na concentração de FDN. O uso do milho moído nas silagens com 90, 120 e 150 dias resultou em menor FDN em comparação às outras silagens colhidas nas mesmas idades, sem aditivo. A concentração de FDN não foi alterada com ou sem aditivo entre as diferentes idades. As silagens com 150 e 120 dias tiveram mesma FDN e maiores em comparação à silagem com 90 dias. Maior FDN foi observada na silagem sem aditivo em comparação à silagem com aditivo. Houve efeito da idade (P<0,001) e do aditivo (P<0,001) na concentração de FDA. As silagens com 120 e 150 dias tiveram mesma FDA e foram maiores em comparação à silagem com 90 dias. O uso do aditivo reduziu a concentração de FDA das silagens.

5 DISCUSSÃO

A maior contagem de BAL ocorreu nas silagens das plantas mais velhas, em função da morfologia da planta, pois há uma tendência de maior acúmulo dessas bactérias nas folhas e na parte inferior do caule das plantas. Quando se associa a idade das plantas, como mostra a tabela 1, a planta com 150 dias apresentou proporção de caule bem maior em comparação às plantas com 90 e 120 dias. De acordo com Pahlow (2003), a contagem de BAL está diretamente associada à proporção de folhas e caule, pois é nesses componentes que são encontradas as maiores concentrações dessas bactérias.

A maior contagem de leveduras nas silagens sem o aditivo, pressupõe-se que seja causada pelo teor de matéria seca desses materiais, que está em torno de 20%. Segundo Gonsalvez (2014), ainda que as leveduras tolerem uma menor atividade de água em relação aos fungos, em algumas situações seu crescimento e desenvolvimento são inibidos. Dessa forma, pode-se associar a inclusão do aditivo reduziu atividade de água, que possivelmente teve uma maior produção de ácidos que atua como antifúngicos e antideteriorantes das silagens (Muck, *et al.*, 2018).

Presume-se que a maior contagem de bactérias esporuladas nas silagens sem a inclusão de milho moído esteja relacionada ao menor teor de MS presente no material. Ambientes com maior atividade de água favorecem a multiplicação de bactérias do gênero *Clostridium* (Pahlow, 2003), sendo a atividade de água um fator determinante para o crescimento desses microrganismos. Nesse contexto, observa-se o efeito positivo da adição de milho moído à silagem da parte aérea da mandioca (PAM), evidenciando sua eficácia na redução da atividade de água e, conseqüentemente, na inibição do crescimento de *Clostridium*.

O menor pH nas silagens com o aditivo, provavelmente pode ser explicado pela maior concentração de carboidratos solúveis, em virtude. Esses microrganismos são capazes de produzirem ácido láctico no seu metabolismo, que, por sua vez, é o principal ácido responsável em reduzir o pH das silagens (Kung *et al.* 2018). Logo, a maior contagem de BAL, associada a uma possível maior concentração de ácido láctico pode explicar o menor pH das silagens com aditivo. O menor pH observado nas silagens de plantas mais jovens (90 e 120 dias) ocorreu provavelmente pela maior quantidade de carboidratos solúveis (Rosa *et al.* 2007), que é o principal substrato utilizado pelas BAL que são os principais microrganismos responsáveis por acidificar e reduzir o pH dessas silagens de plantas jovens.

Independentemente da idade da planta quando colhida, menor pH nas silagens com a inclusão do milho garantiram melhor perfil de fermentação, contudo a inclusão ou não a 120

dias não foi eficaz em reduzir o pH a nível das silagens de plantas com 90 e 150 dias, muito provavelmente devido a menor concentração de carboidratos para fermentação de BAL.

A elevação do teor de nitrogênio amoniacal observada nas silagens contendo grãos em sua composição pode ser atribuída à atuação de bactérias sobre as zeínas (proteínas dos grãos). Durante o período de fermentação, essas bactérias promovem a desaminação das proteínas do milho, processo que contribui para a melhoria da digestibilidade do material ensilado. De acordo com Jungues *et al.* (2017), as bactérias são os principais agentes responsáveis pela degradação das proteínas do milho, resultando no aumento da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3).

A menor estabilidade observada nas silagens com inclusão de milho em sua composição deve-se ao fato de esse material ser rico em ácido-lático que mesmo após o período de fermentação ainda tem os açúcares residuais. Conforme, Gusmão *et al.*, (2021), essa deterioração desses materiais ricos em ácido-lático está associada principalmente atividade de leveduras assimiladoras de ácido-lático, por isso, se tem deterioração mais intensa nesse tipo de silagens.

Pressupõe-se que o maior valor de temperatura observado se deve à presença do aditivo, pois esse material contém uma maior quantidade de açúcares residuais após abertura. Ao final do processo de fermentação, os açúcares não utilizados pelas bactérias ácido-láticas (BAL) entram em processo de deterioração após a abertura da silagem, devido à ação de leveduras e fungos, o que eleva a temperatura do material, evidenciando um efeito na deterioração, assim fazendo com que atividade de leveduras consumam o ácido-lático, fazendo com que aumente a temperatura do material.

Essas silagens de plantas mais jovens terem resultado em menores PMS se deve ao processo de fermentação associado a esse material, com prevalência de bactérias do tipo homoláticas. Isso possivelmente ocorreu em virtude da maior proporção de carboidratos, que servem como substrato para a atuação dessas bactérias, considerando também a produção de ácido lático, onde foi observado um pH menor nessas silagens (Jobim; Nussio; 2013). Durante o processo fermentativo, poderão ocorrer PMS em maior ou menor proporção, dependendo do tipo de microrganismo atuante. Quando há prevalência da fermentação por bactérias homoláticas, as PMS são significativamente menores em comparação a um padrão de fermentação mais heterolático.

O menor pH observado na silagem de 120 dias, possivelmente ocorreu por essa silagem ter uma menor proporção de ácido-lático em relação as demais durante a exposição dos materiais as condições ambientes. A silagem com 90 dias com milho o maior pH durante a

estabilidade, possivelmente ocorreu pelo fato de ter uma maior proporção de ácido-lático, vindo a ocasionar a presença de leveduras consumindo o ácido-lático durante a estabilidade, o que fez com que o pH aumentasse. O aumento do pH nas silagens da parte aérea da mandioca (SPAM) aditivadas pode estar relacionado ao metabolismo de microrganismos, como as leveduras, que elevam o pH das silagens (Pahlow *et al.*, 2003).

Com o aumento da maturidade fisiológica, ocorre uma variação na caracterização morfológica da planta, apresentando menor proporção de folhas e maior proporção de hastes (material mais fibroso e lignificado), característica das plantas mais velhas. Isso explica por que a planta com 150 dias possui maior teor de MS em comparação às plantas de 90 e 120 dias. À medida que o ciclo vegetativo avança, as plantas acumulam maior teor de MS (Ramos *et al.*, 2021). Dessa forma, pode-se associar o aumento da MS ao avanço da idade, atrelado à fase vegetativa.

As silagens com aditivo apresentaram maior teor de MS, devido à inclusão de 15% do aditivo e ao fato de este ser um alimento seco. Vale salientar que a inclusão do milho, por ser rico em amido e apresentar características hidrofílicas, possui alta capacidade de reter água livre, conforme Brooker *et al.* (1992). Essa propriedade resulta na absorção da água presente no meio da silagem, aumentando o teor de MS do material ensilado.

A silagem proveniente de plantas mais jovens apresentou maior teor de MO, em virtude de sua composição química, caracterizada por melhor valor nutricional, podendo associar ainda a uma menor MM. Plantas mais jovens tendem a conter maior concentração de carboidratos, que são componentes com maior participação na fração orgânica. Com a introdução do milho, foi possível melhorar o teor de MO das silagens, devido ao aditivo ser nutricionalmente mais rico que o material da planta de mandioca. Isso provavelmente ocorre porque o milho possui uma maior fração orgânica em relação a planta, sendo que na silagem com o aditivo o milho entrou com 15% de substituição a PAM.

A inclusão do milho nas silagens resultou na redução do teor de PB, em comparação às silagens sem o grão, devido ao milho ser um alimento predominantemente energético, rico em amido e com menor concentração proteica. No entanto, algumas silagens mantiveram níveis elevados de proteína bruta mesmo com a adição do milho, o que pode ser atribuído à utilização de plantas mais jovens no momento da ensilagem, com destaque para aquelas colhidas aos 90 dias. Segundo Sudarman *et al.* (2016), as folhas da mandioca apresentam entre 21% e 35% de PB em sua composição. Assim, é possível associar o maior teor proteico das silagens de plantas mais jovens à maior proporção de folhas, em comparação àquelas provenientes de plantas com maior grau de maturidade.

A idade da planta está diretamente relacionada ao acúmulo FDN, pois, conforme aumenta a maturidade fisiológica, eleva-se também o teor de hemicelulose, celulose e lignina na parede celular, resultando no aumento do teor de fibra (Velásquez *et al.*, 2010). Dessa forma, pode-se associar o aumento da FDN nas silagens de plantas mais velhas pela o avanço da maturidade fisiológica e o aumento dos teores de lignina e selulose. Além disso, ocorrem modificações nas porções morfológicas da planta, como o aumento da proporção de caule e a redução da proporção de folhas. A menor concentração de fibra em de FDN nas silagens que contêm o grão de milho moído deve-se, provavelmente, a adição em 15% na matéria natural do material ensilado promove a diluição desse componente, sendo que os teores de FDN do grão são inferiores a quantidade de fibra da PAM ensilada, melhorando ainda o valor nutricional, por ser um alimento energético rico em amido.

Conforme aumenta a maturidade fisiológica da planta, ocorrem alterações que refletem diretamente na concentração de FDA, que é composta pela (celulose e lignina) (Sá, *et al.*, 2010). A FDA corresponde à porção de lignina e celulose ligada a lignina que compõe a parede celular das células vegetais. Além disso, pode-se associar esse aumento à expansão do espaçamento da parede celular, uma vez que a redução desse espaçamento reduz a porção do conteúdo celular, que representa a parte mais nutritiva da planta. Com a inclusão de 15% de milho na silagem da PAM, ocorre a diluição do material, devido a inclusão de amido.

6 CONCLUSÃO

A inclusão de 15% do grão de milho moído como aditivo melhora o perfil de fermentação e nutricional das silagens com redução das perdas, porém menor estabilidade aeróbia. Plantas colhidas mais novas (90 dias) podem ter seu processo de fermentação melhorado com a inclusão do grão de milho na ensilagem.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. AND SPAROVEK, g. 2014. **köppen's climate classification map for brazil**. meteorologische zeitschrift 22: 711–728, 2014.
- ANDRADE, Ida Barbosa de et al. Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído. 2021.
- AZEVEDO, E.B. *et al.* Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência rural**, v. 36, p. 1902-1908, 2006.
- BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on brazilian dairy farms. **Journal of dairy science**, v. 97, p. 1852–1861, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7181>.
- 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**, 75: 3066-3083, 1992.
- BORREANI, G. *et al.* Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 3952–3979, 2018.
- BROOKER, D. B. *et al.* **Drying and storage of grains and oilseeds**. van nostrand reinhold, new york. 462p, 1992.
- DOS SANTOS, Betina Raquel Cunha. **Estratégias para mitigar os efeitos da sazonalidade forrageira**: silagens, rações totalmente misturadas e coprodutos agroindustriais. 2025. Tese de Doutorado. Instituto Federal Catarinense.
- MARTINS, ELIZEU *et al.* produtividade e qualidade da parte aérea da mandioca em função da época de poda e colheita. **Acta iguazu**, v. 10, n. 1, p. 101-112, 2021.
- DA SILVA, Vitor Felipe et al. Uso de aditivos nas silagens de capins tropicais: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. e68716-e68716, 2024.
- DE ALMEIDA, J; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: Uma Boa Alternativa Para Alimentação Animal. 2005.
- DE CARVALHO, J. L. H.; PERIM, S.; COSTA, I. R. S. Parte aerea da mandioca na alimentacao animal. i. valor nutritivo e qualidade da silagem. 1983.
- DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante (*pennisetum purpureum schumach.*). **Revista brasileira de zootecnia**, v.28, p.1358-1369, 1999.
- FERNANDES, F.D. *et al.* Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2016.

GUSMÃO, J. O. et al. Effects of hybrid and maturity on the conservation and nutritive value of snaplage. **Animal Feed Science and Technology** 274:114899, 2021.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. Technical note: effect of sample processing procedures on measurement of starch in corn silage and corn grain. **Journal of dairy science**. Champaign, v. 91, n.12, p. 4830-4833, 2008.

<https://www.climatempo.com.br/climatologia/965/boaviagem-ce>

INCT – INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL. **Métodos para Análise de Alimentos**. 2 ed. Minas Gerais: Suprema, 2021.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, G. L. Princípios básicos da fermentação na ensilagem/ **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros** / editores ricardo andrade reis, thiago fernandes bernades, gustavo rezende siqueira. Jaboticabal, 714p, 2013.

JOBIM, C. C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista brasileira de zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.

KUNG JR, Limin et al. Revisão de silagem: Interpretação dos componentes químicos, microbianos e organolépticos das silagens. **Journal of Dairy Science** , v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.

MARX, Sanette. Mandioca como matéria-prima para a produção de etanol: uma perspectiva global. In: **Produção de bioetanol a partir de culturas alimentares** . Academic Press, 2019. p. 101-113.

MODESTO, E.C. *et al.* caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta scientiarum**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta scientiarum. animal sciences**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

MORAN, J.P. *et al.* A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. in: **international silage conference**, 11. ed., aberystwyth. proceedings. aberystwyth: [iger], p.162-163, 1996.

MOREIRA, GABRIELA LP et al. Composição bromatológica de mandioca (manihot esculenta) em função do intervalo entre podas. **Revista de ciências agrárias**, v. 40, n. 1, p. 144-153, 2017.

NUNES IRMÃO, J. *et al.* Composição química do feno da parte aérea da mandioca em diferentes idades de corte. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, vol. 9, n. 1, p. 158-169, 2008.

PAHLOW, G. 2003. Microbiology of ensiling. In: Buxton, D. R., Muck, R. E., Harrison, J. H. (Eds). **Silage Science and Technology**, pp. 31-93. Madison.

PEREIRA, L.C; CARVALHO, Orientador–Cristiano Marcelo Espinola. **Parte aérea de mandioca na alimentação de cordeiros confinados e semi-confinados em terminação.** Universidade Católica Dom Bosco Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Campo Grande–Mato Grosso do Sul, 2016.

PESTANA, T.C; CASTRO, G.H.F. Potencial da rama de mandioca para uso na alimentação de ruminantes: revisão. **Pubvet**, v. 9, p. 429-466, 2015.

REIS, R.A.; MELO G.M.P.; BERTIPAGLIA L.M.A. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: REIS R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. (Eds.). **Volumosos na produção de ruminantes.** Jaboticabal: Funep, 2005. p.187-238.

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. **Conservação de forragem como estratégia para otimizar o manejo das pastagens.** FCAV/UNESP, Jaboticabal. Disponível em:<http://www.fcav.unesp.br/>, Acesso em: ago, 2025.

ROSA, B.; SILVA, S. R. DE C. Produção e características químicas do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum*) para ensilagem em diferentes idades de corte. **Pesquisa agropecuária tropical**, goiânia, v. 27, n. 2, p. 99–107, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2974>. Acesso em: 3 jun. 2025.

SÁ, J. F. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas de gramíneas tropicais cortadas em três idades. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 667-676, 2010.

SANTOS, G.T. *et al.* Silagens alternativas de resíduos agroindustriais. in: **simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, 2001, maringá, pr. anais... maringá: uem/cca/dzo, 2001. p.262- 285.

SANTOS, M. V. F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 232, p. 25-43, 2010.

SENA, L.S. *et al.* Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. **Ciência animal brasileira**, v. 15, p. 249-258, 2014.

SILVA, F.F. *et al.* Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 59, p. 719-729, 2007.

SILVA, M.A.A. Avaliação nutricional e desempenho da silagem de raiz de mandioca contendo ou não soja integral em dietas para suínos. **Acta scientiarum animal sciences**, vol. 32, n. 2, p. 155-161, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i2.8055>

SILVA, T.G.P. *et al.* Concentração de ácido cianídrico na maniçoba in natura e conservada. **Revista agrária acadêmica**, v. 2, n. 4, 2019.

TAKAYA, É; DA SILVA, F.S; BOTELHO, L.F.R. Qualidade de silagem da parte aérea da mandioca com adição de diferentes concentrações de milho moído. **perquirere**, v. 20, n. 2, p. 78-89, 2023.

THOMAS, André Luís. Desenvolvimento da planta de mandioca. **Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana-de-açúcar** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: UFRGS, 2016. p. 19-36, 2016.

TININI, R.C.R. *et al.* Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação. **Arquivos de ciências veterinárias e zoologia da unipar**, v. 24, n. 1cont, 2021.

TOKARNIA, C. H. *et al.* Plantas tóxicas do brasil. ed. helianthus, Rio de Janeiro. p. 215-221. 2000. **vetter, j. plant cyanogenic glycosides**. toxicon, v. 38, p. 11-36, 2000.

VELÁSQUEZ, Paula Andrea Toro et al. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1206-1213, 2010.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; SILVA, M. S. Recursos genéticos e melhoramento da mandioca. **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas**. Planaltina, Embrapa Cerrados, p. 25-35, 2011.

WANAPAT, M.; KANG, S. Cassava chip (*manihot esculenta crantz*) as an energy source for ruminant feeding. **Animal nutrition**, v. 1, n. 4, p. 266–270, 2015.

WANG, C.; NISHINO, N. Presence of sourdough lactic acid bacteria in commercial total mixed ration silage as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. **letters in applied microbiology**, v. 51, p. 436–442, 2010.