



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO DE SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL
MESTRADO EM SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL NA AMAZÔNIA**

LORENA MAUÉS MORAES

**QUALIDADE FERMENTATIVA DA SILAGEM DA PARTE AÉREA E DE RAIZ DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA E TEMPOS DE
ARMAZENAMENTO**

**BELÉM
2021**

LORENA MAUÉS MORAES

**QUALIDADE FERMENTATIVA DA SILAGEM DA PARTE AÉREA E DE RAIZ DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA E TEMPOS DE
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia, para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo

**BELÉM
2021**

LORENA MAUÉS MORAES

**QUALIDADE FERMENTATIVA DA SILAGEM DA PARTE AÉREA E DE RAIZ DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA E TEMPOS DE
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia, para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Produção Animal

Data da Aprovação

Banca Examinadora:

| | |
|--|------------|
| <hr/> <p>Thiago Carvalho da Silva Universidade Federal Rural da Amazônia</p> | Orientador |
| <hr/> <p>Cristian Faturi Universidade Federal Rural da Amazônia</p> | Membro 1 |
| <hr/> <p>Ebson Pereira Cândido Universidade Federal Rural da Amazônia</p> | Membro 2 |
| <hr/> <p>Edson Mauro Santos Universidade Federal da Paraíba</p> | Membro 3 |

RESUMO

A silagem de parte aérea e de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem demonstrado grande potencial na alimentação de ruminantes. Entretanto, o manejo aplicado na colheita como a idade de colheita pode influenciar nas características fermentativas e no valor nutritivo final das silagens de mandioca. Objetivou-se avaliar as características fermentativas e a composição química da silagem da parte aérea (Item 2) e de raiz (Item 3) de mandioca em função da idade de colheita da parte aérea e raiz e do tempo de armazenamento. No artigo 1, foram realizados dois experimentos, no experimento 1, avaliou-se a silagens de parte aérea e o experimento 2, avaliou-se a ensilagem da sua rebrota. O experimento 1 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 6×3 , sendo seis idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições com 24 parcelas. O experimento 2 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 4×3 , sendo quatro idades de rebrota da parte aérea de mandioca (6, 7, 8 e 9 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. Aos seis meses (exp1) e 11 meses (exp2) e após o plantio respectivamente, iniciou-se os cortes da parte aérea a 50 cm do solo, coletando-se todas as plantas da parcela. Após a abertura as amostras foram direcionadas avaliação do perfil fermentativo, quantificação das populações microbianas, determinação da composição química e estabilidade aeróbia. No artigo 2, o experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 4×3 , sendo cinco idades de colheita de raiz de mandioca (7, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais denominados bags. A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 16 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento. As parcelas foram compostas de 49 plantas distribuídas em sete linhas de plantio. O material colhido foi triturado, homogeneizado, retiradas amostras e ensilados em bags (500g). Após a abertura dos silos as amostras foram direcionadas avaliação do perfil fermentativo, quantificação das populações microbianas e determinação da composição química. Desta forma, recomenda-se ensilar a parte aérea de 6 meses de idade, pois, apesar de apresentar quedas mais lentas de pH no início do período de armazenamento, se manteve estável até os 90 dias. Para a rebrota, recomenda-se ensilar plantas com o corte aos de 6, 7, 8, e 9 meses. Quanto à raiz, recomenda-se ensilar raízes a partir de 8 meses de idade, quando já se encontra em uma maior maturidade fisiológica, pois apresentam quedas mais rápidas de pH beneficiando o processo de ensilagem.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Ensilagem. Estabilidade aeróbia. Fermentação.

ABSTRACT

The aboveground part and cassava root silage (*Manihot esculenta* Crantz) has shown great potential for feeding ruminants. However, the management applied at harvest, such as the harvest age, can influence the fermentative characteristics and the final nutritional value of the cassava silages. The aim of this study was to evaluate the fermentative characteristics and chemical composition of the aboveground part (Item 2) and root (Item 3) silage of cassava as a function of shoot and root harvest age and storage time. In article 1, two experiments were carried out, in experiment 1, the aerial part silages were evaluated and in experiment 2, the regrowth silage was evaluated. Experiment 1 was carried out in a randomized block design arranged in a 6×3 factorial scheme, with six harvest ages of the cassava shoot (6, 7, 8, 9, 10 and 11 months) and three silage storage periods (3, 30 and 90 days after ensiling), with four replicates with 24 plots. Experiment 2 was carried out in a randomized block design arranged in a 4×3 factorial scheme, with five cassava shoot regrowth ages (6, 7, 8 and 9 months) and two silage storage periods (3, 30 and 90 days after ensiling), with four repetitions. At six months (exp1) and 11 months (exp2) and after planting, respectively, the aerial part cuts were started 50 cm above the ground, collecting all the plants in the plot. After opening the samples were directed to evaluate the fermentation profile, quantification of microbial populations, determination of chemical composition and aerobic stability. In article 2, the experiment was carried out in a randomized block design arranged in a 5×3 factorial scheme, with five cassava root harvest ages (7, 9, 10 and 11 months) and two silage storage periods (3 and 90 days after ensiling), with four repetitions. The silages were made in experimental mini silos called bags. The crop was divided into four blocks, with 16 plots. Each block represented one repetition per treatment. The plots were composed of 49 plants distributed in seven planting lines. The collected material was crushed, homogenized, sampled and ensiled in bags (500g). After opening the silos, the samples were directed to evaluate the fermentation profile, quantify the microbial populations and determine the chemical composition. Thus, it is recommended to ensil the aerial part of 6 months of age, because, despite showing slower pH drops at the beginning of the storage period, it remained stable up to 90 days. For regrowth, it is not recommended to ensil plants with the cut at 7, 8, and 9 months. As for the root, it is recommended to ensile roots from 8 months of age, when it is already at a greater physiological maturity, as they present faster pH drops, benefiting the ensiling process.

Keywords: Aerobic stability. Alternative foods. Fermentation. Silage

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CONTEXTUALIZAÇÃO | 8 |
| REFERÊNCIAS | 10 |
| CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 1.1. Cultura da mandioca | 12 |
| 1.1.1. Importância econômica | 12 |
| 1.1.2. Características agronômicas | 13 |
| 1.2. Idade de colheita | 15 |
| 1.3. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes | 17 |
| 1.3.1. Silagem de parte aérea de mandioca..... | 18 |
| 1.3.2. Silagem de raiz de mandioca | 20 |
| REFERÊNCIAS | 23 |
| CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DA PARTE AÉREA DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO | 28 |
| RESUMO | 28 |
| ABSTRACT | 29 |
| 2.1. Introdução | 30 |
| 2.2. Material e métodos | 31 |
| 2.2.1. Local..... | 31 |
| 2.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem | 32 |
| 2.2.3. Avaliação e variáveis..... | 34 |
| 2.2.3.1. Perdas de matéria seca e por efluentes..... | 34 |
| 2.2.3.2. Avaliação da estabilidade aeróbia | 34 |
| 2.2.3.3. Populações microbianas e perfil fermentativo | 35 |
| 2.2.3.4. Composição química | 35 |
| 2.2.4. Análise estatística | 36 |
| 2.3. Resultados | 38 |
| 2.4. Discussão | 46 |
| 2.5. Conclusão | 50 |
| REFERÊNCIAS | 52 |
| CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DE RAIZ DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO | 55 |
| RESUMO | 55 |
| ABSTRACT | 56 |
| 3.1. Introdução | 57 |
| 3.2. Material e métodos | 58 |
| 3.2.1. Local..... | 58 |
| 3.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem | 58 |
| 3.2.3. Avaliações e variáveis | 59 |
| 3.2.3.1 Populações microbianas e perfil fermentativo..... | 59 |
| 3.2.3.2 Composição química | 60 |
| 3.2.4. Análise estatística | 60 |
| 3.3. Resultados | 61 |
| 3.4. Discussão | 64 |
| 3.5. Conclusão | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

CONTEXTUALIZAÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura abundantemente cultivada em áreas tropicais e subtropicais, com desenvolvimento bem sucedido em solos de baixa fertilidade sob condições ambientais adversas como baixa pluviosidade e elevadas temperaturas, sendo muito utilizada para a alimentação humana e animal (KHANG et al., 2005; KOSUGI et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015).

A parte aérea da mandioca é um alimento que possui alto teor proteico (20% da MS) e baixo teor de fibras (50% da MS) possuindo valores inferiores à grande parte das forrageiras tropicais (AZEVEDO et al., 2006; FLUCK et al., 2017; LI et al., 2018). Suas raízes detêm elevada fonte de energia devido ao conteúdo de amido e carboidratos presente (FERNANDES et al., 2016). A mandioca pode ser fornecida em sua forma *in natura*, do uso de seus subprodutos ou na forma conservada (feno ou silagem), substituindo o uso de ingredientes tradicionais utilizados na alimentação animal (FLUCK et al., 2017).

A adição de mandioca na nutrição animal torna-se uma alternativa em substituição aos alimentos convencionais como o por exemplo o milho, visto que o seu preço é ligado ao mercado internacional e que em alguns momentos torna-se desfavorável ao custo/benefício do sistema de produção (VIEIRA et al., 2017). Dessa forma, diversos autores vêm pesquisando seu potencial na alimentação animal utilizando a mandioca como ingrediente na dieta de suínos (ARAÚJO et al., 2016; LOC et al., 1997), aves (GERON et al., 2015; JÚNIOR et al., 2017), coelhos (SCAPINELLO et al., 1999), bovinos (HONG et al., 2003), ovinos (ONI et al., 2014; SURDAMAN et al., 2016) e entre outras espécies.

Na alimentação de ruminantes, o uso de silagens de mandioca tem sido empregado por ser considerada uma cultura com características fermentativas adequadas ao processo de ensilagem (FERREIRA et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015). Diversos autores vêm pesquisando a qualidade de silagens de parte aérea da mandioca (AZEVEDO et al., 2006; MOTA et al., 2011) demonstrando que a silagem do terço superior da mandioca apresenta altas produções de ácido láctico o que permite a rápida redução do pH da massa ensilada e consequente ideal conservação do material (MOTA et al., 2011).

A raiz também possui características que permitem produzir silagens com elevada qualidade, pois apresenta teores médio de MS acima de 30% e elevado teor de carboidratos solúveis que variam de 6 a 8% da MS, o que permite a produção de silagens com melhores padrões de

fermentação (FLUCK et al., 2017; UCHECHUKWU-AGUA et al., 2015). Estudos com a utilização de silagem de raiz de mandioca em dietas de suínos demonstraram que a raiz de mandioca é uma opção viável na alimentação animal, pois suas silagens apresentam altos teores de MS que influenciam no consumo e desempenho desses animais (LOC et al., 1997; LIU & ZHUANG, 2001).

Contudo, o uso da silagem de raiz de mandioca ainda é pouco estudado na dieta de ruminantes (VIEIRA et al., 2017), despertando o interesse em realizar mais trabalhos para demonstrar a potencialidade da silagem de raiz. Apesar disso, a parte aérea ainda é mais utilizada na alimentação de ruminantes, uma vez que seu terço superior é a porção que possui maior valor nutricional (MOREIRA et al., 2017).

Logo, é necessário atentar-se aos métodos de manejo da mandioca para a produção de forragem que permitem a confecção de silagens com altos teores de proteína e perfil fermentativo dentro do recomendado. A idade de colheita é um fator que influencia a composição química conforme resultados encontrados por diversos autores (EDET et al., 2015; MOREIRA et al., 2017; MULUALEM, 2012) e conseqüentemente pode alterar a qualidade final da silagem.

Entretanto, estudos com a finalidade de demonstrar os efeitos de diferentes idades de colheita de parte aérea e raiz para a produção de silagens ainda são escassos. Dessa forma, é interessante fomentar pesquisas que visem verificar as possíveis influências da idade de colheita no valor nutritivo e qualidade final das silagens de parte aérea e raiz de mandioca.

Assim, hipotetizamos que a idade de colheita da parte aérea assim como o efeito da sua rebrota e a idade de colheita da raiz podem interferir nas características fermentativas afetando a qualidade final da silagem de parte aérea e raiz de mandioca. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita da parte aérea e da raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre a qualidade fermentativa de silagens de mandioca, em diferentes tempos de armazenamento. A presente dissertação está organizada em dois capítulos precedidos de uma revisão de literatura (item 1). O primeiro capítulo (item 2) aborda dois experimentos referentes à ensilagem de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento e o segundo capítulo (item 3) aborda silagem de raiz de mandioca em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Diego D. et al. Nutritional evaluation of integral cassava root silages for growing pigs. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 3, p. 149-153, 2016.
- AZEVEDO, E.B. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural** 36:1902-1908. 2006.
- EDET, Michael A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.
- FERNANDES, F.D. et al. Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 17, 1–12, 2016.
- FERREIRA A.L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10, 129-36, 2009.
- FLUCK, A. C. et al. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 176-181, 2017.
- GERON, Luiz Juliano Valério et al. Consumo, desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com rações contendo raspa de mandioca residual desidratada. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 4, p. 304-310, 2015.
- KHANG, D. N.; WIKTORSSON, H.; PRESTON, T. R. Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 7, p. 1029-1035, 2005.
- KOSUGI, A. et al. Production of ethanol from cassava pulp via fermentation with a surface-engineered yeast strain displaying glucoamylase. **Renewable Energy**, v. 34, n. 5, p. 1354-1358, 2009.
- LI, M. et al. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.
- LIU, Jian Ping; ZHUANG, Zhong Tang. The use of cassava roots and silage from leaves for pig: Feeding in Yunnan Province of China. 2001.
- LOC, Nguyen Thi; PRESTON, T. R.; OGLE, B. Cassava root silage for crossbred pigs under village conditions in Central Vietnam. **Livestock Research for Rural Development**, v. 9, n. 2, p. 12-19, 1997.
- MOREIRA, G. L. P. 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.

- MOTA, A. D. S. et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.
- MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Mannihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.
- NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, 86(9), 842–848., 2015.
- ONI, A. O. et al. Effect of additives on fermentation of cassava leaf silage and ruminal fluid of West African dwarf goats. **Archivos de zootecnia**, v. 63, n. 243, p. 449-459, 2014.
- SCAPINELLO, C. et al. Nutritional value of cassava foliage hay (*Manihot esculenta*, Crantz) for growing rabbits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.
- SILVA JÚNIOR, Paulo Antonio et al. Cassava foliage in quail feeding. **Acta Veterinária Brasilica**, v. 11, n. 3, p. 150-156, 2017.
- SUDARMAN, A. et al. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.
- UCHECHUKWU-AGUA, A. D., CALEB, O. J., & Opara, U. L. Postharvest Handling and Storage of Fresh Cassava Root and Products: a Review. **Food and Bioprocess Technology**, 8(4), 729–748, 2015.
- VIEIRA, P. A. S. et al. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 883-890, 2017.

CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Cultura da mandioca

A mandioca é uma cultura tropical perene, arbustiva que pertence à família *Euphorbiaceae*, apresentando cerca de 100 espécies pertencentes ao gênero *Manihot* (ALLEM, 1999; CARVALHO, 1983). O gênero reúne uma lista extensa de espécies representadas no Brasil entre elas pode-se citar a *M. anomala* Pohl, *M. caerulescens* Pohl, *M. fruticulosa*, *M. gracilis* Poh, *M. grahamii* Hook. *M. inflata* Müll, *M. jolyana* Cruz, *M. pilosa* Pohl, *M. procumbens* Müll, *M. tripartita* conforme relatado por Orlandini et al. (2013).

Entre as espécies mais difundidas e trazendo um elevado potencial produtivo destacam-se a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), maniçoba (*Manihot glaziovii* Mull) e o híbrido natural entre a maniçoba e a mandioca, conhecido como pornunça (FERREIRA et al., 2009).

1.1.1. Importância econômica

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura bastante difundida em áreas tropicais e subtropicais, amplamente utilizada na alimentação humana e animal, quer seja através do consumo de suas folhas e raízes ou de materiais conservados oriundos do processamento de industrial alimentício ou da produção de etanol (KHANG et al., 2005; HOWELER et al. 2012).

De acordo com a FAO (2020), a produção mundial de mandioca para 2018 foi de 277,8 milhões de toneladas. Destes, a África contribuiu com 61,1% (169,7 milhões de toneladas), a Ásia com 29% (80,6 milhões) e as Américas com 9,8% (27,2 milhões). A produção destaca-se na Nigéria com cerca de 59,4 milhões de toneladas, seguida por Tailândia e República Democrática do Congo.

Dados mais recentes indicam que o Brasil é o 5º maior produtor mundial com 17,6 milhões de toneladas de mandioca e com produtividade média de 14,6 t/ha. Entre as regiões com maiores produções, a região Norte lidera a produção com cerca de 6,3 milhões de toneladas, entretanto a região Sul possui a maior produtividade apresentando valores de 21 t/ha. A maior produção de mandioca encontra-se no Estado do Pará com 3,8 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná (3,2 milhões), São Paulo (1,1 milhão) e Rio Grande do Sul (0,98 milhão) (IBGE, 2018).

Contudo, mesmo ocupando a maior produção da cultura no país, o Pará ocupa a 12ª posição no cenário nacional quanto a sua produtividade com cerca de 14,6 t/ha, tendo em destaque o Estado de São Paulo com a maior produtividade média (23,7 kg/ha) (IBGE, 2018). Segundo Alves et al. (2008), a baixa produtividade da cultura no Pará está ligada à adoção de um sistema de manejo

inadequado e baixo nível de tecnificação aplicado pela maioria dos pequenos agricultores, que são os principais produtores dessa cultura no estado.

1.1.2. Características agronômicas

De acordo com Alves (2002), durante o crescimento e desenvolvimento da mandioca ocorrem cinco fases fisiológicas distintas de acordo com tabela 1.1, onde a ocorrência, motivo e duração de cada fase vai depender de elementos como a diferença entre espécies, variedades, às condições do meio e tratos culturais.

Tabela 1.1. Fases fisiológicas da mandioca

| Fase do ciclo | Período |
|---|-------------------------------|
| Emergência | 5 a 15 dias após o plantio |
| Desenvolvimento foliar e sistema radicular | 15 a 90 dias após o plantio |
| Desenvolvimento de ramos e folhas | 90 a 180 dias após o plantio |
| Translocação de carboidratos para as raízes | 180 a 300 dias após o plantio |
| Dormência | A partir de 300 dias |

Fonte: Adaptado de ALVES, 2002.

Segundo Albuquerque et al. (2008), o crescimento inicial lento característico da cultura da mandioca favorece o desenvolvimento de plantas daninhas que competem com a cultura pelos fatores de produção como água, luz, nutrientes, gás carbônico e espaço. Logo, essa condição pode resultar em perdas em sua produção, constituindo-se em um dos principais fatores de risco na implantação da cultura (MATTOS & CARDOSO, 2003).

Durante o plantio faz-se necessário aplicar métodos de controle como a capina e a aplicação de herbicidas nos quatro a cinco meses iniciais do ciclo da cultura, pois essa fase requer um intervalo de pelo menos 100 dias sem a interferência da planta invasora no período após a brotação da maniva (20 a 30 dias). Desse modo, conhecer o período crítico de interferência das plantas daninhas sobre a cultura é fundamental para definir quando iniciar e o número de capinas a serem realizadas, bem como utilizar defensivos agrícolas (ALBUQUERQUE et al., 2008; MATTOS & CARDOSO, 2003).

A adubação e calagem para a cultura da mandioca são realizadas com base na análise do solo, sendo que a calagem deve ser feita com antecedência de no mínimo 60 dias antes do plantio. Com relação a adubação nitrogenada, recomenda-se para produção apenas de raízes cerca de 30 kg ha⁻¹ de N (SOUZA, et al. 2009) que são aplicados entre 30 a 60 dias depois da brotação, feito com ureia ou sulfato de amônio quando o solo apresentar umidade necessária à absorção do fertilizante.

As recomendações para fósforo e potássio baseiam-se na disponibilidade dos nutrientes no solo, estes devem ser aplicados na cova ou no sulco de plantio (MATOS & CARDOSO, 2003).

A mandioca é uma cultura que notavelmente tolera a alta acidez do solo e baixos níveis de fósforo disponível (P), bem como suporta a seca e é muito eficiente com relação à água. Dessa forma, essa cultura compete com outras culturas mais exigentes como milho e soja, sobretudo em solos ácidos, com baixa fertilidade e regiões com chuvas irregulares (BRUIJN et al., 1989; HOWELER et al., 2012).

A quantidade de chuva adequada para a cultura compreende o intervalo de 1.000 a 1.500 mm/ano, de forma bem distribuída. Contudo, a mandioca pode produzir em regiões tropicais com índices de até 4.000 mm/ano, porém é necessário que os solos sejam bem drenados para que não tenha encharcamentos que podem favorecer a podridão das raízes, uma das principais doenças que acometem o plantio de mandioca (MATOS & CARDOSO, 2003).

Segundo Bandyopadhyaya et al. (2006), o cultivo de mandioca pode ser prejudicado por ocorrências de doenças que podem ocasionar quedas na produção e na produtividade, entre as quais destacam-se o mosaico comum da mandioca (vírus africano do mosaico da mandioca), ferrugem bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e a podridão das raízes (*Phytophthora* spp. e *Pythium* spp.)

Conforme Tremacoldi (2016), a podridão radicular é um dos fatores limitantes da produção de mandioca no Estado do Pará, pois ocasiona perdas na produtividade prejudicando o plantio no decorrer dos ciclos da cultura. Essa doença ocasiona a desintegração dos tecidos das raízes tuberosas maduras ocasionando seu murchamento acompanhado por um odor desagradável e modificações na coloração da raiz (BANDYOPADHYAYA et al., 2006; SERRA et al., 2009).

Outro fator que pode reduzir o rendimento da mandioca é a ocorrência de pragas, entre eles destacam-se insetos e ácaros que são representados por inúmeras espécies que atacam a planta ocasionando redução na área foliar e taxa fotossintética, pelo ataque às hastes e ao material de plantio (MATOS & CARDOSO, 2003).

As principais pragas que atacam o cultivo de mandioca são o mandarová (*E. ello*) (BARRIGOSSI et al., 2002), o ácaro verde da mandioca (*M. tanajoa*) (GUTIERREZ et al., 1988), os cupins (*H. tenuis* e *C. testaceus*) (CONSTANTINO, 2002), as formigas (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.), brocas do caule (*Sternocoelus* spp.) (CARVALHO et al., 2010) e a mosca branca (*B.tabaci*) que é o vetor do vírus causador da doença do mosaico da mandioca (OMONGO et al., 2012).

Dessa forma, é necessário praticar estratégias que visem o combate tanto de pragas quanto de doenças sobre a produção de mandioca. Dentre elas pode-se citar o controle biológico, o uso de inseticidas biológicos, seleção de material de plantio sadio, utilização de cultivares resistentes, idade de plantio (MATTOS & CARDOSO, 2003), uso de microrganismos antagônicos (UBALUA et al., 2007) e a idade de colheita (MENDONÇA et al., 2003).

1.2. Idade de colheita

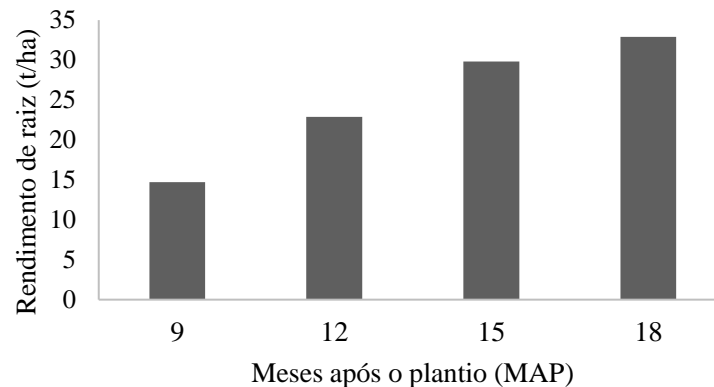
A idade de colheita é um fator que possui grande influência sobre a produtividade da mandioca bem como em sua composição química, pois se for colhida prematuramente ocorrem perdas em seu rendimento por não ter atingido o acúmulo total de matéria seca. Já na colheita tardia, criam-se condições propícias para o aparecimento da podridão radicular assim como também pode acometer prejuízos econômicos visto que a cultura permanece no lugar por um período maior que o necessário (MENDONÇA et al., 2003; MOURA, 1998; MULUALEM, 2012).

Embora sejam realizados uma gama de trabalhos com enfoque na mandioca para a alimentação humana, ainda existem poucos estudos sobre a idade de colheita da mandioca como forragem para alimentação animal. Dessa forma, ressalta-se a importância de conhecer os efeitos da idade de colheita sobre os parâmetros de crescimento da mandioca em diferentes fases, visto que estes influenciam diretamente as características produtivas e possivelmente a qualidade de suas silagens (EDET et al., 2015).

A idade de colheita influencia positivamente o rendimento de raízes e matéria seca obtendo maiores produções ao decorrer do tempo, pois com o aumento do número e altura da planta criam-se melhores condições para a captação de fotoassimilados aumentando o comprimento e diâmetro das raízes que influenciam diretamente a produtividade da cultura (MULUALEM, 2012).

Em um estudo realizado por EDET et al. (2015) na Nigéria testando os efeitos de idades de colheita da mandioca (9, 12, 15 e 18 meses após o plantio), foi possível constatar o aumento da produção de raízes de mandioca ao longo dos meses atingindo a máxima produção de raiz de 32,9 t/ha aos 18 meses apresentando matéria seca de raiz de 17,7 t/ha (Gráfico 1.1).

Gráfico 1.1. Rendimento de raiz mandioca em função da idade de colheita.



Fonte: Adaptado de EDET et al., 2015.

Contudo, dependendo da variedade plantada, a colheita aos 9 meses pode ser um período inadequado para obter a melhor produtividade, pois os parâmetros de crescimento se correlacionam negativamente com o rendimento das raízes. Quando a colheita é prolongada por até 18 meses ou mais, ocorre o maior acúmulo de amido/fibra na raiz por conta da conversão de glicose como resultado da demanda excessiva pelo sistema de brotamento ocasionando na redução da qualidade da mandioca (APEA-BAH et al. 2011; EDET et al., 2015).

A mandioca é uma cultura pertencente ao grupo de plantas cianogênicas por apresentar glicosídeos cianogênicos, a linamarina e lotaustralina em sua composição (CHISTÉ et al., 2010). A hidrólise desses componentes pelas enzimas β -glicosidases (linamarase) resulta na liberação do ácido cianídrico (HCN), substância responsável pela toxidez da mandioca (CEREDA, 1996).

Entre a espécie da *M. esculenta*, existe uma série de variedades classificadas como mansas ou bravas, dependendo do teor de HCN. Segundo a classificação de BOLHUIS (1954), a mandioca que possui teor de HCN abaixo de 100 mg kg^{-1} de raízes é considerada mansa e a brava apresenta conteúdos superiores a 100 mg kg^{-1} . A dose letal de HCN é de 1 mg kg/PV (OKE, 1969).

A idade de colheita também pode interferir no teor HCN presente na mandioca, pois o avanço da idade da planta resulta na redução dos níveis de ácido cianídrico caracterizando menor grau de toxidez, conforme foi constatado em um estudo realizado por Oliveira et al. (2012). Dessa forma, é fundamental atentar-se para o conteúdo de HCN presente na planta principalmente quando se utiliza a mandioca na alimentação de ruminantes. Em todas as formas de fornecimento, há a redução do HCN presente na planta para que a mandioca possa ser consumida pelos os animais sem ocasionar intoxicação (FERNANDES et al., 2016).

Logo, devido à influência que a idade de colheita exerce na composição química da mandioca criam-se condições que podem ter grande impactos em utilizar essa cultura na alimentação animal principalmente influenciando nas características fermentativas e valor nutritivo da silagem de mandioca que é uma das opções comumente utilizadas na alimentação de ruminantes.

1.3. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes

Muitos estudos são realizados com o intuito de demonstrar a produção de mandioca na alimentação humana, entretanto diversos autores vêm realizando estudos focados para demonstrar o potencial da parte aérea e raiz de mandioca como forragem a ser utilizada como fonte de proteína e energia na alimentação de ruminantes (KHANG et al., 2005).

A mandioca pode ser fornecida de várias maneiras à dieta dos ruminantes, entre elas: na forma *in natura*, passando pelo processo de pré secagem; na distribuição de seus subprodutos como a casca, raspa e bagaço ou sendo conservada na forma de feno ou silagem principalmente quando confeccionados com o terço superior da planta. Em todas as formas de fornecimento, há a redução do HCN presente na planta para que a mandioca possa ser consumida pelos os animais sem ocasionar intoxicação (FERNANDES et al., 2016; FLUCK et al., 2017).

A parte aérea da mandioca constitui-se de folhas, pecíolos e folhas em diferentes proporções e pelas hastes (FERNANDES et al., 2016), sendo o terço superior mais utilizado para a produção de silagens devido ao menor conteúdo de fibra presente (SENA et al., 2014). A folha da mandioca possui alto teor de proteína indicando valores que variam de 14 a 19% de PB, energia bruta e minerais que elevam o valor nutritivo do alimento (NAPASIRTH et al., 2015; SURDAMAN et al., 2016).

Embora a produção de raízes seja feita principalmente para a alimentação humana, essa porção pode ser uma importante fonte de energia, contendo principalmente amido e carboidratos solúveis. Entretanto, possui baixo teor de proteínas com cerca de 1 a 2%, assim como baixo conteúdo de gordura e fibra. Contudo, a composição é variável de acordo com as condições ambientais em que a planta se desenvolveu, qual o cultivar utilizado no plantio e a idade da planta (UCHECHUKWU-AGUA et al., 2015).

É possível observar os valores referentes à composição química de diferentes porções da mandioca encontrados por diferentes autores na tabela 1.2.

Tabela 1.2. Composição química de diferentes porções da mandioca

| Composição química (%) | | | | | | | | | Material | Idade de colheita | Altura de corte | Referência |
|------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|---------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|
| MS | MO | MM | EE | PB | CSA | FDN | FDA | Lignina | | | | |
| Parte aérea | | | | | | | | | | | | |
| 25,46 | 93,20 | 6,80 | - | 15,20 | - | 62,33 | 45,22 | - | <i>In natura</i> | 7 meses | 30 cm do solo | FLUCK et al., 2017 |
| 25,22 | 94,58 | 5,42 | - | 13,58 | - | 64,90 | 42,69 | 13,46 | <i>In natura</i> | 8 meses | - | SENA et al., 2014 |
| 30,05 | 95,48 | 4,52 | 0,86 | 7,49 | - | 66,76 | 47,62 | 17,04 | <i>In natura</i> | 12 meses | 20 cm do solo | SALLES et al., 2016 |
| 21,87 | - | - | - | 10,98 | - | 59,93 | 46,22 | - | <i>In natura</i> | 18 meses | 10 cm do solo | FERNANDES et al., 2016 |
| 26,90 | 95,74 | 4,26 | - | 14,49 | - | 66,79 | 41,41 | - | <i>In natura</i> | 19 meses | 15 cm do solo | MOREIRA et al., 2017 |
| Terço superior | | | | | | | | | | | | |
| 36,32 | 93,63 | 6,37 | 11,94 | 21,37 | - | - | - | - | <i>In natura</i> | 12 meses | - | ARAÚJO et al., 1982 |
| 25,00 | 88,00 | 12,0 | 7,50 | 16,00 | - | - | - | - | <i>In natura</i> | - | - | CARVALHO, 1983 |
| 25,51 | 92,90 | 3,81 | 7,10 | 19,19 | - | 39,73 | 29,84 | 9,12 | Silagem | 12 meses | - | FAUSTINO et al., 2003 |
| 25,07 | 93,27 | 6,73 | 7,61 | 19,13 | - | 48,96 | - | 16,07 | Silagem | - | - | FERREIRA et al., 2008 |
| Folha | | | | | | | | | | | | |
| 24,80 | 92,00 | 8,00 | 5,73 | 22,67 | 8,21 | 41,19 | 33,88 | - | <i>In natura</i> | 4 meses | 3 cm do solo | LI et al., 2018 |
| 26,90 | 92,50 | 7,50 | 5,20 | 16,41 | - | 52,90 | 40,72 | 10,23 | <i>In natura</i> | 6 meses | 30 cm do topo | NAPASIRTH et al., 2015 |
| Raiz | | | | | | | | | | | | |
| 33,88 | 96,92 | 3,08 | 0,25 | 3,09 | - | - | 4,36 | - | <i>In natura</i> | - | - | FIGUEREIDO et al., 2006 |
| 37,63 | 98,31 | 1,69 | - | 2,69 | - | 4,91 | - | - | <i>In natura</i> | 19 meses | - | MOREIRA et al., 2017 |
| 39,03 | - | - | - | 2,36 | - | 15,57 | 3,28 | - | <i>In natura</i> | - | - | FERNANDES et al., 2016 |

Notas: MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; CSA: carboidratos solúveis em água; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3.1. Silagem de parte aérea de mandioca

A produção de silagens da parte aérea da mandioca vem sendo estudada por vários autores (FLUCK et al., 2017; SENA et al. 2014; WANAPAT et al., 2018) por apresentar excelente qualidade fermentativa e baixa perda de matéria seca (AZEVEDO et al., 2006). Os valores pH da silagem de parte aérea encontrados na literatura variam de 3,2 a 4,2 demonstrando a faixa de valores ideais de pH para a conservação da silagem, inibindo o aparecimento e crescimento de

microrganismos indesejáveis que são responsáveis pela produção do ácido butírico e pela deterioração da silagem (KUNG et al., 2018; MOTA et al., 2011).

A capacidade tampão (CT) exerce influência na qualidade da silagem, pois é um dos fatores que determinam a velocidade de redução do pH. No processo de ensilagem é desejado que a forragem possua baixa capacidade tampão, pois dessa forma ocorre a redução do pH de forma mais fácil devido à produção de ácidos orgânicos durante o processo de fermentação (EVANGELISTA et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2007).

Pinho et al. (2004) encontraram valores de CT obtido para as partes aéreas da mandioca de 2045 mmol kg⁻¹ MS que permitiu rápida redução no pH da massa ensilada, inibindo a fermentação acética e butírica. Quanto à concentração de carboidratos solúveis na parte aérea fresca, os mesmos autores encontraram alto teor (33% da MS) fornecendo substrato para o crescimento de bactérias lácticas que contribuem no processo de produção de ácido láctico.

A contagem de bactérias ácido lácticas na silagem de parte aérea de mandioca encontrada na literatura foi de $7,5 \times 10^4$ ufc g⁻¹ de matéria natural (MN), enquanto que a contagem de leveduras foi $2,8 \times 10^4$ ufc g⁻¹ de MN. No entanto, não foram observados a presença de mofos (NAPARSIRTH et al., 2015). Os mesmos autores encontraram teores de ácido láctico de 2,13 g/MS, ácido acético de 4,48 g/kg de MS, ácido butírico de 0,03 g/kg de MS, com pH de 3,9. Quanto a composição química, encontraram teores de 29,7% de MS; 92,4% de MO; 15,9% de PB; 4,87% de EE; 56,3% de FDN e 34,3% de FDA para silagem da folha de mandioca (NAPARSIRTH et al., 2015).

Em um trabalho realizado por Fluck et al. (2017), analisando a silagem da parte aérea de mandioca de dois cultivares foi possível encontrar valores médios de 25,3% de MS; 92,5% de MO; 7,5% de MM; 15,1% de PB; 60,3% de FDN; 44,5% de FDA e pH de 4,0. Wanapat et al. (2018), analisando a composição química da silagem da parte aérea da mandioca, registraram valores de 24,8% de MS; 92,9% de MO; 23,0% de PB; 44,3% de FDN e 32,4% de FDA, pH de 4,2 e 71,9 mg kg⁻¹ de HCN em sua composição na silagem do terço superior da mandioca.

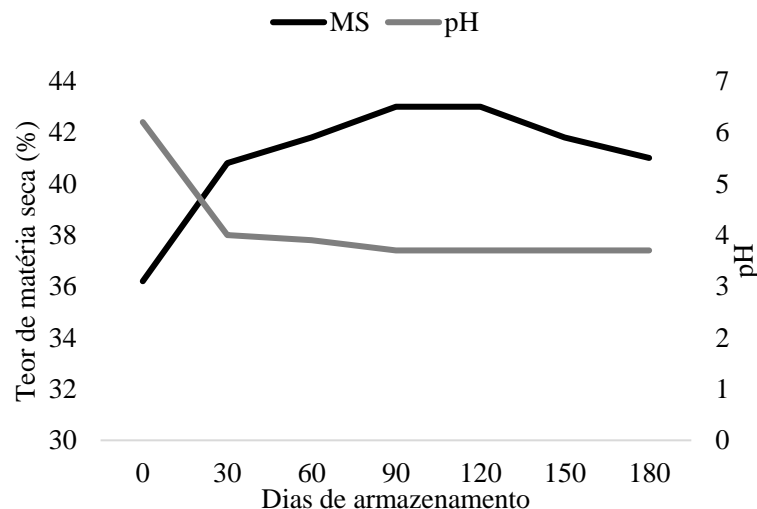
Conforme dados obtidos por Surdaman et al. (2016), foi possível constatar que a ensilagem de folha de mandioca diminui o teor de HCN presente na folha, de 333 a 71,0 mg kg⁻¹ e de 14,9 a 8,53% de MS, respectivamente, demonstrando que o processo de conservação da mandioca reduz expressivamente os teores da substância nociva ao animal. Esses estudos demonstram o potencial da parte aérea dessa cultura na alimentação de ruminantes.

1.3.2. Silagem de raiz de mandioca

Por apresentar teor de MS acima de 30%, a raiz tende ser um material que produz uma silagem com elevada qualidade quanto a conservação, pois teores abaixo tendem a ter perda de nutrientes ou pouca fermentação (FLUCK et al., 2017). Silva et al. (2010), testando diferentes níveis de inclusão de raízes de mandioca (0, 15, 30 e 45%) na ensilagem da parte aérea dessa planta, puderam concluir que a adição de 45% de raiz melhorou o processo fermentativo e o valor nutritivo das silagens. A inclusão de raízes de mandioca na ensilagem da parte aérea diminuiu os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina.

Loc et al. (1997), realizando análises da composição química da silagem da raiz de mandioca em diferentes períodos de armazenamento (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) observaram que houve o aumento do teor de MS com o aumento do tempo de armazenamento encontrando valores crescente de matéria seca apresentando valores estáveis a partir de 90 dias com posterior redução a partir de 120 dias. Houve a redução do pH para aproximadamente o mesmo nível (pH = 4,0) após 30 dias e depois diminuiu ligeiramente para 3,7 aos 90 dias permanecendo nesse valor (Gráfico 1.2).

Gráfico 1.2. Teor de matéria seca e pH de silagens de raiz de mandioca em diferentes períodos de armazenamento
Fonte: Adaptado de LOC et al. 1997.



Loc et al. (1997) constataram que o tempo de armazenamento diminuiu os teores de ácido acético e butírico enquanto que houve o aumento do teor de ácido láctico (Tabela 1.3). Também demonstraram que a ensilagem de raiz reduziu o teor de HCN, diminuindo rapidamente até 30 dias e continuando a diminuir de forma mais lenta até 180 dias (Gráfico 1.3).

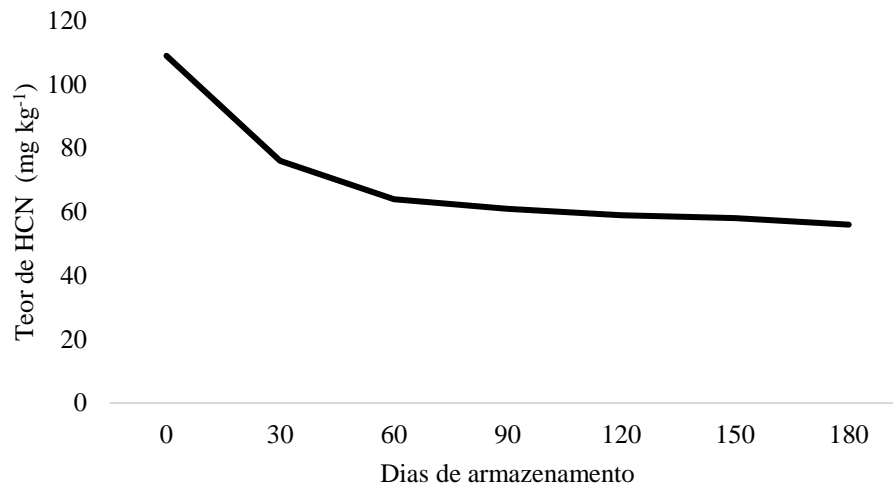
Tabela 1.3. Efeito do tempo de armazenamento sobre o conteúdo de ácidos orgânicos de silagens de raiz de mandioca (% MS).

| Dias | Ácido Acético | Ácido Butírico | Ácido Lático |
|------|---------------|----------------|--------------|
| 30 | 0,81 | 0,23 | 4,55 |
| 60 | 0,79 | 0,14 | 5,62 |
| 90 | 0,74 | 0,06 | 5,70 |

Fonte: LOC et al., 1997.

Gráfico 1.3. Efeito do tempo de armazenamento sobre o teor ácido cianídrico em de silagens de raiz de mandioca (mg kg⁻¹)

Fonte: LOC et al., 1997.



Quanto à composição química da silagem de raiz de mandioca foi possível encontrar valores de 43,21% de MS; 97,45% de MO, 2,55% de MM; 3,19% de PB; 3,17% de EE; 91,09% de carboidratos totais (CHO); 8,79% de FDN_{cp}; 82,30% de carboidratos não fibrosos (CNF); 2,16% de FDA_{cp} e 2,01% de lignina demonstrando o seu potencial na alimentação animal (VIEIRA et al., 2017).

No experimento de Vieira et al. (2017), utilizando 5 níveis de silagem de raiz de mandioca (0,00; 3,62; 7,23; 10,84 e 14,54 da MS) na dieta de bovinos foi possível observar que a silagem de raiz de mandioca influencia no consumo de nitrogênio total e no balanço de nitrogênio. A silagem de raiz elevou a eficiência do uso dos compostos nitrogenados que se relacionam diretamente às fontes de amido e de proteína bruta da dieta. O balanço de N teve comportamento linear crescente, demonstrando o efeito positivo da aplicação da silagem da raiz de mandioca em dietas para

bovinos. Estes autores concluíram que o nível de 7,23% de silagem da raiz de mandioca na dieta foi mais eficaz na utilização dos compostos nitrogenados.

Apesar dos dados expostos sobre a silagem de raiz de mandioca, estudos envolvendo este material ainda são escassos na alimentação de ruminantes, utilizando-se a silagem de raiz com maior frequência em dietas de monogástricos como por exemplo os suínos (LOC et al., 1997; LIU & ZHUANG, 2001). Dessa forma, é interessante realizar mais pesquisas que visem demonstrar os efeitos do uso de silagem de raiz nas dietas de ruminantes em substituição aos ingredientes convencionais.

REFERÊNCIAS

- APEA-BAH, et al. 2011. Factor analysis and age at harvest effect on quality of flour from four cassava varieties. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 6 (1): 43-54.
- ALBUQUERQUE, J.A.A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008
- ALLEM, Antonio C. The closest wild relatives of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Euphytica**, v. 107, n. 2, p. 123-133, 1999.
- ALVES, A. A. C. et al. Cassava botany and physiology. **Cassava: biology, production and utilization**, v. 1, p. 67-89, 2002.
- ALVES, R. N. B; MODESTO J., M. de S.; ANDRADE, AC da S. O trio da produtividade na cultura da mandioca: estudo de caso de adoção de tecnologias na região no Baixo Tocantins, Estado do Pará. **In: Embrapa Amazônia Oriental**-Artigo em anais de congresso (ALICE). 2008.
- ARAÚJO, E. C.; LANGUIDEY, P. H. Composição química, consumo voluntário e digestibilidade aparente de fenos da rama da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 17, n. 11, p. 1679-1684, 1982.
- AZEVEDO, E.B. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural* 36:1902-1908. 2006.
- BANDYOPADHYAY, R. et al. Espécies de *Fusarium* do complexo de podridão radicular da mandioca na África Ocidental. **Fitopatologia**, v. 96, n. 6, p. 673-676, 2006.
- BARRIGOSI, J. A.F; ZIMMERMANN, F. J.P; LIMA, PAULO S. Consumption rates and performance of *Erinnyis ello* L. on four cassava varieties. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 429-433, 2002.
- BOLHUIS, G. G. et al. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 2, p. 176-186, 1954.
- BRUIJN, G. H.; FRESCO, L. O. The importance of cassava in world food production. **NJAS wageningen journal of life sciences**, v. 37, n. 1, p. 21-34, 1989.
- CARVALHO, R. da S.; RODRIGUEZ, MAD. Armadilha CNPMF: detecção, monitoramento e controle da broca-da-haste da mandioca gênero *Sternocoeelus*. 2010. EMBRAPA.
- CARVALHO, João Luis Homem de. A mandioca raiz e parte aérea na alimentação animal. Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E), 1983.
- CHISTÉ, R. C. et al. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 221-226, 2010.

CEREDA M. P., MATTOS M. C. Linamarin: The toxic compound of Cassava. **J. Venom Animals Toxins**. 2:1:6-12, 1996;

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, v. 126, n. 7-8, p. 355-365, 2002.

EDET, Michael A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.

EVANGELISTA, Antônio Ricardo et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 20-26, 2009.

FAO, 2020_ Banco de dados FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2020. Roma, Itália: FAO. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/E> > Acesso: 29 abr. 2020.

FAUSTINO, Josiane Oliveira et al. Efeito da ensilagem do terço superior da rama de mandioca triturada ou inteira e dos tempos de armazenamento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 403-410, 2003.

FERNANDES, F.D. et al. Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 17, 1–12, 2016.

FERREIRA A.L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10, 129-36, 2009.

FERREIRA, G. D. G. et al. Valor nutritivo de co-produtos da mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 4, 2008.

FIGUEIREDO, M. P. de; SOUZA, L. F.; FERREIRA, J. Q. Cinética da degradação ruminal da matéria seca da haste, da raiz, do feno da parte aérea e da silagem de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tratada com uréia. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 1, p. 11-17, 2006.

FLUCK, A. C. et al. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 176-181, 2017.

GUTIERREZ, A. P. et al. Analysis of biological control of cassava pests in Africa. III. Cassava green mite *Mononychellus tanajoa*. **Journal of applied ecology**, p. 941-950, 1988.

HOWELER, Reinhardt H. Recent trends in production and utilization of cassava in Asia. **The Cassava Handbook**, p. 1-22, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:< ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201801.pdf >, acessado em 15 mai. 2020.

KHANG, D. N; WIKTORSSON, H.; PRESTON, T. R. Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 7, p. 1029-1035, 2005.

KUNG, L., SHAVER, R. D., Grant, R. J., & SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, 101(5), 4020–4033, 2018.

LI, M. et al. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.

LIU, Jian Ping; ZHUANG, Zhong Tang. The use of cassava roots and silage from leaves for pig: **Feeding in Yunnan Province of China**. 2001.

LOC, Nguyen Thi; PRESTON, T. R.; OGLE, B. Cassava root silage for crossbred pigs under village conditions in Central Vietnam. **Livestock Research for Rural Development**, v. 9, n. 2, p. 12-19, 1997.

MATTOS, P. L. de.; CARDOSO, E. M. R. Cultivo da mandioca para o Estado do Pará. EMBRAPA. 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 14 mai. 2020.

MENDONÇA, H. A. de; MOURA, G. M. de; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes idades de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.

MOREIRA, G. L. P. 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.

MOTA, A. D. S. et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.

MOURA, G. de M. Avaliação de cultivares de mandioca em diferentes idades de colheita, no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz da Almas, v. 17, n. 1/2, p. 13-23, set. 1998

MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Mannihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.

NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, 86(9), 842–848., 2015.

OKE OL. The role of hydrocyanic acid in nutrition. **World Rev. Nutr. Dietetics.**, 11, 170-98, 1969.

OLIVEIRA, N. T. et al. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1436-1442, 2012.

- OMONGO, Christopher A. et al. African cassava whitefly, *Bemisia tabaci*, resistance in African and South American cassava genotypes. **Journal of integrative agriculture**, v. 11, n. 2, p. 327-336, 2012.
- ONI, A. O. et al. Effect of additives on fermentation of cassava leaf silage and ruminal fluid of West African dwarf goats. **Archivos de zootecnia**, v. 63, n. 243, p. 449-459, 2014.
- ORLANDINI, P. A; LIMA, L. R. de. Synopsis of the genus *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) in São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 41, n. 1, p. 51-60, 201
- PINHO, E. Z. de et al . Fermentation and nutritive value of silage and hay made from the aerial part of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba , v. 61, n. 4, p. 364-370, 2004 .
- SALLES, MSV et al. Characterization of cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) aerial parts for ruminant feeding. **Ars Veterinaria**, v. 32, n. 1, p. 42-54, 2016.
- SERRA, I. M. R. Set al. *Scytalidium lignicola* em mandioca: ocorrência no Estado do Maranhão e reação de cultivares ao patógeno. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, p. 327-328, 2009.
- SENA, Leonardo Sicupira et al. Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 249-258, 2014.
- SILVA, C.F.P.G. da; PEDREIRA, M.S.; FIGUEIREDO, M.P. de; BERNARDINO, F.S.; FARIAS, D.H.. Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.4, p.401-408, 2010.
- SIQUEIRA, Gustavo Rezende et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007.
- SOUZA, L. da S.; SILVA, J. da; SOUZA, L. D. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico 133**, Cruz das almas, BA 2009.
- SUDARMAN, A. et al. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.
- TREMACOLDI, C. R. Manejo das principais doenças da cultura da mandioca no Estado do Pará. *Cultura da Mandioca: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria*. 1ed. Brasília: Embrapa, 2016, v. 1, p. 161-170.
- UBALUA, A. O.; OTI, E. Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post harvest cassava root rot pathogens. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 21, 2007.
- UCHECHUKWU-AGUA, A. D., CALEB, O. J., & Opara, U. L. Postharvest Handling and Storage of Fresh Cassava Root and Products: a Review. **Food and Bioprocess Technology**, 8(4), 729–748, 2015.

VIEIRA, P. A. S. et al. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 883-890, 2017.

WANAPAT, M. et al. Strategic supplementation of cassava top silage to enhance rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows in the tropics. **Tropical Animal Health and Production**, **50(7)**, 1539–1546, 2018.

CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DA PARTE AÉREA DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

RESUMO

Na alimentação de ruminantes, a mandioca torna-se uma alternativa altamente viável em comparação aos alimentos convencionais como o milho e soja, oferecendo uma produção menos onerosa, contribuindo favoravelmente na intensificação e sustentabilidade dos sistemas pecuários. Entretanto, seria interessante aumentar a possibilidade do uso além do terço superior da planta para ensilagem, compreendendo o comportamento da cultura em diferentes idades de colheita da parte aérea. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita e tempo de armazenamento em silagens de parte aérea dividido em dois experimentos. O experimento 1, avaliou-se a silagens de parte aérea e o experimento 2, avaliou-se a ensilagem da sua rebrota. O experimento 1 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 6×3 , sendo seis idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições com 24 parcelas. O experimento 2 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 4×3 , sendo quatro idades de rebrota da parte aérea de mandioca (6, 7, 8 e 9 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. Aos seis meses (exp1) e 11 meses (exp2) e após o plantio respectivamente, iniciou-se os cortes da parte aérea a 50 cm do solo, coletando-se todas as plantas da parcela. Após a abertura as amostras foram direcionadas avaliação do perfil fermentativo, quantificação das populações microbianas, determinação da composição química e estabilidade aeróbia. Para o experimento 1, houve efeito da IC sobre a população microbiana, pH e composição química antes da ensilagem ($P > 0,05$). Houve efeito da interação IC \times TA ($P < 0,05$) sobre a população microbiana, pH e composição química das silagens de parte aérea. Observou-se que houve efeito da interação IC \times EA ($P < 0,05$) sobre as populações microbianas, exceto para o pH e temperatura, que obtiveram efeito apenas da EA ($p < 0,05$). Para o experimento 2, não se observou efeito da IC sobre a população de microrganismos e pH ($P > 0,05$), exceto para a população de ENT ($P < 0,05$). Não foi observado efeito da IC nem do TA sobre as populações de BAL ($P > 0,05$). Houve efeito da TA para o pH, encontrando valores de 3,5 e 3,7 para 3 e 90 dias respectivamente ($P < 0,05$). IC não influenciou a EA, Tmax, Htmax, AMP ($P > 0,05$). Entretanto, a IC afetou as PMS, com maiores valores aos 7, 8 e 9 meses e maiores PE aos 7 e 9 meses de idade ($P < 0,05$). O presente estudo estabeleceu alguns limites de a partir de qual idade já pode utilizar a parte aérea para ensilar com características finais das silagens desejáveis aos processos de fermentação. Desta forma, recomenda-se ensilar a parte aérea de mandioca mais novas como as de 6 meses de idade, pois, apesar de apresentar quedas mais lentas de pH no início do período de armazenamento, se manteve estável até os 90 dias.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Ensilagem. Estabilidade aeróbia. *Manihot esculenta*.

ABSTRACT

In ruminant feeding, cassava becomes a highly viable alternative compared to conventional foods such as corn and soybeans, offering less costly production, contributing favorably to the intensification and sustainability of livestock systems. However, it would be interesting to increase the possibility of using beyond the top third of the plant for ensiling, understanding the behavior of the crop at different harvesting ages of the aerial part. Therefore, the objective was to evaluate the effect of harvest age and storage time in aerial part silages divided into two experiments. Experiment 1 evaluated the aerial part silages and experiment 2 evaluated the silage of its regrowth. Experiment 1 was carried out in a randomized block design arranged in a 6×3 factorial scheme, with six harvest ages of the cassava shoot (6, 7, 8, 9, 10 and 11 months) and three silage storage periods (3, 30 and 90 days after ensiling), with four replicates with 24 plots. Experiment 2 was carried out in a randomized block design arranged in a 5×3 factorial scheme, with five cassava shoot regrowth ages (6, 7, 8 and 9 months) and two silage storage periods (3 and 90 days). After ensiling, with four repetitions. At six months (exp1) and 11 months (exp2) and after planting, respectively, the aerial part cuts were started 50 cm above the ground, collecting all the plants in the plot. After opening the samples were directed to evaluate the fermentation profile, quantification of microbial populations, determination of chemical composition and aerobic stability. For experiment 1, there was an effect of CI on the microbial population, pH and chemical composition before ensiling ($P>0.05$). There was an effect of IC \times TA interaction ($P<0.05$) on the microbial population, pH and chemical composition of shoot silages. It was observed that there was an effect of the IC \times EA interaction ($P<0.05$) on the microbiological populations, except for pH and temperature, which obtained an effect only from the EA ($p<0.05$). For experiment 2, there was no effect of CI on the population of microorganisms and pH ($P>0.05$), except for the ENT population ($P<0.05$). There was no effect of CI or TA on BAL populations ($P>0.05$). There was an effect of TA for pH, finding values of 3.5 and 3.7 for 3 and 90 days respectively ($P<0.05$). CI did not influence EA, Tmax, Htmax, AMP ($P>0.05$). However, CI affected PMS, with higher values at 7, 8 and 9 months and higher PE at 7 and 9 months of age ($P<0.05$). The present study established some limits from which age the aerial part can already be used to ensile with the final characteristics of the silages desirable for the fermentation processes. Thus, it is recommended to ensil the younger cassava shoots, such as those aged 6 months, because, despite showing slower pH drops at the beginning of the storage period, it remained stable up to 90 days.

Keywords: Aerobic stability. Alternative foods. *Manihot esculenta*. Silage.

2.1. Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura flexível quanto ao seu uso, tanto na alimentação humana quanto animal (KOSUGI et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015). Na alimentação de ruminantes, a mandioca torna-se uma alternativa aos alimentos convencionais como o milho, sorgo e gramíneas tropicais, oferecendo uma produção menos onerosa, contribuindo favoravelmente na intensificação e sustentabilidade dos sistemas pecuários (BIZZUTI et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2016; SANTOS et al., 2020).

Na colheita das raízes, são deixados resíduos culturais como a parte aérea composta de folhas e caules que podem ser considerados como um volumoso relativamente rico em proteínas e carboidratos não estruturais (FLUCK et al., 2017; SANTOS et al., 2020). A folha da mandioca possui alto teor proteico indicando valores que variam de 14 a 19% de proteína bruta, energia e minerais que elevam o valor nutritivo do alimento (NAPASIRTH et al., 2015; SURDAMAN et al., 2016).

Dessa forma, a parte aérea da mandioca tem sido utilizada na alimentação de ruminantes por ser considerada uma cultura com características fermentativas adequadas ao processo de ensilagem, com suas silagens com valores de pH dentro da faixa recomendada (FERREIRA et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015). Diversos autores vêm pesquisando a qualidade de silagens de parte aérea da mandioca (AZEVEDO et al., 2006; MOTA et al., 2011) demonstrando que a silagem do terço superior da mandioca apresenta adequada produção de ácido lático, o que permite a rápida redução do pH da massa ensilada e consequente conservação do material (MOTA et al., 2011).

A ensilagem do terço superior da parte aérea de mandioca após 56 dias de armazenamento em um trabalho realizado por Mota et al. (2011) apresentou teores ácido lático de 9,40% da MS, responsável pela redução do pH da silagem para a faixa de 3,8 a 4,2 o que possibilitou uma adequada conservação da massa ensilada, garantindo a qualidade do produto. Em outro experimento com a inclusão gradativa de folha de mandioca em silagens de capim, os autores constataram o aumento do teor de proteína da silagem, aumentando o valor nutritivo, degradabilidade ruminal, melhorando a qualidade da silagem de capim (LI et al., 2018).

Entretanto, seria interessante aumentar a possibilidade do uso além do terço superior da planta para ensilagem, compreendendo o comportamento da cultura em diferentes idades de colheita da parte aérea, visto que diversos autores constataram que esse fator pode alterar a morfologia e a fisiologia da planta assim como o rendimento das raízes (EDET et al., 2015;

MENDONÇA et al., 2003; MOURA, 1998; MULUALEM, 2012). Tais alterações podem afetar diretamente o processo fermentativo considerando as interações entre concentração de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão.

Em um experimento utilizando três frequências de colheita (3, 6 e 9 meses; 6 e 9 meses; e única colheita das raízes), os autores observaram a correlação positiva entre o aumento da frequência de colheita e a produção de matéria seca e proteína bruta na parte aérea da mandioca (HUE et al., 2012). Além disso, a definição de idades de colheita e ensilagem podem gerar recomendações de manejo específicas para o cultivo da mandioca destinado à produção de silagem de parte aérea.

Sendo assim, hipotetizamos que a idade de colheita da parte aérea e o efeito da sua rebrota alteram a qualidade fermentativa de silagens de mandioca, além de otimizar o manejo da cultura para a produção de forragem e confecção de silagens. Além disso, o tempo de armazenamento da silagem pode interferir nas características fermentativas e valor nutritivo da silagem. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita e tempo de armazenamento sobre as características e perdas fermentativas, populações microbianas, estabilidade aeróbia e composição química da silagem de parte aérea de mandioca.

2.2. Material e métodos

Foram realizados dois experimentos para avaliar os efeitos da idade de colheita da parte aérea de mandioca (experimento 1) e da rebrota da parte aérea (experimento 2), em diferentes tempos de armazenamento de silagens de parte aérea de mandioca.

2.2.1. Local

A lavoura de mandioca foi implantada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu (FEIGA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Igarapé-Açu, Pará, 01°07'21" S e 47°36'27" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo climático 'Ami', caracterizado por clima chuvoso, apresentando pequena estação seca (PACHECO & BASTOS, 1999).

Na região de Igarapé-Açu, a média anual da temperatura máxima é de 32,2 °C e a mínima anual é 21,7 °C. O regime de chuvas não está distribuído de forma homogênea, possuindo maiores precipitações entre os meses de março e abril e os menos elevados, entre setembro e outubro

apresentando variações em suas médias anuais de pluviosidade entre 2.302,5 mm e 2.857,4 mm (PACHECO & BASTOS, 2011).

2.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem

Experimento 1

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 6×3 com medidas repetidas no tempo, sendo seis idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais tipo *bags* com o uso de sacos para embalagem a vácuo medindo 25×30 cm (Cetro, São Paulo, Brasil) para abertura de 3, 30 e 90 dias e baldes plásticos com capacidade de 10 litros para a abertura aos 90 dias para realização da estabilidade aeróbia.

A cultura foi implantada conforme as recomendações técnicas de adubação e calagem, com 1ton ha⁻¹ de calcário para a correção da acidez do solo, uma adubação fosfatada e potássica de 60 e 40kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O respectivamente na implantação (SOUZA, et al. 2009) e com 90kg de N ha⁻¹ na cobertura parcelado durante 4 meses (aos 2, 3, 4 e 5 meses após a emergência). O preparo do solo foi feito com uma aração e uma gradagem, e em seguida, os sulcos foram abertos manualmente. Para o plantio, foram utilizadas manivas sementes, plantadas sete dias após a coleta, da variedade Manivão obtidas de plantas sadias do projeto Reniva implantado na propriedade rural parceira localizada no município de Tracuateua, PA.

A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 24 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento. As parcelas foram compostas de 49 plantas distribuídas em sete linhas de plantio. O plantio foi realizado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, colocando-se as manivas na posição diagonal, permanecendo duas gemas acima da superfície do solo. Foram realizados os tratos culturais necessários para o pleno desenvolvimento das plantas até os 180 dias após o plantio (DAP).

Aos seis meses após o plantio, iniciou-se os cortes da parte aérea a 50 cm do solo, coletando-se todas as plantas da parcela. O material colhido foi triturado, homogeneizado e procedeu-se à ensilagem. Antes da ensilagem, foram coletadas amostras dos materiais e armazenados em *freezer* para análise da composição química para posterior caracterização da planta. Para a ensilagem dos silos *bags*, foram coletados 500 g de massa de forragem e o material foi ensilado sendo embalado à vácuo utilizando-se a Seladora Comercial Automática (Cetro, São Paulo, Brasil).

Já para os silos em baldes, foram colocados 7 kg de massa de forragem a fim de atingir densidade de 600 kg/m^3 . Após o processamento e pesagem, o material nos baldes foi compactado por pisoteio nos respectivos silos. No fundo baldes foram colocados 2 kg de areia seca dentro de um saco de tecido não tecido (TNT) para a captação do efluente. A ensilagem foi feita por ordem de repetição. Os baldes foram pesados e armazenados em local protegido até à abertura nos respectivos dias de armazenamento.

Na abertura dos silos *bags*, retiraram-se amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química. No momento da abertura realizou-se a pesagem dos baldes e foram coletadas amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química. Logo após, coletaram-se 2 kg de material que foram colocados em baldes sem compactação para avaliação da estabilidade aeróbia.

Experimento 2

Para este experimento foi utilizada a lavoura de mandioca cultivada no Experimento 1. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro idades de rebrota da parte aérea de mandioca (6, 7, 8 e 9 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais denominados *bags* com o uso de sacos para embalagem a vácuo medindo 25×30 cm (Cetro, São Paulo, Brasil) para abertura de 3, e 90 dias e baldes plásticos com capacidade de 10 litros para a abertura aos 90 dias para realização da estabilidade aeróbia.

Aos 11 meses após o plantio, realizou-se o corte a 50 cm do solo da rebrota das plantas colhidas aos 6, 7, 8 e 9 meses da parte aérea. O material colhido foi triturado, homogeneizado e procedeu-se à ensilagem. Antes da ensilagem, foram coletadas amostras dos materiais e armazenados em *freezer* para análise da composição química para posterior caracterização da planta. Para a ensilagem dos silos *bags*, foram coletados 500 g de massa de forragem e o material foi ensilado sendo embalado à vácuo utilizando-se a Seladora Comercial Automática (Cetro, São Paulo, Brasil).

Já para os silos em baldes, foram colocados 7 kg de massa de forragem a fim de atingir densidade de 600 kg/m^3 . Após o processamento e pesagem, o material nos baldes foi compactado

por pisoteio nos respectivos silos. No fundo baldes foram colocados 2 kg de areia seca dentro de um saco de tecido não tecido (TNT) para a captação do efluente. A ensilagem foi feita por ordem de repetição. Os baldes foram pesados e armazenados em local protegido até à abertura nos respectivos dias de armazenamento.

No momento da abertura dos *bags* e dos baldes, foram retiradas amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química. Após as pesagens dos baldes, a silagens foram retiradas, homogeneizadas e coletou-se 2 kg de material que foram colocados em baldes sem compactação para avaliação da estabilidade aeróbia.

Na abertura dos silos *bags*, retiram-se amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química. No momento da abertura dos baldes, realizou-se a pesagem dos mesmos, retirou-se a silagem, os quais foram homogeneizadas e foram retiradas amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química. Logo após, coletaram-se 2 kg de material que foram colocados em baldes sem compactação para avaliação da estabilidade aeróbia.

2.2.3. Avaliação e variáveis

2.2.3.1. Perdas de matéria seca e por efluentes

As perdas de matéria seca (PMS) e por efluente (PE) foram calculadas por diferença de peso de cada componente da silagem, conforme descrito por Jobim et al. (2007).

2.2.3.2. Avaliação da estabilidade aeróbia

Para a estabilidade aeróbia, foram utilizados dois baldes para cada tratamento, sendo um para coleta de amostras para avaliação de pH e das populações microbianas nos seguintes períodos de exposição aeróbia: 0, 4 e 8 dias, e outro para monitoramento da temperatura a cada 10 minutos através de *dataloggers* AK172 mini (AKSO®, Rio Grande do Sul, Brasil) inseridos no centro geométrico da massa de silagem. Os baldes foram mantidos em uma sala climatizada a 27°C por 8 dias. A estabilidade aeróbia é definida como o tempo necessário para que a temperatura da silagem ultrapasse 2°C a temperatura ambiente (TAYLOR et al., 2002). A partir dos dados coletados pelos *dataloggers*, foi possível determinar as seguintes variáveis: tempo em dias em estabilidade aeróbia (EA, dias), temperatura máxima que a silagem atingiu (Tmax), tempo em horas para a silagem atingir

a temperatura máxima (Htmax), temperatura (T; °C) e amplitude (AMP; diferença entre a temperatura máxima e mínima atingida pela silagem; CHERNEY & CHERNEY, 2003).

2.2.3.3. Populações microbianas e perfil fermentativo

Foram realizadas as análises de quantificação das populações microbianas e medição de pH nas amostras de parte aérea *in natura* e após a ensilagem, sendo 6 tratamentos com 3 tempos de armazenamento para o experimento 1 e 4 tratamentos com 2 períodos de armazenamento para o experimento 2, utilizando 3 meios de cultura seletivos para os grupos microbianos analisados.

Foi utilizado o MRS Agar (Kasvi) adicionado de nistatina (Controle de Microrganismos Indesejáveis CMI) após a esterilização, e seguinte quantificação de unidades formadoras de colônia (UFC) das bactérias ácido-lácticas (BAL) após incubação por 72 horas em estufa B.O.D. a 37°C e Violet Red Bile Lactose (Kasvi) com adição de nistatina (CMI), seguindo de contagem das UFC de enterobactérias (ENT) após uma incubação de 24 horas em estufa B.O.D. a 37°C conforme metodologia descrita por Jonsson (1991); e Batata Dextrose Agar (Kasvi), acrescido de ácido tartárico (CMI) após a esterilização, para contagem de mofos e leveduras (Lev) após incubação de 2 a 5 dias à 26°C segundo Silva et al., 2019.

A enumeração dos grupos microbianos foi realizada a partir de 25 g de uma amostra composta de cada mini silo, homogeneizadas com 225 mL de água peptonada a 0,1 % (Kasvi), obtendo-se a diluição de 10^{-1} . Em seguida, foram realizadas diluições sucessivas objetivando-se obter diluições variando de 10^{-1} a 10^{-7} com o cultivo realizado em placas de Petri estéreis. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 UFC. O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro, utilizando o extrato aquoso com 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada a 0,1% adaptada de Khang Jr, 1984.

2.2.3.4. Composição química

Em todas as amostras, as análises foram realizadas de acordo com a AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01; matéria mineral (MM) pelo método 923,03. Determinação de proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (1983) e a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada por método gravimétrico utilizando α -amilase estável ao calor sem uso de sulfito de sódio (método 2002.04; AOAC, 1990).

2.2.4. Análise estatística

Experimento 1

Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Os dados para populações microbianas, pH e composição química da parte aérea in natura foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, considerando no modelo estatístico o efeito fixo de idades de colheita (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e os efeitos aleatórios de bloco e o erro.

Os dados das populações microbianas, pH e composição química das silagens de parte aérea foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, com seis idades de colheita (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três tempos de armazenamento (3, 30 e 90; sendo repetidos dentro de cada unidade experimental). A idade de colheita, o tempo de armazenamento e a interação entre esses fatores foram considerados efeitos fixos e o bloco e o erro, aleatórios.

Os dados de populações microbianas, pH e temperatura das silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, com quatro idades de colheita (6, 7, 8, 10 e 11 meses) e 3 períodos de exposição aeróbia (0, 4 e 8). A idade de colheita, a exposição aeróbia e a interação entre esses foram consideradas efeitos fixos e bloco e o erro, aleatório.

Utilizou-se a matriz de covariância de Componentes de Variância (CV), a qual foi escolhida através do critério de Akaike corrigido (AICC). Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger.

Os dados de estabilidade aeróbia (EAd, Tmax, Htmax e AMP) e perdas das silagens aos 90 dias de armazenamento, foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, no qual as idades de colheita (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) foram consideradas fixos, e o bloco e o erro, aleatório.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 20® (Systat Software Inc.)

Experimento 2

Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Os dados para populações microbianas, pH e composição química da parte aérea in natura foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, considerando no modelo estatístico o efeito fixo de idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) e os efeitos aleatórios de bloco e o erro.

Os dados das populações microbianas, pH e composição química das silagens de parte aérea foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, com seis idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) e dois tempos de armazenamento (3, 30; sendo repetidos dentro de cada unidade experimental). A idade de colheita, o tempo e armazenamento e a interação entre esses fatores foram considerados efeitos fixos e o bloco e o erro, aleatórios.

Os dados de populações microbianas, pH e temperatura das silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, com quatro idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) e 3 períodos de exposição aeróbia (0, 4 e 8). A idade de colheita, a exposição aeróbia e a interação entre esses foram consideradas efeitos fixos e bloco e o erro, aleatório.

Utilizou-se a matriz de covariância Componentes de Variância (CV), a qual foi escolhida através do critério de Akaike corrigido (AICC). Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger.

Os dados de estabilidade aeróbia (EA, Tmax, Htmax e AMP) e perdas das silagens aos 90 dias de armazenamento, foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, no qual as idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) foram consideradas fixos, e o bloco e o erro, aleatório.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 20® (Systat Software Inc.)

2.3. Resultados

Experimento 1

Houve efeito da IC sobre a população microbiana, pH e composição química antes da ensilagem ($P>0,05$; Tabela 2.1). Quanto à população de microrganismos, os maiores valores para BAL foram encontrados nas idades de 10 e 11 meses, para ENT aos 8 e 10 meses, mofos aos 11 meses e para LEV observou-se maiores valores aos 8 e 10 meses de idade. O maior pH foi observado aos 6 meses, variando entre as idades, registrando-se menores valores aos 10 e 11 meses.

Tabela 2.1. Populações microbianas (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e composição química (g/kg MS) da parte aérea de mandioca em função da idade de colheita.

| | Idade de colheita, meses | | | | | | EPM | P-valor |
|-----|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------|---------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| BAL | 4.13 b | 4.65 b | 4.46 b | 4.23 b | 5.20 a | 5.97 a | 0,24 | 0,00 |
| ENT | ND | 5.09 b | 5.75 a | 4.39b | 6.40 a | 4.59 b | 0,22 | <.0.01 |
| MOF | 3.20 c | 3.53 b | 4.16 b | 3.65b | 3.69 b | 5.11 a | 0,15 | <.0.01 |
| LEV | 3.57 b | 3.82 b | 5.34 a | 4.00b | 4.13 b | 5.00 a | 0,27 | 0,00 |
| pH | 6.84 a | 6.54 b | 6.63 b | 6.34 c | 5.27 d | 5.14 e | 0,03 | <.0.01 |
| MS | 255.70 a | 228.50 b | 249.00 a | 225.00 b | 243.20 a | 257.20 a | 0,33 | <.0.01 |
| MM | 62.10 a | 69.90 a | 45,30 b | 51.6b | 48.60 b | 44.20 b | 0,24 | <.0.01 |
| PB | 346.60 a | 320.70 b | 286.30 c | 257.60 d | 274.80 c | 223.20 e | 0,33 | <.0.01 |
| FDN | 494.40 c | 509.30 c | 555.30 b | 553.80 b | 550.10 b | 582.30 a | 0,60 | <.0.01 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; EPM – erro padrão médio. ND – Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Com relação à composição química da parte aérea, o teor de MS variou entre 228,5 e 255,7 g/kg, com menores valores aos 7 e 9 meses. Para MM, encontraram-se maiores valores para as idades iniciais de 6 e 7 meses. Os teores de PB variaram de acordo com as idades de colheita, com o maior valor encontrado de 346,6 g/kg MS aos 6 meses, 320,70 g/kg de MS aos 7 meses, valores intermediários aos 8 e 10 meses, 286,3 e 274,8 g/kg MS respectivamente e menor valor aos 11 meses com 223,2 g/kg MS. Já para FDN, o maior valor foi encontrado aos 11 meses de idade, com valores intermediários aos 8, 9, e 10 meses e menores valores aos 6 e 7 meses.

Houve efeito da interação IC×TA ($P<0,05$) sobre a população microbiana, pH e composição química das silagens de parte aérea (Tabela 2.2). Os padrões de contagens de BAL, ENT, MOF, LEV e pH em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento são mostrados na Figura 2.1.

Tabela 2.2. Populações microbianas (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e composição química (g/kg MS) de silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

| | Idade de colheita, meses | | | | | | Tempo de armazenamento, dias | | | EPM | P-valor | | |
|-----|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|--------|--------|------|---------|--------|--------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 3 | 30 | 90 | | IC | TA | IC×TA |
| BAL | 7.06 | 6.38 | 7.41 | 5.99 | 6.99 | 5.88 | 8.26 | 5.24 | 6.36 | 0,37 | <.0.01 | <.0.01 | <.0.01 |
| ENT | ND | 2,55 | 2,88 | 2,61 | 2,44 | 2,78 | 3.20 | 1.92 | 2.84 | 0,24 | 0,59 | <.0.01 | <.0.01 |
| MOF | 2.77 | 3.31 | 2.67 | 2.75 | 3.89 | 3.53 | 3.78 | 2.89 | 3.28 | 0,21 | <.0.01 | <.0.01 | <.0.01 |
| LEV | 2.45 | 2.45 | 2.16 | 2.85 | 3.52 | 3.15 | 3.23 | 2.43 | 2.64 | 0,23 | <.0.01 | 0,00 | <.0.01 |
| pH | 4.67 | 3.98 | 3.92 | 3.58 | 3.66 | 3.63 | 4.24 | 3.74 | 3.75 | 0,07 | <.0.01 | <.0.01 | <.0.01 |
| MS | 249.90 | 239.85 | 267.24 | 226.70 | 255.94 | 297.09 | 253.40 | 250.30 | 262 | 0,65 | <.0.01 | 0,00 | 0,03 |
| MM | 70.26 | 57.21 | 48.93 | 49.69 | 42.75 | 37.93 | 49.16 | 51.04 | 53.18 | 0,2 | <.0.01 | 0,01 | <.0.01 |
| PB | 342.09 | 313.40 | 290.37 | 286.05 | 274 | 197.65 | 280.24 | 289.39 | 282.15 | 0,37 | <.0.01 | 0,00 | <.0.01 |
| FDN | 505.41 | 528.70 | 519.40 | 581.68 | 594.77 | 594.65 | 550.15 | 551.20 | 560.95 | 0,62 | <.0.01 | 0,02 | 0,00 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Observou-se maiores populações BAL (Figura 2.1a) aos 3 dias de armazenamento, havendo uma acentuada queda aos 30 dias com decorrer das idades e a partir deste ponto, houve um ligeiro aumento da população de microrganismos aos 8 meses com 90 dias de armazenamento ($P<0,05$).

Para ENT (Figura 2.1b), observou-se maiores valores em função do tempo de armazenamento de 3 dias nos meses iniciais 6 e 7 meses, havendo uma queda na população nas silagens a partir de 30 dias, com pequeno aumento da população de microrganismos nas silagens de 90 dias a partir dos 9 meses de idade ($P<0,05$).

Observou-se maiores valores de MOFO (Figura 2.1c) nas silagens de 30 dias aos 6 e 7 meses, com a diminuição dos valores aos a partir dos 8 meses e posterior aumento nas silagens de 3, 30 e 90 dias a partir dos 10 meses de idade ($P<0,05$).

Quanto à população de LEV (Figura 2.1d), foi possível observar que houve a redução desses microrganismos com o aumento do tempo de armazenamento até os 9 meses, demonstrando maiores valores de LEV nas silagens de 10 e 11 meses ($P<0,05$). Observou-se que a interação IC×TA resultou na redução do pH (Figura 2.1e) nas silagens, proporcionando menores valores de pH aos 9 e 10 meses com 90 dias de armazenamento ($P<0,05$).

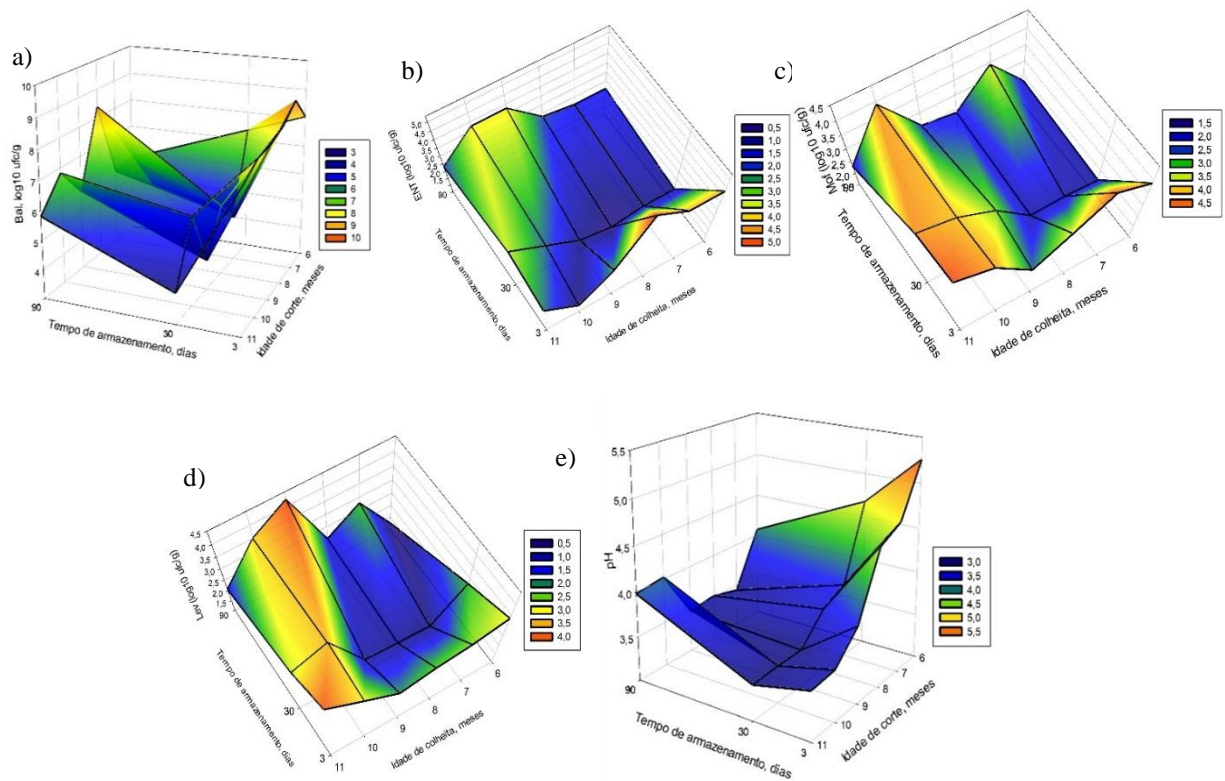


Figura 2.1. Valores de bactérias ácido lácticas – BAL (a), enterobactérias – ENT (b), mofos - MOF (c), leveduras-LEV (d) e pH (e) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Observou-se ligeiro aumento nos teores de MS (Figura 2.2a), aos 8 meses de idades com posterior queda e a partir de 9 meses, observou-se o aumento de MS com maiores médias aos 90 dias de armazenamento ($P < 0,05$). Para a concentração de MM (Figura 2.2b), observou-se redução dos valores com o decorrer dos meses apresentando menores valores aos 11 meses de idade nos três tempos de armazenamento ($P < 0,05$). Houve redução do valor de PB com o avançar da idade de colheita (Figura 2.2c), registrando-se os menores valores aos 11 meses nos três dias de armazenamento ($P < 0,05$). A quantidade de FDN aumentou em função do aumento da idade de colheita nos três tempos de armazenamento (Figura 2.2d), constatando-se maiores valores aos 11 meses ($P < 0,05$).

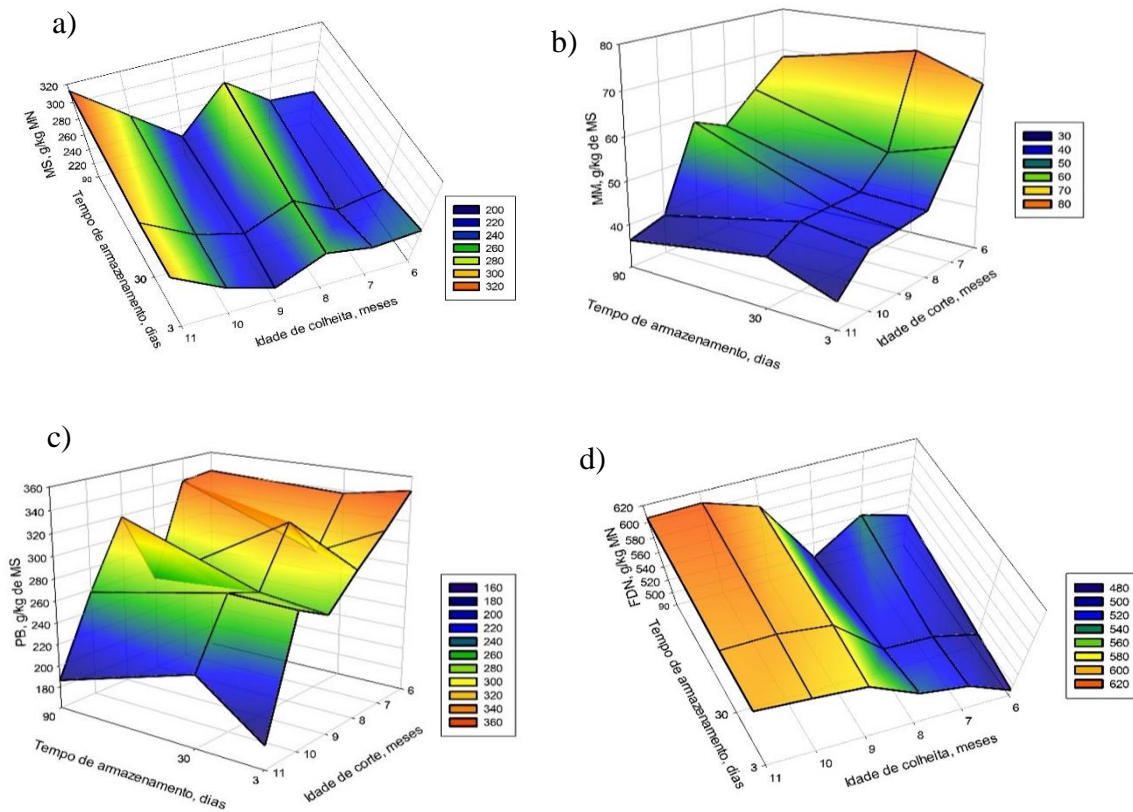


Figura 2.2. Valores de matéria seca - MS (a), matéria mineral - MM (b), proteína bruta - PB (c) e fibra em detergente neutro - FDN (d) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Observou-se que houve efeito da interação IC×EA ($P < 0,05$) sobre as populações microbianas, exceto para o pH e temperatura, que obtiveram efeito apenas da EA ($p < 0,05$; Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Populações microbianas (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e temperatura ($^{\circ}C$) de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento.

| | Idade de colheita, meses | | | | | Exposição aeróbia, dias | | | EPM | P-valor | | |
|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|---------|---------|------|---------|-------|-------|
| | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 0 | 4 | 8 | | IC | EA | IC×EA |
| BAL | 6.07 | 6.16 | 7.49 | 6.18 | 6.79 | 6.35 | 6.64 | 6.62 | 0.24 | <0.01 | 0.37 | <.001 |
| ENT | 3.10 | 3.75 | 5.13 | 4.95 | 5.62 | 2.22 | 3.92 | 7.39 | 0.26 | <.001 | <.001 | <.001 |
| MOF | 4.56 | 5.43 | 4.39 | 5.19 | 3.98 | 2.99 | 5.02 | 6.12 | 0.25 | <.001 | <.001 | 0.00 |
| LEV | 5.03 | 5.89 | 4.87 | 6.12 | 4.96 | 3.00 | 6.15 | 6.97 | 0.29 | 0.00 | <.001 | 0.00 |
| pH | 4.19 | 4.56 | 5.39 | 4.57 | 4.65 | 3.76 b | 4.79 a | 5.41 a | 0.35 | 0.09 | <.001 | 0.15 |
| Temp | 28.70 | 30.00 | 29.97 | 28.59 | 29.25 | 26.42 b | 30.07 a | 31.41 a | 1.05 | 0.69 | <.001 | 0.76 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; EA - exposição aeróbia; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Observou-se maiores valores de BAL a partir de 8 meses de idade com posterior queda da população com decorrer dos dias de exposição aeróbia (Figura 2.3a). Foi possível verificar o aumento de ENT (Figura 2.3b) com o aumento da exposição aeróbia, obtendo-se maiores valores aos 8 dias de EA em todas as idades de colheita ($P < 0,05$). Para MOF, observou-se aumento da população a partir dos 4 dias de exposição aeróbia para todas as idades de colheita, com maior valor aos 7 meses ($P < 0,05$). Observou-se o aumento de LEV nas silagens no decorrer dos dias de exposição, com maiores valores aos 6 e 9 meses ($P < 0,05$).

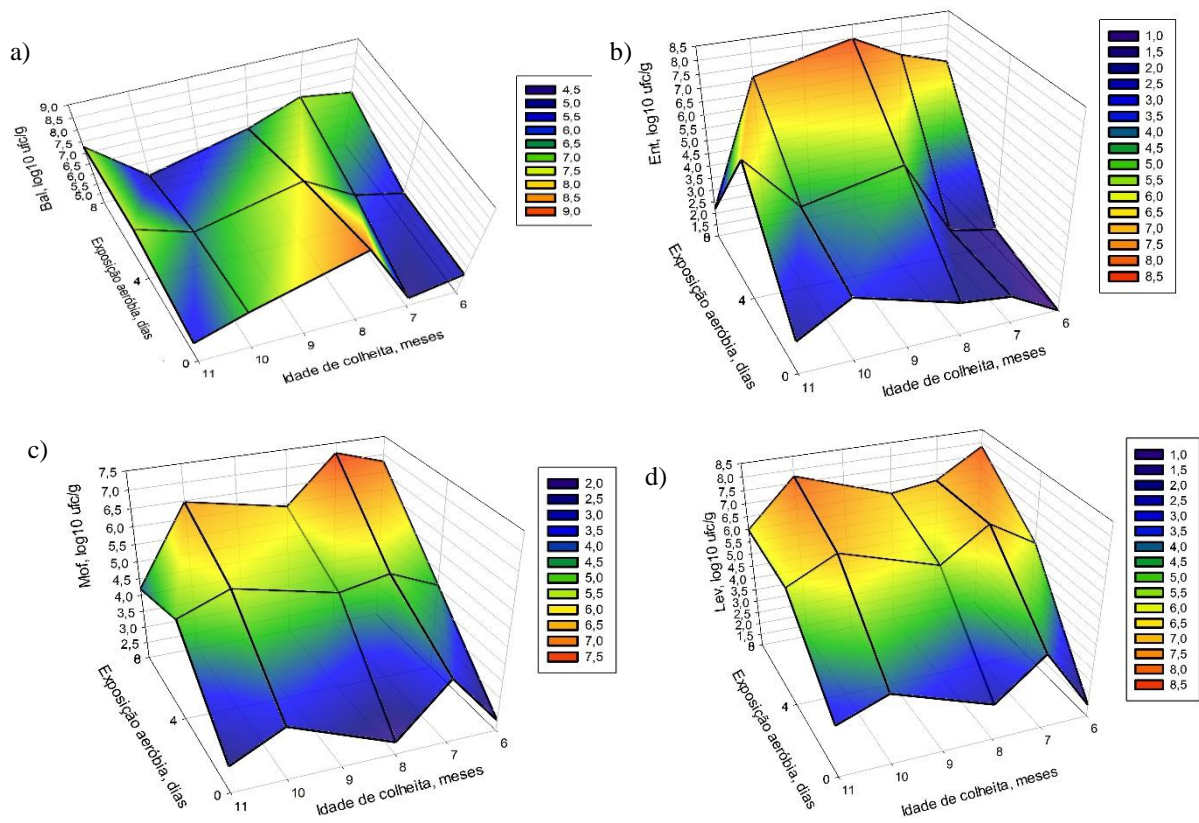


Figura 2.3. Contagem de bactérias ácido láticas – BAL (a), enterobactérias – ENT (b), mofos - MOF (c), leveduras- LEV (d) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e da exposição aeróbia.

Não foi observado efeito da IC sobre o pH e temperatura da silagem em exposição, havendo influencia apenas da EA, registrando os menores valores para ambas variáveis aos 0 dias de EA (3,76 e 26,42, respectivamente ($P < 0,05$)).

Os parâmetros analisados na estabilidade aeróbia das silagens de parte aérea com 90 dias de armazenamento são demonstrados na Tabela 7. Houve efeito da IC ($P < 0,05$) sobre a EA, Tmax, Htmax, AMP, PE, exceto PMS. A EA, nas idades de 6, 7, 9, 10 e 11 meses, foi maior do que na idade de 8 meses ($P < 0,05$). As silagens apresentaram maiores Tmax aos 6, 7, 8 e 9 meses de idade e os menores valores nas silagens de 10 e 11 meses ($P < 0,05$). A Htmax em silagens de 7 meses, apresentou o menor valor em comparação com as outras idades ($P < 0,05$). Já a AMP, foi menor aos 10 meses de idade ($P < 0,05$). Observou-se as maiores perdas por efluentes (55,9 e 56,5 kg/ton) aos 9 e 10 meses de idade ($P < 0,05$).

Tabela 2.4. Estabilidade aeróbia de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita aos 90 dias de armazenamento.

| | Idade de colheita, meses | | | | | | EPM | P-valor |
|-----------|--------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|-------|---------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| EA, dias | 5.94 a | 3.26 a | 2.61 b | 4.85 a | 7.43 a | 3.66 a | 1.06 | 0.04 |
| Tmax, °C | 35.62 a | 39.6 a | 40.69 a | 36.92 a | 31.22 b | 33.80 b | 1.57 | 0.00 |
| Htmax | 159.67 a | 83.16 b | 156.33 a | 159.67 a | 189.89 a | 157.83 a | 16.30 | 0.01 |
| AMP | 11.87 a | 13.57 a | 13.7 a | 10.60 a | 3.20 b | 8.65 a | 1.42 | 0.00 |
| PMS, g/kg | 73.95 | 36.55 | 35.82 | 69.72 | 38.05 | 62.00 | 1.31 | 0.15 |
| PE, kg/t | 51.93 b | 52.18 b | 51.08 b | 55.92 a | 56.53 a | 51.22 b | 0.80 | 0.00 |

EA - estabilidade aeróbia; Tmax - temperatura máxima; Hmax - hora da temperatura máxima; AMP - amplitude; PMS - perdas de matéria seca; PE - perdas por efluentes; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Experimento 2

Não se observou efeito da IC sobre a população de microrganismos e pH ($P > 0,05$), exceto para a população de ENT ($P < 0,05$). Observou-se efeito da IC sobre a composição química das silagens de parte aérea (Tabela 2.5). O teor de MS foi diferente entre as idades, com maior valor aos 6 meses ($P < 0,05$). O teor de MM foi maior na parte aérea de 9 meses ($P < 0,05$). O maior valor de PB foi observado nas silagens com 8 meses de idade ($P < 0,05$).

Tabela 2.5. População microbiana, pH e composição química da parte aérea de mandioca em função da idade de colheita.

| | Idade de colheita, meses | | | | EPM | P-valor |
|-----|--------------------------|----------|-----------|----------|------|---------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| BAL | 6.19 | 6.06 | 6.26 | 6.43 | 0.25 | 0.74 |
| ENT | 4.99 b | 4.73 b | 5.26 a | 6.07 a | 0.27 | 0.02 |
| MOF | 5.37 | 4.99 | 4.71 | 5.24 | 0.26 | 0.16 |
| LEV | 5.37 | 5.40 | 4.77 | 5.15 | 0.47 | 0.70 |
| pH | 5.10 | 5.20 | 5.16 | 5.15 | 0.04 | 0.20 |
| MS | 268.90 a | 252.85 b | 236.725 c | 252.15 d | 0.35 | 0.00 |
| MM | 33.37 c | 29.13 d | 43.80 b | 53.55 a | 0.20 | 0.00 |
| PB | 228.40 c | 227.55 c | 321.52 a | 271.60 b | 0.68 | 0.00 |

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Não foi observado efeito da IC nem do TA sobre as populações de BAL ($P>0,05$). Constatou-se efeito do TA sobre as ENT, MOF e LEV, com menores valores aos 90 dias de armazenamento ($P<0,05$). Houve efeito da TA para o pH, encontrando valores de 3,5 e 3,7 para 3 e 90 dias respectivamente ($P<0,05$). O teor de MS teve efeito da IC e do TA, com maiores valores de MS aos 6 meses e 3 dias de armazenamento ($P<0,05$). Houve efeito da IC sobre MM, no qual observou-se maiores teores 8 e 9 meses de idade (Tabela 2.6).

Tabela 2.6. Composição microbiana (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e composição química (g/kg de MS) de silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

| | Idade de colheita, meses | | | | Tempo de armazenamento, dias | | EPM | P-valor | | |
|-----|--------------------------|----------|----------|----------|------------------------------|----------|------|---------|------|-------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 3 | 90 | | IC | TA | IC×TA |
| BAL | 7.78 | 7.52 | 8.26 | 8.20 | 7.88 | 8.06 | 0.26 | 0.08 | 0.28 | 0.24 |
| ENT | 2.26 | 2.18 | 2.25 | 2.29 | 2.30 a | 2.19 b | 0.05 | 0.21 | 0.01 | 0.20 |
| MOF | 3.61 | 4.01 | 4.22 | 3.68 | 4.72 a | 3.03 b | 0.31 | 0.07 | 0.00 | 0.08 |
| LEV | 3.25 | 3.74 | 3.66 | 3.26 | 3.99 a | 2.96 b | 0.30 | 0.10 | 0.00 | 0.57 |
| pH | 3.61 | 3.71 | 3.59 | 3.71 | 3.55 b | 3.76 a | 0.12 | 0.68 | 0.02 | 0.47 |
| MS | 292.03 a | 280.05 b | 235.94 c | 224.90 c | 264.69 b | 281.88 a | 0.54 | 0.00 | 0.01 | 0.05 |
| MM | 38.61 b | 33.08 c | 57.08 a | 57.18 a | 41.18 | 51.80 | 0.71 | 0.01 | 0.08 | 0.72 |
| PB | 277.61 b | 235.31 d | 255.10 c | 297.43 a | 252.36 | 250.36 | 0.43 | 0.00 | 0.58 | 0.01 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Observou-se efeito da interação IC×TA sobre o teor de PB ($p<0,05$), onde houve aumento em seus valores com o avançar da idade, observando-se maiores valores nas silagens com 9 meses de idade (Figura 2.4).

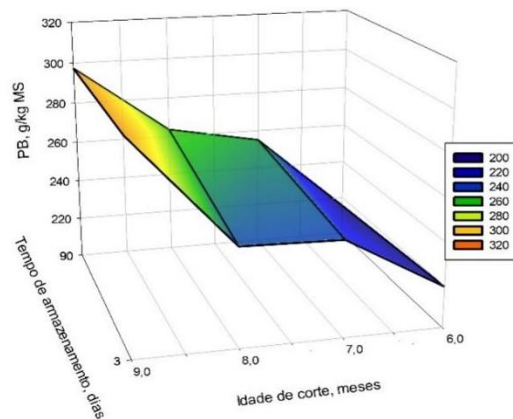


Figura 2.4. Valores de proteína bruta - PB (a) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Os parâmetros analisados nas silagens de parte aérea em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento são mostrados na Tabela 2.7. Houve efeito da interação IC×EA sobre as populações de BAL e ENT ($P < 0,05$).

Tabela 2.7. Populações microbianas (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e temperatura ($^{\circ}C$) de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento.

| | Idade de colheita. meses | | | | Exposição aeróbia. dias | | | EPM | P-valor | | |
|-------------|--------------------------|--------|--------|--------|-------------------------|---------|---------|------|---------|------|-------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 4 | 8 | | IC | EA | IC×EA |
| BAL | 7.20 | 6.43 | 6.71 | 7.52 | 8.06 | 6.90 | 5.94 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ENT | 4.53 b | 4.52 b | 3.56 c | 5.12 | 2.24 | 4.94 | 6.12 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MOF | 4.40 a | 4.35 a | 4.74 a | 3.90 b | 3.08 c | 4.49 b | 5.48 a | 0.25 | 0.04 | 0.00 | 0.06 |
| LEV | 4.41 b | 5.28 a | 5.03 a | 4.56 b | 3.24 c | 4.76 b | 6.45 a | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.13 |
| pH | 4.15 | 3.99 | 3.77 | 3.81 | 3.76 | 3.83 | 4.20 | 0.25 | 0.38 | 0.09 | 0.84 |
| Temperatura | 27.96 | 28.25 | 28.01 | 29.08 | 27.77 b | 26.86 b | 30.34 a | 0.56 | 0.28 | 0.00 | 0.19 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; EA - exposição aeróbia; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Foi possível observar que o número de BAL (Figura 2.5a) diminuiu com decorrer dos dias de exposição aeróbia, com maiores valores nas silagens de 7 e 8 meses de idade. Já com a população de ENT, observou-se seu aumento com a elevação dos dias em exposição nas diferentes idades, com maiores valores aos 7 e 9 meses (Figura 2.5b).

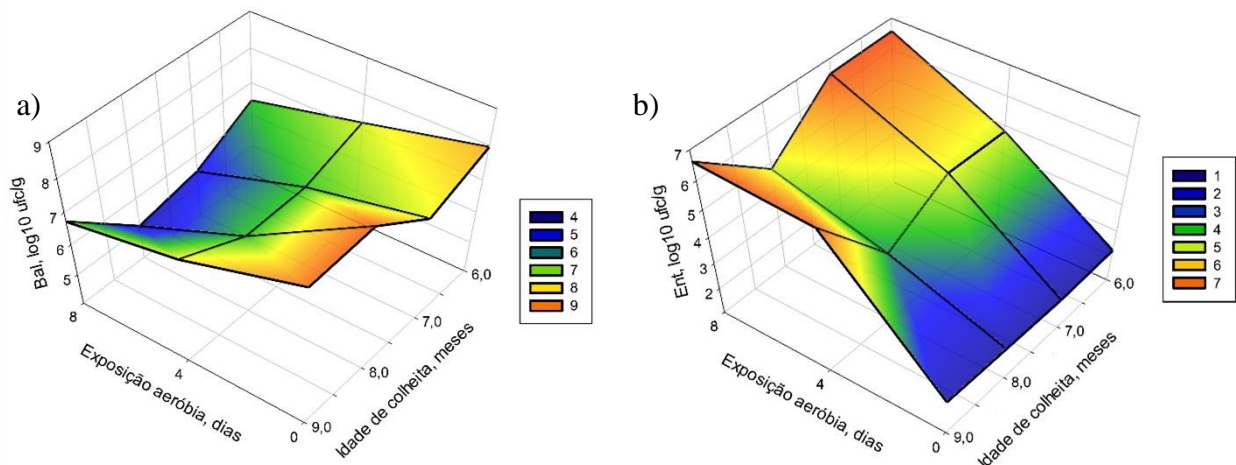


Figura 2.5. contagem de bactérias láticas - BAL (a) e enterobactérias - ENT (b) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e da exposição aeróbia.

A população de MOF teve efeito da IC e da EA, com menor valor aos 9 meses de idade, observando-se seu aumento com decorrer dos dias de exposição, com maior valor aos 8 dias ($P < 0,05$). Também se observou efeito da IC e da EA sobre o número de LEV, com menores valores aos 6 e 9 meses de idade ($P < 0,05$). Para o pH não houve efeito da IC e da EA para esta variável ($P > 0,05$). Já para a temperatura, observou-se somente efeito da EA com maior valor encontrado aos 8 dias de exposição aeróbia ($P < 0,05$).

Em relação às variáveis avaliadas na estabilidade aeróbia das silagens de parte aérea com 90 dias de armazenamento (Tabela 2.8), a IC não influenciou a EA, Tmax, Htmax, AMP ($P > 0,05$). Entretanto, a IC afetou as PMS, com maiores valores aos 7, 8 e 9 meses e maiores PE aos 7 e 9 meses de idade ($P < 0,05$).

Tabela 2.8. Estabilidade aeróbia de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita aos 90 dias de armazenamento.

| | Idade de colheita, meses | | | | P-valor |
|-----------|--------------------------|----------|---------|----------|---------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| EA, dias | 6.47 | 6.42 | 6.3 | 5.95 | 0.88 |
| Tmax, °C | 29.47 | 30.18 | 29.67 | 32.70 | 0.33 |
| Htmax | 161.17 | 149.87 | 152.29 | 164.68 | 0.64 |
| AMP | 3.37 | 4.25 | 3.66 | 7.42 | 0.25 |
| PMS, g/kg | 71.13 b | 186.00 a | 73.60 a | 159.81 a | 0.00 |
| PE, kg/t | 16.04 b | 14.163 a | 26.74 b | 28.62 a | 0.00 |

EA - estabilidade aeróbia; Tmax - temperatura máxima; Hmax - hora da temperatura máxima; AMP - amplitude; PMS - perdas de matéria seca; PE - perdas por efluentes; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey

2.4. Discussão

Experimento 1

No presente estudo, a variação da população microbiana da parte aérea *in natura* encontrada ao longo dos meses, provavelmente se deve às condições ambientais presentes na lavoura, como o manejo do solo e possíveis contaminações que podem ocorrer durante os processos de colheita e transporte até o momento da ensilagem. A dinâmica de desenvolvimento da microbiota epífita da planta é um fator que influencia diretamente as características do processo fermentativo da silagem, mas também é diretamente influenciada pelas características do material ensilado (SANTOS et al., 2010; PAHLOW et al., 2003).

Dentre os microrganismos epifíticos das plantas, as BAL são fundamentais para fermentação e conservação adequada da massa ensilada. Os valores de BAL encontrados aos 10 e 11 meses foram maiores do que o estabelecido por MUCK (1996), onde o valor mínimo

recomendado para que as perdas durante os processos fermentativos sejam as mínimas possíveis é de $5 \log^{10} \text{ ufc g}^{-1}$. Os menores valores de pH encontrados aos 10 e 11 meses podem ter sido em virtude das condições do solo e da maior atividade de água (RABELO et. al., 2012), visto que estas idades foram colhidas na estação chuvosa.

As variações na concentração de MS da parte aérea da mandioca *in natura* podem ter ocorrido em função das modificações morfológicas e fisiológicas que acontecem na planta como a alteração na proporção do caule e diminuição das folhas resultando na diminuição do conteúdo celular e valor nutritivo visto que a composição química da mandioca se modifica em função seu do estágio de maturação (ALVES, 2002). Os elevados teores de MM nos primeiros meses de idade podem ter sido associados à adubação realizada no estabelecimento e manutenção da cultura.

Com relação aos teores de PB, os resultados mostraram que houve uma queda de 346,6 a 223,2 g/kg MS de PB entre os tratamentos. Esse comportamento ao longo das idades de colheita pode ter sido devido a diferentes taxas do metabolismo do nitrogênio nas plantas em crescimento, bem como a alteração na proporção de folhas pelo caule (APEA-BAH et al., 2011). Além disso, os maiores valores de PB observados para as menores idades de colheita podem estar relacionados à proximidade da fertilização com nitrogênio, fosforo e potássio realizada aos 120 dias de cultivo.

O aumento de FDN com o avançar da idade de colheita relaciona-se à maturação da planta, visto que à medida que o estágio de maturação aumenta, ocorre a elevação dos teores de MS e lignina e diminuição da fração proteica (ALVES et al. 2002).

Quanto às populações microbianas das silagens de parte aérea de mandioca observadas neste estudo, é importante destacar o ligeiro aumento da população de BAL no início do processo fermentativo, aos 3 dias de armazenamento. É provável que as etapas de corte e a ensilagem disponibilizem substâncias que impulsionam o crescimento das BAL, aumentando sua população antes mesmo de se criar um ambiente em anaerobiose dentro do silo (PAHLOW et al., 2003). Vale ressaltar que possivelmente, a alta população de BAL aos 9 meses de idade pode estar associada a fermentações secundárias de menor intensidade realizadas por BAL heterofermentativas que se desenvolvem em tempos de armazenamento maiores (KUNG et al., 2003).

De acordo com Luis e Ramirez (1988), o crescimento de ENT pode ocorrer até aos 7 dias de fermentação até essa categoria ser substituída pela maior quantidade de BAL e conseqüentemente declínio do pH. No entanto, as ENT podem ser encontradas na silagem até 30 dias após a ensilagem por conseguirem crescer sob condições de anaerobiose e se protegerem sob

condições adversas, incluindo sob pH extremamente baixo. Esse fato poderia explicar o aumento dessa categoria aos 90 dias de armazenamento, ocorrendo assim uma fermentação secundária no silo a longo prazo.

A maior presença de mofos e leveduras aos 3 dias de armazenamento se dá em virtude da presença de oxigênio, que diminui ao longo do período fermentativo, apresentando as menores populações aos 30 dias de armazenamento. Os maiores valores de mofos e leveduras encontrados nas silagens de 10 e 11 meses pode ter sido devido à maior carga microbiana presente na planta. Para o desenvolvimento destes microrganismos é necessário a presença de oxigênio. Dessa forma, conforme o avanço do tempo de armazenamento da silagem, a quantidade de oxigênio é reduzida, levando a redução destes microrganismos (PAHLOW et al., 2003).

Com relação ao pH das silagens, a redução lenta do pH da silagem de 6 meses possivelmente pode ser devido à menor população epífita da planta ou por conta da possibilidade da maior quantidade de taninos e saponinas presentes na planta mais nova que podem aumentar a capacidade tampão da planta (NASCIMENTO et al., 2018). Em contrapartida, a diminuição do pH nas silagens a partir dos 7 meses com 3 dias possivelmente se deve à maior quantidade de BAL. Provavelmente, os menores valores de pH verificados nas silagens de parte aérea aos 9 e 10 meses com 90 dias de armazenamento foram decorrentes das maiores concentrações de carboidratos solúveis nessas idades.

Os menores teores de MS nas silagens de 6, 7, 9 e 10 meses ocorreram possivelmente por causa da conversão heterofermentativa dos carboidratos solúveis, onde ocorre formação de dióxido de carbono e água reduzindo o teor de MS da silagem. Já os maiores teores de MS no restante das idades podem ter sido resultado da rota de fermentação das BAL homofermentativas resultando em maiores teores de MS, pois essas bactérias fermentam glicose e convertem cada molécula desse açúcar em duas de ácido lático (KUNG et al., 2003; PAHLOW et al., 2003).

A redução dos teores de PB das silagens encontradas no presente é possivelmente associada à proteólise que aconteceu na massa ensilada. O aumento de FDN nas silagens com o avançar da idade, possivelmente é em virtude dos diferentes estágios de crescimento da planta, afetando a qualidade final da silagem (ALVES 2002). O menor valor de FDN encontrado aos 8 meses com 90 dias de armazenamento pode ter ocorrido devido hidrólise ácida da hemicelulose ocasionada por ácidos orgânicos produzidos durante o maior tempo de armazenamento (AMARAL et al., 2006).

De acordo com Muck (2010), as silagens que resultantes de fermentação homolática apresentam grande quantidade de substratos que são propícias ao desenvolvimento de leveduras e em outro momento, de mofos os quais consomem o ácido láctico, além de carboidratos solúveis residuais, e resultam na elevação da temperatura e pH iniciando a deterioração aeróbia das silagens. No presente estudo a idade de colheita não influenciou essas variáveis, tendo somente efeito da exposição aeróbia.

Quanto às populações microbianas, as leveduras iniciaram processo de deterioração aeróbia consumindo os substratos presentes nas silagens, principalmente aquelas que consomem o ácido láctico ocasionando o declínio da população de BAL ao longo dos dias de EA propiciando condições para o desenvolvimento dos mofos a partir de 4 dias de EA. Sendo assim, essas atividades provocaram a alteração do pH e temperatura das silagens.

As perdas que ocorrem após a abertura dos silos são decorrentes ao processo de deterioração aeróbia por fungos e leveduras devido à grande quantidade de carboidratos solúveis residuais das silagens. Entretanto, a fermentação acética das BAL heterofermentativa pode minimizar o processo deterioração aumentando a estabilidade aeróbia das silagens (KUNG Jr. & RANJIT, 2001; RANJIT & KUNG Jr. 2000). A estabilidade aeróbica das silagens entre as idades de colheita foram semelhantes, exceto a da idade de 8 meses. Isso pode ter ocorrido em virtude de uma fermentação acética das silagens ou pela presença do ácido cianídrico que pode ter atividade inibitória sobre os microrganismos deteriorantes. A menor AMP pode ser justificada pela maior estabilidade de silagens observadas. As PE possuem pequenas diferenças que não tem relação direta com o teor de MS encontrados nem com os tratamentos, não havendo uma explicação biológica para isso.

Experimento 2

As rebrotas das plantas podem ter proporcionado as mesmas condições para a microbiota epífita da planta, fornecendo um ambiente onde as populações de BAL, mofos e leveduras fossem menores do que as de ENT (SANTOS et al., 2010; PAHLOW et al., 2003). As populações de ENT presente nas rebrotas mais novas possivelmente se deve ao menor teor de MS presente nas plantas que promoveu maior atividade de água para o maior desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Os valores mais baixos de pH observados nas plantas se deve provavelmente às condições do solo e da alta atividade de água presente nas plantas mais novas (RABELO et. al., 2012). A variação das concentrações de MS e MM nas silagens pode ter sido em decorrência da translocação

de nutrientes para a planta recém colhida (ALVES 2002). O corte da rebrota da planta de 6 meses a 50 cm do solo proporcionou maiores teores de MS, provavelmente por ser considerada a planta mais antiga e possuir componentes mais fibrosos. Os menores valores de PB encontrado nas rebrotas de 6 e 7 meses possivelmente se deu em virtude de as plantas possuírem maior conteúdo fibroso em sua composição e menor conteúdo de PB na folha (ALVES 2002).

Os valores de ENT encontrados nas silagens de 90 dias deve ter sido em decorrência da fermentação adequada da massa ensilada, visto que sua população deve ter sido substituída pelas BAL no decorrer do processo fermentativo (PAHLOW e al., 2003).

A dinâmica da população de mofos e leveduras se dá em virtude do tempo de armazenamento, onde o tempo de armazenamento de 90 dias permitiu menores valores de pH. Os maiores teores de MS no restante das idades podem ter sido resultado da rota de fermentação das BAL homofermentativas resultando em maiores teores de MS. Assim como pode ter ocorrido fermentação heterofermentativa, onde ocorre formação de dióxido de carbono e água reduzindo o teor de MS da silagem (KUNG et al., 2003; PAHLOW et al., 2003).

Quanto à concentração de PB das silagens, o aumento dos valores de PB possivelmente se deu em virtude da menor idade após a poda de 9 meses e consequente maior proporção de folhas/caule.

Quanto às populações microbianas durante à EA, o aumento das ENT deve ter sido devido ao desenvolvimento dos mofos e leveduras por conta da presença de oxigênio na EA, ocasionando a redução da população de BAL e aumento do pH ao longo dos dias de EA. A população de leveduras nas silagens de 9 meses deve ter aumentado devido ao baixo teor de MS. Com o decorrer dos dias de EA, a temperatura foi maior aos 8 dias de EA devido às alterações que ocorrem entre a dinâmica da população de microrganismos.

Na estabilidade aeróbica, as variáveis não foram influenciadas pelas idades de colheita, porém as diferenças entre as PMS e PE indicam que a planta mais velha com maiores teores de MS resultou em maiores perdas de nutrientes.

2.5. Conclusão

A idade de colheita da parte aérea da mandioca influencia a qualidade fermentativa das silagens. Silagens de plantas colhidas aos 6 meses de idade na sua primeira colheita possuem uma queda do pH menos acentuada, entretanto não afeta a qualidade fermentativa. Silagens de parte aérea de mandioca colhidas com 10 e 11 meses após o plantio apresentaram declínio mais rápido

do pH nos primeiros 30 dias de armazenamento resultando em silagens com adequado perfil fermentativo e maior estabilidade aeróbia. Já as silagens da rebrota do corte de 6 meses, os padrões descritos para a primeira colheita se mantêm os mesmos.

REFERÊNCIAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **Official methods of analysis**. 16 ed., Washington D.C., 1990. 1094p.
- ALVES, A. A. C. et al. Cassava botany and physiology. **Cassava: biology, production and utilization**, v. 1, p. 67-89, 2002.
- AMARAL, R. C. do et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 532-539, 2007.
- APEA-BAH, et al. 2011. Factor analysis and age at harvest effect on quality of flour from four cassava varieties. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 6 (1): 43-54.
- AZEVEDO, E.B. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural* 36:1902-1908. 2006.
- BIZZUTI, Beatriz Elisa et al. Potential use of cassava by-product as ruminant feed. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 2021.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. 2003. Assessing Silage Quality. In: Buxton et al. **Silage 385 Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. p.141-198.
- EDET, Michael A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.
- FERREIRA A.L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10, 129-36, 2009.
- FLUCK, A. C. et al. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 176-181, 2017.
- HUE, K. T.; THANH VAN, D. T.; LEDIN, I.; WREDLE, E.; SPÖRNDLY, E. Effect of harvesting frequency, variety and leaf maturity on nutrient composition, hydrogen cyanide content and cassava foliage yield. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 25, n. 12, p. 1691-1700, 2012.
- JONSSON, Anders. Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 557-568, 1991.
- JOBIM, Clóves Cabreira et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- KUNG JR., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.2, p.299-306, 1984.

KJELDAHL, J. The Kjeldahl determine of nitrogen: retrospect and prospect. **Trends in analytical Chemistry**, v. 13, n. 4, p. 138, 1983.

KOSUGI, A. et al. Production of ethanol from cassava pulp via fermentation with a surface-engineered yeast strain displaying glucoamylase. **Renewable Energy**, v. 34, n. 5, p. 1354-1358, 2009.

LI, M. et al. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.

LUIS, L.; RAMIREZ, M. Evolución de la flora microbiana en ensilaje de king grass. **Pastos y Forrajes**, v.11, p.249-253, 1988.

MENDONÇA, H. A. de; MOURA, G. M. de; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes idades de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.

MOTA, A. D. S. et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.

MOURA, G. de M. Avaliação de cultivares de mandioca em diferentes idades de colheita, no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz da Almas, v. 17, n. 1/2, p. 13-23, set. 1998

MUCK, R. 1996. Inoculant of silage and its effects on silage quality. In: Informational conference with dairy and forage industries. Proceedings...US Dairy

MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Mannihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.

NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, 86(9), 842–848., 2015.

NASCIMENTO, T. V. C. et al. Condensed tannin-amended cassava silage: fermentation characteristics, degradation kinetics and in-vitro gas production with rumen liquor. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 1, p. 83-91, 2018.

PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Boletim agrometeorológico de 2008 para Igarapé-Açu, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 33p

PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Características agroclimáticas de Igarapé-Açu, PA e suas implicações para as culturas anuais**: feijão caupi, milho, arroz e mandioca. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 30 p.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). *Silage science and technology*. 1st ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 31-94, 2003.

SAS. 2014. SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC.

RABELO, C. H. S., et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13, 656-668. 2012.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCIA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia*, v. 59, p. 25-43, 2010.

SILVA, L. D. et al. Fermentative profile of maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 62, 2019.

SOUZA, L. da S.; SILVA, J. da; SOUZA, L. D. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico 133**, Cruz das almas, BA 2009.

SUDARMAN, A. et al. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. *Tropical animal health and production*, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.

TAYLOR, C. C. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. AS 613 Manual, Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY, 1985. 202p.

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DE RAIZ DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

RESUMO

A raiz de mandioca destaca-se como fonte de energia devido ao conteúdo de amido (20 a 40%) e carboidratos presente (6 a 8% da MS). A inclusão da raiz de mandioca na ensilagem de plantas forrageiras melhora o padrão fermentativo das silagens e o seu valor energético. Diversos autores comprovam que a cultura com adequado teor de ácido lático na matéria seca, acarretando em uma adequada redução do pH para 3,9. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita e sobre as características fermentativas, populações microbianas e composição química da silagem de raiz de mandioca. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 5×3 , sendo cinco idades de colheita de raiz de mandioca (7, 9, 10 e 11 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais denominados bags. A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 16 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento. As parcelas foram compostas de 49 plantas distribuídas em sete linhas de plantio. O plantio foi realizado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, aos sete meses após o plantio, iniciou-se os cortes da raiz de mandioca cm do solo, coletando-se todas as plantas da parcela. O material colhido foi triturado, homogeneizado, retiradas amostras e ensilados em bags (500g). Após a abertura dos silos as amostras foram direcionadas avaliação do perfil fermentativo, quantificação das populações microbianas e determinação da composição química. Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 20®. Houve efeito da IC sobre população microbianas, pH e composição química da raiz ($P < 0,05$), exceto sobre a ENT ($P > 0,05$). Houve efeito da interação IC×TA ($P < 0,05$) sobre o pH, composição química e a população de microrganismos das silagens raiz de mandioca. As raízes de mandioca em idades mais tardias apresentam características adequadas ao processo de ensilagem, podendo ensilar em idades a partir de 8 meses, pois apresentam quedas mais rápidas de pH beneficiando o processo de ensilagem. Desta forma recomenda-se ensilar raízes a partir de 8 meses de idade, quando já se encontra em uma maior maturidade fisiológica, pois apresentam quedas mais rápidas de pH beneficiando o processo de ensilagem.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Ensilagem. Estabilidade aeróbia. *Manihot esculenta*

ABSTRACT

Cassava root stands out as an energy source due to the starch content (20 to 40%) and carbohydrates present (6 to 8% of DM). The inclusion of cassava root in the silage of forage plants improves the fermentation pattern of the silages and their energy value. Several authors confirm that the culture has good ensilability, with adequate lactic acid content in the dry matter, resulting in an adequate pH reduction to 3.9. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of harvest age and on fermentation characteristics, microbial populations and chemical composition of cassava root silage. The experiment was carried out in a randomized block design arranged in a 5×3 factorial scheme, with five cassava root harvest ages (7, 9, 10 and 11 months) and two silage storage periods (3 and 90 days after silage), with four repetitions. The silages were made in experimental mini silos called bags. The crop was divided into four blocks, with 16 plots. Each block represented one repetition per treatment. The plots were composed of 49 plants distributed in seven planting lines. Planting was carried out with spacing of 0.8 m between rows and 0.9 m between plants, seven months after planting, cuttings of the cassava root cm from the soil were started, collecting all the plants in the plot. The collected material was crushed, homogenized, sampled and ensiled in bags (500g). After opening the silos, the samples were directed to evaluate the fermentation profile, quantify the microbial populations, determine the chemical composition and aerobic stability. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure, version 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The results were subjected to analysis of variance and means compared using the Tukey-Kramer test ($\alpha = 0.05$). Thus, it is recommended to ensile roots from 8 months of age, when it is already at a greater physiological maturity, as they present faster drops in pH, benefiting the ensiling process.

Keywords: Alternative foods. *Manihot esculenta*. Silage.

3.1. Introdução

A raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta um alto potencial como alimento energético tornando-se uma alternativa de baixo custo em substituição aos alimentos convencionais como o milho e outros cereais fornecidos à dieta de ruminantes. Essa cultura demanda menores quantidade de insumos, tornando sua produção menos onerosa, contribuindo para a intensificação mais sustentável dos sistemas pecuários (OLIVEIRA et al., 2016; SANTOS et al., 2020).

Segundo Fernandes et al. (2016), a raiz destaca-se como fonte de energia devido ao conteúdo de amido (20 a 40%) e carboidratos presente (6 a 8% da MS). Por essas características vem sendo utilizada na alimentação de ruminantes em sua forma fresca, desidratada ou ensilada (FLUCK et al., 2017). A inclusão da raiz de mandioca na ensilagem de plantas forrageiras melhora o padrão fermentativo das silagens e o seu valor energético.

Estudos com a utilização de silagem de raiz de mandioca em dietas de suínos demonstraram que a raiz de mandioca é uma opção viável na alimentação animal, pois suas silagens apresentam altos teores de MS que influenciam no consumo e desempenho desses animais (LOC et al., 1997; LIU & ZHUANG, 2001). Silva et al. (2008) obtiveram um valor de pH igual a 3,9 na silagem de raiz de mandioca, indicando um bom padrão de fermentação, visto que segundo McDonald et al. (1991), este valor encontra-se dentro da faixa adequada (3,8 a 4,2) de uma silagem de qualidade.

Contudo, o uso da silagem de raiz de mandioca ainda é pouco estudado na dieta de ruminantes (VIEIRA et al., 2017), despertando o interesse em realizar mais trabalhos para demonstrar a potencialidade da silagem de raiz. Além disso, como a idade de colheita é um fator que influencia a composição química da planta conforme resultados encontrados por diversos autores (EDET et al., 2015; MOREIRA et al., 2017; MULUALEM, 2012), alterando a qualidade final da silagem da raiz.

Loc et al. (1997), observaram que houve o aumento do teor de MS com o aumento do tempo de armazenamento (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) encontrando valores crescente de MS com valores estáveis a partir de 90 dias com posterior redução a partir de 120 dias.

Entretanto, estudos com a finalidade de demonstrar os efeitos de diferentes idades de colheita da raiz sobre a qualidade das raízes para a produção de silagens ainda são escassos. Dessa forma, é interessante fomentar pesquisas que visem verificar as possíveis influências da idade de colheita no valor nutritivo e qualidade final das silagens de raiz de mandioca.

Sendo assim, a hipótese do presente estudo é que a idade de colheita da raiz de mandioca para a produção de silagens, podem se tornar uma alternativa para elevar ainda mais a produção, criando-se talvez um novo nicho de mercado com um produto de elevada fonte de energia para ruminantes. Além disso, o tempo de armazenamento da silagem pode acarretar alterações que podem interferir nas características fermentativas e valor nutritivo da silagem.

Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita e sobre as características fermentativas, populações microbianas e composição química da silagem de raiz de mandioca.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Local

A lavoura de mandioca foi implantada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu (FEIGA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Igarapé-Açu, Pará, 01°07'21" S e 47°36'27" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo climático 'Ami', caracterizado por clima chuvoso, apresentando pequena estação seca (PACHECO & BASTOS, 1999).

Na região de Igarapé-Açu, a média anual da temperatura máxima é de 32,2 °C e a mínima anual é 21,7 °C. O regime de chuvas não está distribuído de forma homogênea, possuindo maiores precipitações entre os meses de março e abril e os menos elevados, entre setembro e outubro apresentando variações em suas médias anuais de pluviosidade entre 2.302,5 mm e 2.857,4 mm (PACHECO & BASTOS, 2011).

3.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizado arranjado em esquema fatorial 4 × 3, sendo quatro idades de colheita de raiz de mandioca (7, 9, 10 e 11 meses) e três tempos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais denominados *bags* com o uso de sacos para embalagem a vácuo medindo 25×30 cm (Cetro, São Paulo, Brasil).

A cultura foi implantada conforme as recomendações técnicas de adubação e calagem, com 1 ton ha⁻¹ de calcário para a correção da acidez do solo, uma adubação fosfatada e potássica de 60 e 40kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O respectivamente na implantação (SOUZA, et al. 2009) e com 90kg de N ha⁻¹ na cobertura parcelado durante 4 meses (aos 2, 3, 4 e 5 meses após a emergência). O preparo

do solo foi realizado com o processamento de aração e gradagem, em seguida, os sulcos foram abertos manualmente. Para o plantio, foram utilizadas manivas sementes da variedade Manivão obtidas de plantas sadias de uma propriedade rural localizada no município de Tracuateua, PA que foram plantadas sete dias após a coleta.

A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 20 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento. As parcelas foram compostas de 49 plantas distribuídas em sete linhas de plantio. O plantio foi realizado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, colocando-se as manivas na posição diagonal, permanecendo duas gemas acima da superfície do solo. Foram realizados os tratos culturais necessários para o pleno desenvolvimento das plantas até os 180 dias após o plantio (DAP).

Aos sete meses após o plantio, realizou-se a coleta da raiz de mandioca. O material colhido foi triturado, homogeneizado e procedeu-se à ensilagem nos silos *bags*. Antes da ensilagem, foram coletadas amostras dos materiais e armazenados em *freezer* para análise da composição química para posterior caracterização da planta. Para a ensilagem dos silos *bags*, foram coletados 500 g de massa de forragem e o material foi ensilado sendo embalado à vácuo utilizando-se a Seladora Comercial Automática (Cetro, São Paulo, Brasil). No momento da abertura dos *bags*, foram retiradas amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química.

3.2.3. Avaliações e variáveis

3.2.3.1 Populações microbianas e perfil fermentativo

Foram realizadas as análises de quantificação das populações microbianas e medição de pH nas amostras de raízes *in natura* e após a ensilagem nos 5 tratamentos com 3 períodos de armazenamento utilizando 3 meios de cultura seletivos para os grupos microbianos analisados.

Foi utilizado o MRS Agar (Kasvi) adicionado de nistatina (Controle de Microrganismos Indesejáveis CMI) após a esterilização, e seguinte quantificação de unidades formadoras de colônia (UFC) das bactérias ácido-lácticas (BAL) após incubação por 72 horas em estufa B.O.D. a 37°C e Violet Red Bile Lactose (Kasvi) com adição de nistatina (CMI), seguindo de contagem das UFC de enterobactérias (ENT) após uma incubação de 24 horas em estufa B.O.D. a 37°C conforme metodologia descrita por Jonsson (1991); e Batata Dextrose Agar (Kasvi), acrescido de ácido tartárico (CMI) após a esterilização, para contagem de mofos e leveduras (Lev) após incubação de 2 a 5 dias à 26°C segundo Silva et al., 2019.

A quantificação dos grupos microbianos foi realizada utilizando 25 g de uma amostra composta de cada mini silo, homogeneizadas com 225 mL de água peptonada a 0,1 % (Kasvi), obtendo-se a diluição de 10^{-1} . Em seguida, foram realizadas diluições sucessivas objetivando-se obter diluições variando de 10^{-1} a 10^{-7} com o cultivo realizado em placas de Petri estéreis. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 UFC. O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro, utilizando o extrato aquoso com 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada a 0,1%. Adaptada de Khang Jr (1984)

3.2.3.2 Composição química

Em todas as amostras, as análises foram realizadas de acordo com a AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01; matéria mineral (MM) pelo método 923,03. Determinação de proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (1983) e a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada por método gravimétrico utilizando alfa amilase termoestável (método 2002.04; AOAC, 1990).

3.2.4. Análise estatística

Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os dados para populações microbianas, pH e composição química da raiz foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, no qual as idades de colheita (7, 8, 9, 10 e 11 meses) foram consideradas fixos, e o bloco e o erro, aleatório.

Para avaliação das populações microbianas, pH e composição química das silagens de raiz, os dados foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, com cinco idades de colheita (7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três tempos de armazenamento (3, 30 e 90; sendo repetidos dentro de cada unidade experimental, caracterizando um esquema de medidas repetidas no tempo). A idade de colheita, o tempo e armazenamento e a interação entre esses fatores foram considerados efeitos fixos e o bloco e o erro, aleatórios.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 12.0® (Systat Software Inc.).

3.3. Resultados

Houve efeito da IC sobre população microbiana, pH e composição química da raiz ($P < 0,05$), exceto sobre a ENT ($P > 0,05$). Para a população de BAL, foram encontrados maiores valores aos 10 e 11 meses. Quanto à população de MOF e LEV, registraram-se o menor valor na idade de 9 meses. Aos 10 e 11 meses foram registrados os menores valores de pH. Já com relação ao teor de MS, observou-se os menores valores aos 7 e 11 meses. Para PB e FDN, foram observados seus maiores aos 11 meses de idade ($P < 0,05$; Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Composição microbiana (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e composição química (g/kg MS) da raiz de mandioca em função da idade de colheita.

| | Idade de colheita, meses | | | | EPM | P-valor |
|-----|--------------------------|---------|---------|---------|------|---------|
| | 7 | 9 | 10 | 11 | | |
| BAL | 4.55 b | 5.32 b | 5.93 a | 6.57 a | 0.32 | 0.01 |
| ENT | 5.86 | 5.99 | 6.13 | 5.92 | 0.30 | 0.81 |
| MOF | 4.34 a | 2.73 b | 3.92 a | 4.06 a | 0.29 | 0.01 |
| LEV | 3.04 b | 2.59 c | 3.37 b | 4.25 a | 0.20 | 0.00 |
| pH | 6.64 a | 6.59 a | 5.26 b | 5.04 b | 0.10 | <.001 |
| MS | 36.68 b | 37.80 a | 39.06 a | 34.96 b | 0.82 | 0.00 |
| MM | 3.46 c | 3.04 c | 5.51 b | 6.77 a | 0.24 | <.0001 |
| PB | 3.01 b | 3.10 b | 3.18 b | 7.47 a | 0.13 | <.001 |
| FDN | 10.24 d | 12.02 c | 13.92 b | 15.16 a | 0.30 | <.001 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; EPM - erro padrão médio.; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Houve efeito da interação IC×TA ($P < 0,05$) sobre o pH, composição química e a população de microrganismos das silagens raiz de mandioca (Tabela 3.2). Os padrões de contagens de BAL, ENT, MOF e LEV e pH em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento são mostrados na Figura 6.

Tabela 3.2. Populações microbianas (\log^{10} ufc g^{-1}), pH e composição química (g/kg MS) de silagens de raiz de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

| | Idade de colheita, meses | | | | Tempo de armazenamento, dias | | | EPM | | P-valor | |
|-----|--------------------------|----------|----------|----------|------------------------------|---------|---------|------|-------|---------|-------|
| | 7 | 9 | 10 | 11 | 3 | 30 | 90 | IC | TA | IC×TA | |
| BAL | 7.51 d | 6.51 c | 7.32 d | 6.64 a | 8.21 b | 5.70 b | 7.06 c | 0.23 | <.001 | <.001 | <.001 |
| ENT | 2.59 | 1.94 | 2.54 | 2.91 | 2.17 b | 2.20 b | 3.11 a | 0.38 | 0.08 | 0.01 | 0.00 |
| MOF | 3.22 b | 4.18 a | 4.29 a | 4.00 a | 4.26 a | 3.74 b | 3.78 a | 0.25 | 0.00 | 0.03 | 0.01 |
| LEV | 3.05 b | 4.88 a | 5.19 a | 4.49 a | 4.70 a | 4.40 a | 4.11 b | 0.28 | <.001 | 0.04 | 0.00 |
| pH | 3.95 a | 3.52 c | 3.69 b | 3.56 b | 3.78 a | 3.56 c | 3.70 a | 0.04 | <.001 | 0.00 | <.001 |
| MS | 371.00 | 361.40 | 366.50 | 367.10 | 362.40 | 377.88 | 359.87 | 0.71 | 0.67 | 0.05 | <.001 |
| MM | 28.53 a | 51.48 c | 67.91 b | 66.54 b | 52.08 | 53.22 | 55.54 | 0.28 | <.001 | 0.31 | 0.00 |
| PB | 125.27 a | 123.70 a | 111.44 b | 85.29c | 122.25 a | 11.50 b | 97.02 c | 0.26 | <.001 | <.001 | <.001 |
| FDN | 106.53 d | 131.50 c | 143.36 b | 151.06 a | 133.48 | 131.60 | 134.25 | 0.19 | <.001 | 0.27 | 0.01 |

BAL - bactérias ácido láticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Para a população de BAL (Figura 3.1a) nas silagens de raiz, observou-se maiores valores aos três dias de armazenamento, com ligeira queda aos 30 dias de armazenamento com menor valor aos 11 meses e posterior aumento com 90 dias de armazenamento aos 10 e 11 meses de idade ($P < 0,05$). Com relação à população de ENT (Figura 3.1b), observou-se menores valores nas silagens de 7 a 10 meses aos 30 dias de armazenamento com posterior aumento em sua população nas silagens de 90 dias, notando-se maiores valores de ENT nas silagens de 11 meses ($P < 0,05$).

Observou-se aumento da população de MOF com o decorrer da idade de colheita (Figura 6c), registrando-se os maiores valores nas silagens de 3 dias aos 11 meses ($P < 0,05$). Quanto à população de LEV (Figura 6d), observou-se o aumento da população em função da idade de colheita, com maiores valores encontrados nas silagens de 3 dias aos 9 meses, com posterior declínio nas silagens de 90 dias aos 11 meses de idade ($P < 0,05$).

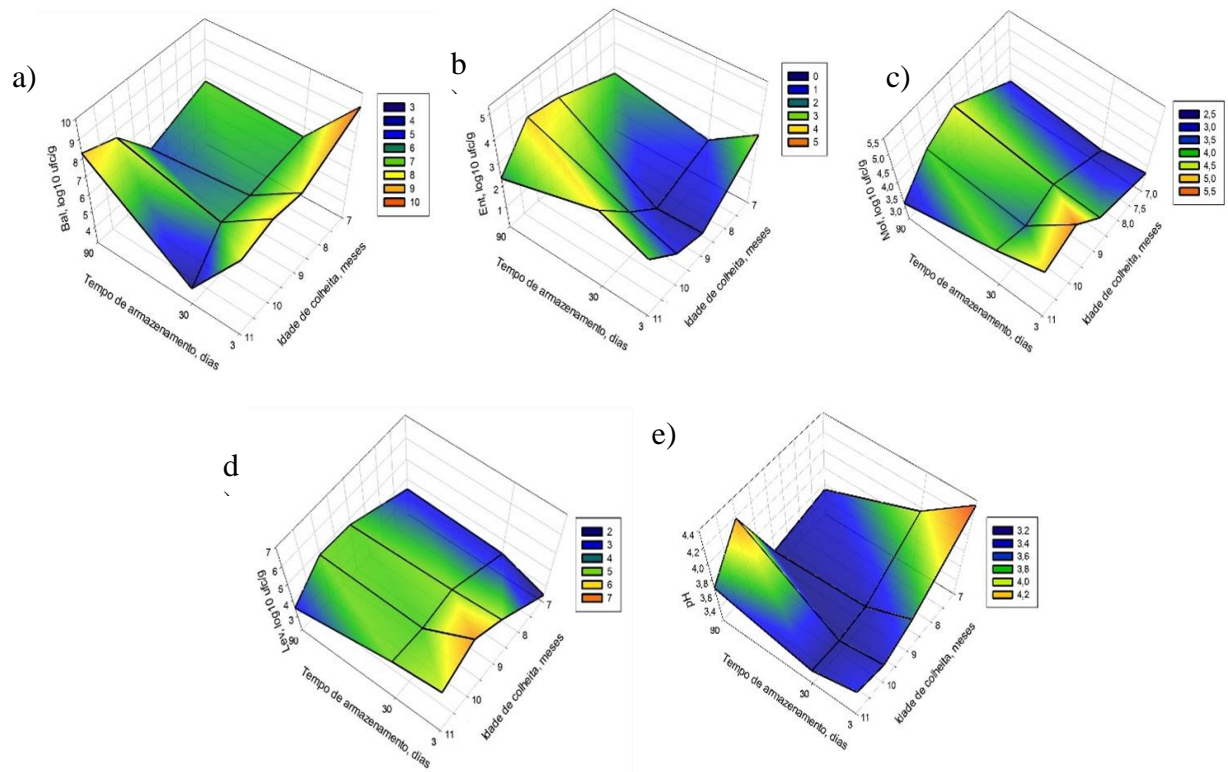


Figura 3.1. Contagem de bactérias lácticas - BAL (a), enterobactérias - ENT (b), mofo - MOF (c), leveduras - LEV (d) e pH (e) nas silagens de raiz de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Foi observado o aumento do teor dos teores de MS (Figura 3.2a), em função da IC com maiores médias aos 7 meses com 90 dias de armazenamento e aos 11 meses com 30 de armazenamento ($P < 0,05$). O teor de MM (Figura 3.2b) aumentou em função da IC, apresentando maiores valores aos 10 meses de idade aos 90 dias ($P < 0,05$).

Houve redução do valor de PB com o avançar da idade de colheita (Figura 3.2c), registrando-se o menor valor aos 11 meses aos 3, 30 e 90 dias de armazenamento ($P < 0,05$). A quantidade de FDN aumentou com o passar dos meses (Figura 3.2d), constatando-se maiores valores aos 11 meses com 90 dias de armazenamento ($P < 0,05$).

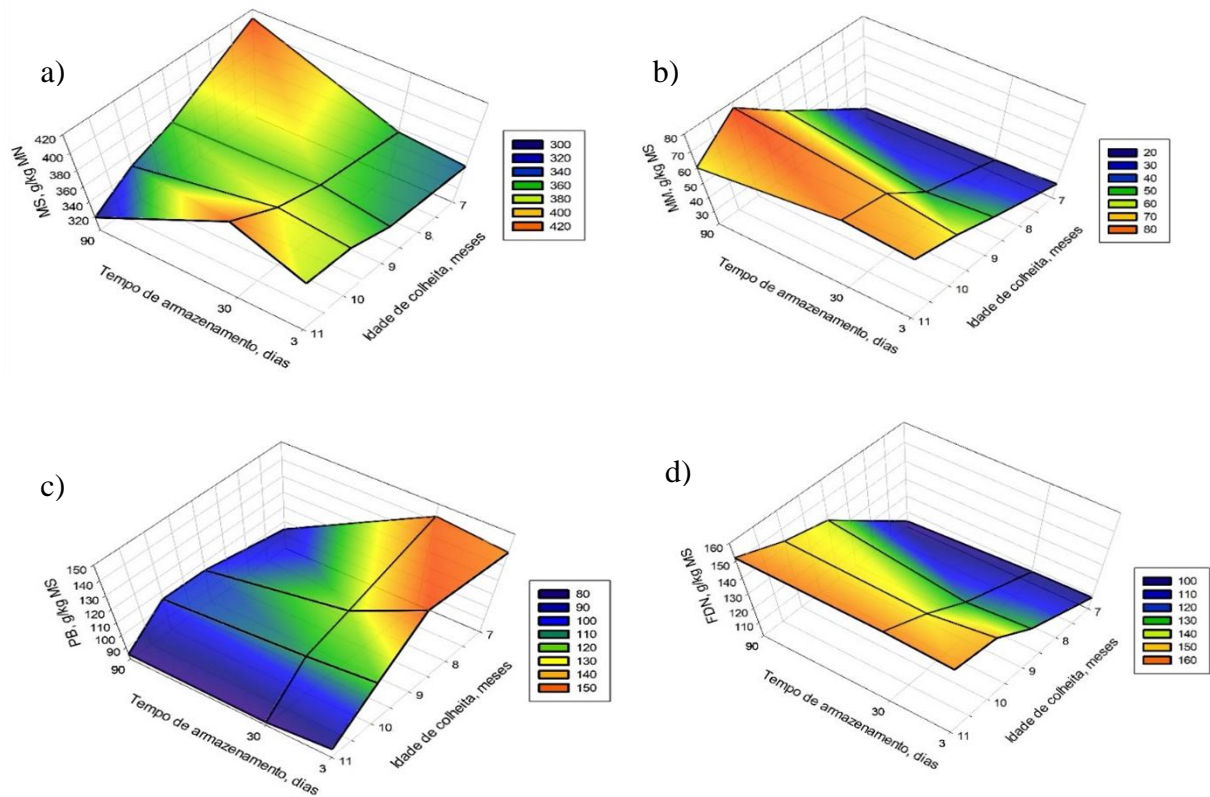


Figura 3.2. Valores de matéria seca - MS (a), matéria mineral - MM (b), proteína bruta - PB (c) e fibra em detergente neutro - FDN (d) nas silagens de raiz de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

3.4. Discussão

No presente estudo, a variação da população microbiana da raiz *in natura* encontrada ao longo dos meses, provavelmente se deve às condições ambientais presentes na lavoura, como o manejo do solo, pluviosidade e doenças (podridão das raízes), ao decorrer das idades de colheita observadas *in loco* e possíveis contaminações podem ocorrer durante os processos de colheita e transporte até o momento da ensilagem. A dinâmica de desenvolvimento da microbiota epífita da planta é um fator que influencia as características do processo fermentativo da silagem (SANTOS et al., 2010; PAHLOW et al., 2003).

Os valores de BAL encontrados em todos os tratamentos foram maiores do que o estabelecido por MUCK (1996), onde o valor mínimo recomendado para que as perdas durante os processos fermentativos sejam as mínimas possíveis é de $5 \log^{10} \text{ufc g}^{-1}$. Os menores valores de pH encontrados aos 10 e 11 meses podem ter sido em virtude das condições ambientais e da maior

atividade de água, uma vez que estes tratamentos foram coletados na época chuvosa. (RABELO et. al., 2012).

As variações na concentração de MS da raiz *in natura* observadas no presente estudo podem ter ocorrido em função das alterações fisiológicas que ocorrem ao longo da idade da planta. (ALVES, 2002; COCK 1990). Com relação às concentrações de PB, os resultados mostraram o menor valor aos 11 meses de idade.

É possível que elevada quantidade de BAL observada no início do processo fermentativo aos 3 dias de armazenamento no decorrer da idade de seja em decorrência de substâncias liberadas durante o corte e a ensilagem que impulsionam o crescimento das BAL antes mesmo de se criar um ambiente em anaerobiose dentro do silo (PAHLOW et al., 2003). Importante destacar que provavelmente a alta população de BAL aos 11 meses de idade pode estar ligada a fermentações secundárias de menor intensidade realizadas por BAL heterofermentativas que se desenvolvem em tempos de armazenamento maiores (KUNG et al., 2003).

A variação da quantidade de ENT presente nas silagens de raiz pode ocorrer devido ao fato de que até aos 7 dias de fermentação até essa categoria ser substituída pela maior quantidade de BAL e conseqüentemente declínio do pH. No entanto, as ENT podem ser encontradas na silagem até 30 dias após a ensilagem por conseguirem crescer sob condições de anaerobiose e se protegerem sob condições adversas, incluindo sob pH extremamente baixo. Esse fato poderia explicar o aumento dessa categoria aos 90 dias de armazenamento, ocorrendo assim uma fermentação secundária no silo a longo prazo.

A maior presença de mofos e leveduras aos 3 dias de armazenamento possivelmente se dá em virtude grande quantidade carboidratos solúveis como sacarose, glicose, frutose e maltose, que pode ter resultado em uma de fermentação láctica resultando na atividade as leveduras (TEWE & LUTALADIO, 2004). Com relação ao pH das silagens, ocorre a redução lenta do pH das silagens de 7 e 8 meses demonstrando que a colheita mais tardia da raiz permite o declínio mais rápido do pH, beneficiando o processo fermentativo.

Em contrapartida, a diminuição do pH nas silagens a partir dos 7 meses com 3 dias possivelmente se deve à maior quantidade de BAL. Provavelmente, os menores valores de pH verificados nas silagens de parte aérea aos 9 e 10 meses com 90 dias de armazenamento foram decorrentes das maiores concentrações de carboidratos solúveis nessas idades. As maiores concentrações de MS nas silagens com o avançar da idade e interação podem ter sido resultado do

tipo da fermentação láctica resultando em maiores concentrações de MS (KUNG et al., 2003; PAHLOW et al., 2003). A redução das concentrações de PB das silagens encontradas no presente pode ser em consequência da proteólise causada por enterobactérias.

3.5. Conclusão

As silagens de plantas de 7 meses possuem uma queda mais lenta do pH prejudicando o desenvolvimento das bactérias ácido lácticas, favorecendo o crescimento de microrganismos indesejáveis como enterobactérias no início do período de armazenamento, desta forma, comprometendo a qualidade final desses produtos. Já as silagens com as raízes mais maduras apresentam uma queda de pH mais acentuada no início do período de armazenamento e mantendo-se estável no longo prazo até os 90 dias, tendo um pequeno aumento de pH apenas da silagem com raízes de 10 meses de idade ficando próximo ao limite superior da acidez ideal para uma silagem viável. Desta forma recomenda-se ensilar raízes a partir de 8 meses de idade, quando já se encontra em uma maior maturidade fisiológica, pois apresentam quedas mais rápidas de pH beneficiando o processo de ensilagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **Official methods of analysis**. 16 ed., Washington D.C., 1990. 1094p.
- ALVES, A. A. C. et al. Cassava botany and physiology. **Cassava: biology, production and utilization**, v. 1, p. 67-89, 2002.
- EDET, Michael A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.
- FERNANDES, F.D. et al. Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 17, 1–12, 2016.
- FLUCK, A. C. et al. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 176-181, 2017.
- JONSSON, Anders. Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 557-568, 1991.
- KUNG JR., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.2, p.299-306, 1984.
- KJELDAHL, J. The Kjeldahl determine of nitrogen: retrospect and prospect. **Trends in analytical Chemistry**, v. 13, n. 4, p. 138, 1983.
- LIU, Jian Ping; ZHUANG, Zhong Tang. The use of cassava roots and silage from leaves for pig: Feeding in Yunnan Province of China. 2001.
- LUIS, L.; RAMIREZ, M. Evolución de la flora microbiana en ensilaje de king grass. *Pastos y Forrajes*, v.11, p.249-253, 1988.
- LOC, Nguyen Thi; PRESTON, T. R.; OGLE, B. Cassava root silage for crossbred pigs under village conditions in Central Vietnam. **Livestock Research for Rural Development**, v. 9, n. 2, p. 12-19, 1997.
- MCDONALD et al. 1991. **The biochemistry of silage**. 2ª ed, 423 Marlow: Chalcombe Publications, 340p
- MOREIRA, G. L. P. 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.
- MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Mannihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.

MUCK, R. 1996. Inoculant of silage and its effects on silage quality. In: Informational conference with dairy and forage industries. Proceedings...US Dairy

PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Boletim agrometeorológico de 2008 para Igarapé-Açu, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 33p

PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Características agroclimáticas de Igarapé-Açu, PA e suas implicações para as culturas anuais:** feijão caupi, milho, arroz e mandioca. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 30 p.

PAHLOW, G et. al. (Ed.). *Silage science and technology*. 1st ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 31-94, 2003.

SAS. 2014. SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC.

RABELO, C. H. S., et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 13, 656-668. 2012.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCIA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p. 25-43, 2010

SILVA, M. A. A. et al. Avaliação nutricional da silagem de raiz de mandioca contendo soja integral para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1441-1449, 2008.

SILVA, L. D. et al. Fermentative profile of maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, 2019.

SILVA, L. D. et al. Fermentative profile of maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, 2019.

SOUZA, L. da S.; SILVA, J. da; SOUZA, L. D. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico 133**, Cruz das almas, BA 2009.

TAYLOR, C. C. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

TEWE O. O., LUTALADIO N. Cassava for livestock feed in sub-Saharan Africa. Rome, Italy:FAO. 2004.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. AS 613 Manual, Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY, 1985. 202p.

VIEIRA, P. A. S. et al. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 883-890, 2017.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **Official methods of analysis**. 16 ed., Washington D.C., 1990. 1094p.

AMARAL, R. C. do et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 532-539, 2007.