



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO DA SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ALUIZIO RAIMUNDO BASTOS DE OLIVEIRA JÚNIOR

**BALANÇO DE NUTRIENTES EM SILAGENS DE PARTE AÉREA DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA**

**BELÉM
2022**

ALUIZIO RAIMUNDO BASTOS DE OLIVEIRA JÚNIOR

**BALANÇO DE NUTRIENTES EM SILAGENS DE PARTE AÉREA DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural da Amazônia,
como parte das exigências para obtenção do
título de Bacharel em Zootecnia.
Orientador: Prof. Thiago Carvalho da Silva

BELÉM

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Júnior, Aluizio Raimundo Bastos de Oliveira

Balanço de nutrientes em silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita / Aluizio Raimundo Bastos de Oliveira Júnior. - 2022.
25 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Zootecnia, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho Silva
Coorientador: Prof. Me. Lorena Maués Moraes.

1. Alimentação animal. 2. Composição . 3. Manihot esculenta Crantz. I. Silva, Thiago Carvalho, *orient.*
II. Título

CDD 636.0852

ALUIZIO RAIMUNDO BASTOS DE OLIVEIRA JÚNIOR

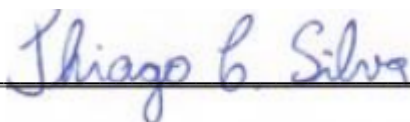
**BALANÇO DE NUTRIENTES EM SILAGENS DE PARTE AÉREA DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia,
como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

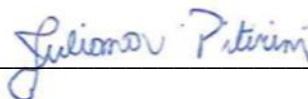
10/06/2022

Data da Aprovação

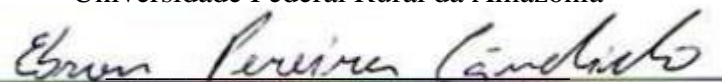
Banca Examinadora:



Prof. Thiago Carvalho da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia
Orientador



Juliana Schuch Pitirini (Membro titular)
Universidade Federal Rural da Amazônia



Ebson Pereira Candido (Membro titular)
Universidade Federal Rural da Amazônia

“O medo é o primeiro de muitos inimigos”
(Garen Stemmaguarda).

AGRADECIMENTOS


Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sempre ter me guiado e me dado forças para não desistir, sem ele jamais teria chegado onde estou. Para as duas pessoas mais importantes da minha vida eu agradeço: Ao meu pai Aluizio Oliveira e minha mãe Edylamar Koury, por todo amor em mim dedicado, tudo que fiz até hoje foi pensando em vocês. À minha namorada Caroline Santa Rosa, obrigado por me apoiar e por acreditar em mim quando eu mesmo não acreditava, obrigado por não sair do meu lado nos momentos mais assustadores, sem você eu não seria o mesmo.

Ao professor Thiago Carvalho da Silva, meu orientador durante todo o meu período no GERFAM, obrigado pelas oportunidades, pelos ensinamentos, pela paciência, pela amizade e mais do que tudo por ter acreditado em mim. Espero algum dia conseguir ser ao menos metade do profissional que o senhor é.

A minha coorientadora, Lorena Maués, pela ajuda e paciência em me aturar agoniado e desesperado sem saber o que fazer.

Ao Grupo de estudos em ruminantes e forragicultura da Amazônia (GERFAM), por ter contribuído enormemente com a minha formação pessoal, acadêmica e profissional.

Aos professores do Grupo, Cristian Faturi e Aníbal Coutinho, por toda dedicação em contribuir com a minha formação, cada oportunidade de trabalho com os senhores foi de um aprendizado enorme.

A meus amigos do  em especial ao Big, Peixoto e Marcos. Agradeço pelos momentos que passamos juntos, pelas conversas, brincadeiras, avacalhões, vocês fazem parte da minha e eu não poderia não agradecer a vocês, espero que nossa amizade dure para sempre.

À minha melhor amiga da vida Dayane Costa, agradeço por ter me apoiado sempre sem medir esforços.

Aos que fizeram a Zootecnia valer a pena, Izabel, Sereia, GB, Gustavo, Thiago e Arthur, me estressei horrores com vocês e devo ter estressado vocês infinitamente mais, mas sempre nos acertamos no final, sempre alcançamos nossos objetivos, vocês trouxeram um pouco de descontração durante esse período e eu não poderia ser mais grato.

Ao meu grande amigo João Francisco (Mestregod), como já disse diversas vezes, a graduação não teria sido a mesma sem o senhor, tenho muita sorte de poder ser seu amigo.

À minha mãe científica Andreza Amoras, que viu algo em mim desde o primeiro dia, apesar de que tinha me confundido com outra pessoa e passou uma semana pegando no meu pé, me escalando todo dia para peneirar areia com um crivo, mas por conta disso surgiu uma

amizade que não tenho palavras para descrever, és uma pessoa incrível e te admiro demais, te agradeço pelas oportunidades, pelos conselhos, puxões de orelha, conversas, risos, caminhadas em Igarapé-açu de madrugada. Tenho orgulho de ser seu filho Amores Amoras.

A todos os membros do grupo, os que ainda estão e aos que já saíram também em especial ao Miudinho, Elaine, Galego, Chiquinha, Pintossauro, Adria, Calabresa, Larissa, Saymon, Raissa, Mateus, Daniel, Pedro, Agatha, Pitirini, Geissy, Nau, Snake e Sui, só tenho a agradecer por todos os nossos momentos juntos, no laboratório, na Feiga, no Pezão e nas confraternizações.

RESUMO

A silagem da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem se mostrado uma alternativa aos alimentos padrões utilizados na alimentação de ruminantes, uma vez que estes apresentam custos mais baixos. No entanto, diferentes idades de colheita implicam em alterações na composição química da parte aérea da mandioca, bem como nas silagens, por isso é necessário ter conhecimento sobre o balanço de nutrientes que ocorre durante o processo de ensilagem, informações necessárias para entender mais sobre o processo de conservação e fazer ajustes mais precisos na dieta dos animais. Objetivou-se determinar o efeito de diferentes idades de colheita sobre o balanço de nutrientes na silagem da parte aérea de mandioca. O estudo foi conduzido em uma área experimental localizada na Fazenda Escola de Igarapé-açu (FEIGA), Pará, Brasil. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com cinco idades de colheita (6, 7, 9, 10 e 11 meses após o plantio) e quatro blocos. A parte aérea foi ensilada em baldes plásticos de 10 litros, após 90 dias de armazenamento o material foi retirado do silo e foram realizadas análises para determinação da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB), as mesmas análises foram realizadas para se determinar a composição da parte aérea *in natura*. Com os valores da composição antes e depois, bem como o peso da massa ensilada e da massa no momento da abertura, foi possível realizar os cálculos do balanço de nutrientes. A idade de colheita não influenciou ($P>0,05$) na recuperação de MS, MO e FDN. Foi observado efeito de idade de colheita ($P<0,05$) na recuperação de PB, apresentando comportamento quadrático, indicando adequado processo de conservação, principalmente nas idades de colheita intermediárias.

Palavras – chave: alimentação animal, composição, *Manihot esculenta* Crantz.

ABSTRACT

The silage of cassava aboveground part (*Manihot esculenta* Crantz) has been shown to be an alternative to standard foods used in ruminant feeding, since they have lower costs. However, different harvest ages imply changes in the chemical composition of the aboveground part of cassava, as well as in the silages, so it is necessary to have knowledge about the nutrient balance that occurs during the silage process, information necessary to understand more about the conservation process and make more precise adjustments to the animals' diet. The objective was to determine the effect of different harvest ages on the nutrient balance in silage of cassava aboveground part. The study was conducted in an experimental area located at Fazenda Escola de Igarapé-açu (FEIGA), Pará, Brazil. The experiment was conducted in randomized blocks, with five harvest ages (6, 7, 9, 10 and 11 months after planting) and four blocks. The aerial part was ensiled in 10-liter plastic buckets, after 90 days of storage the material was removed from the silo and analyzes were performed to determine dry matter (DM), organic matter (OM), insoluble fiber in neutral detergent (NDF) and crude protein (CP), the same analyzes were performed to determine the composition of the in natura shoot. With the values of the composition before and after, as well as the weight of the ensiled mass and the mass at the time of opening, it was possible to calculate the nutrient balance. The age of harvest did not influence ($P>0.05$) on the recovery of DM, MO and NDF. An effect of age at harvest ($P<0.05$) on CP recovery was observed, showing quadratic behavior, indicating an adequate conservation process, especially at intermediate harvest ages.

Key words: animal feeding, composition, *Manihot esculenta* Crantz.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. A cultura da mandioca	11
2.2. Parte aérea da mandioca	12
2.3. Uso da mandioca na alimentação animal	13
2.4. Silagem	14
2.5. Balanço de nutrientes e recuperação	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Localização e caracterização da área experimental	17
3.2. Delineamento experimental	17
3.3. Análise química	18
3.4. Balanço de nutrientes	18
3.5. Análise estatística	19
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

Dentro da atividade produtiva os gastos com alimentação podem representar até 70% do custo total da atividade pecuária, dessa forma, é necessário pensar em alternativas com foco na diminuição dos custos de produção. Neste contexto, a utilização de alimentos não convencionais se torna importante, pois estes podem apresentar custos menos elevados quando comparados às *commodities* como o milho e a soja.

O uso de tais alimentos também traz sustentabilidade aos sistemas pecuários, seja pela diminuição do impacto ambiental causado pelo descarte de resíduos agropecuários ou pelo aproveitamento de um recurso que seria perdido (VALENTIM et al., 2021; NEGESSE et al., 2009). Um desses alimentos é a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), que é considerada um alimento completo com suas raízes sendo fonte de energia e sua parte aérea sendo uma fonte de proteína e fibras para animais ruminantes sendo esta parte normalmente descartada durante a colheita das raízes.

A parte aérea da mandioca se destaca por apresentar elevado teor de proteína bruta (9% a 12% da matéria seca) e elevado potencial produtivo (5 a 17 ton/ha de matéria seca) (SOUZA et al., 2011; SILVA et al., 2009; FERNANDES et al., 2016).

Apesar do potencial produtivo e do valor nutritivo, é importante destacar que a composição química da parte aérea de mandioca varia em função da idade da planta e da variedade. (SUDARMAN et al. 2016; WOBETO et al., 2006). Além disso, a mandioca contém glicosídeos cianogênicos que são precursores do ácido cianídrico (HCN), substância tóxica que pode causar distúrbios fisiológicos e levar os animais a óbito. Portanto, é necessário fazer o uso de técnicas para atenuar o potencial de toxidez desse fator antinutricional (ONI et al., 2014).

A conservação da parte aérea de mandioca na forma de silagem é uma alternativa, visto que durante o processo fermentativo ocorre a redução de até 56% o teor de HCN (SILVA et al., 2015). A silagem de parte aérea de mandioca apresenta valores de composição química de 24,99% de matéria seca; 4,52% de matéria mineral; 9,90% de proteína bruta; 50,80% de FDN (CQBAL 4.0, 2022). Durante todas as etapas do processo de ensilagem são observadas perdas de MS e nutrientes, sendo que a maior proporção destas ocorre durante o processo fermentativo (BORREANI et al., 2018). As perdas fermentativas são influenciadas pelas condições de ensilagem e pelas características do material ensilado.

Dessa forma, a idade de colheita da parte aérea pode influenciar as perdas e recuperação dos nutrientes. Convencionalmente, os trabalhos avaliam as perdas de matéria seca apenas, onde são observados valores aproximados de 2% de perdas para silagens de parte aérea de

mandioca (MOTA et al., 2011). Entretanto, ao considerar o planejamento alimentar e a formulação de dietas, bem como os custos dos nutrientes, outras metodologias e procedimentos pouco utilizados podem trazer informações complementares aos valores de perdas ou recuperação de matéria seca.

O presente estudo foi fundamentada na metodologia de balanço de nutrientes (UDÉN, 2017), nesta metodologia ocorre a comparação entre a composição da cultura com as concentrações encontradas na silagem e depois corrigidas para as perdas de gases e de matéria seca, desta forma sendo possível quantificar as perdas de cada nutriente individualmente o que nos auxilia a entender sobre as reações que ocorrem dentro do silo e a partir disso associar a diferentes perfis de fermentação e avaliar o processo de conservação.

Desta forma, objetivou-se analisar o efeito da idade de colheita sobre o balanço de nutrientes das silagens de parte aérea de mandioca, bem como estimar a quantidade recuperada destes nutrientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma espécie de planta dicotiledônea, pertencente à família Euphorbiaceae, sua origem remete a América do Sul, se mostra bastante adaptada aos climas tropicais e subtropicais, sendo encontrada em muitas regiões do mundo principalmente entre os trópicos de câncer e de capricórnio, é uma planta rústica de estrutura arbustiva, apresenta raízes tuberosas capazes de armazenar grande quantidade de amido, um caule cespitoso e quebradiço com a presença de nós, e suas folhas são do tipo simples e são fonte de proteínas (SUDARMAN et al., 2016; CARVALHO, 2006). Segundo Tironi et al. (2019), a propagação da mandioca ocorre de forma vegetativa através das manivas que são porções do caule do vegetal.

O desenvolvimento fisiológico da mandioca é dividido em quatro fases, sendo as três primeiras fases consideradas ativas enquanto que a última é considerada vegetativa. A primeira fase é chamada de fase de emergência e ocorre desde o início do desenvolvimento das primeiras raízes até o surgimento da parte aérea tendo uma duração média de 15 dias; a segunda fase recebe o nome de fase vegetativa e é caracterizada pelo crescimento do sistema radicular e pelo desenvolvimento das folhas, esta fase tende a ocorrer entre os 15 e 180 dias; na terceira fase chamada de reprodutiva ocorre a translocação dos fotoassimilados das folhas para as raízes e é nessa fase que as raízes começam a ficar mais espessas por conta da deposição do amido, isso ocorre dos 180 aos 300 dias após o plantio, já a quarta fase ocorre após os 300 dias e recebe o

nome de repouso, é nesta fase que a planta perde as folhas naturalmente, encerrando a sua atividade vegetativa, permanecendo apenas a migração das substâncias de reserva para as raízes (TIRONI et al., 2019).

No ano de 2020 o Brasil produziu cerca de 18 milhões de toneladas de mandioca, cultivadas numa área de 1,23 milhões de hectares, sendo o estado do Pará o maior produtor com cerca de 3,8 milhões de toneladas produzidas, entretanto a produtividade do estado é baixa, com 14.10 t/ha, abaixo da média nacional que é de 14.6 t/ha (IBGE, 2022). E isso se deve ao nível de tecnificação utilizado no Pará

No cenário nacional o cultivo da mandioca é realizado com diferentes propósitos, nas regiões Norte e Nordeste a produção da mandioca é feita com o intuito de colher as raízes para a produção de farinha seja para comércio ou para subsistência, já nas regiões do Centro-Oeste, Sul e Sudeste a mandioca é destinada para processamento industrial têxtil de química e papelaria e de alimentos (OTSUBO, 2012). Desta forma é comum a presença de resíduos e derivados que ainda apresentam condições favoráveis para uso, principalmente para uso na alimentação animal como substituto parcial de alimentos padrões.

2.2. Parte aérea da mandioca

A parte aérea da mandioca é constituída pelas suas ramas, pecíolos e folhas, sendo somente 20% deste material aproveitado o que corresponde ao terço médio da planta utilizado para replantação, normalmente o restante desse material é descartado pelos produtores, pois o objetivo deve ser produzir e colher a raiz da planta, uma vez que esta é mais versátil em relação ao uso, entretanto o terço superior da parte aérea da mandioca apresenta alto valor nutritivo, com seu teor de proteína sendo em torno de 17% e sua concentração de carboidratos não fibrosos de aproximadamente 31% em grande parte constituído por amido e apresentando menores concentrações de fibras em relação a outras partes da planta (SOUZA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2006).

É importante salientar que tanto as concentrações desses nutrientes assim como a degradabilidade dos mesmos são mutáveis, uma vez que está atrelada a fatores como a idade da planta e a variedade da mesma. De acordo Marques et al. (2013), que trabalhou com 4 variedades de mandioca e com a silagem do terço superior das mesmas, foram encontrados resultados diferentes quando se observou a degradabilidade potencial da matéria seca sendo de 42,60% e 55,70% o menor e o maior valor encontrado respectivamente esta diferença foi atribuída a variedade de mandioca assim como a idade da planta, uma vez que esta variável está

relacionada com a proporção dos carboidratos fibrosos e não fibrosos, através da maior lignificação com o avanço da idade tendo como consequência a redução da degradabilidade.

Outro fator importante relacionado as concentrações de nutrientes encontrada na parte aérea é a relação destes com a capacidade fermentativa do material. A alta concentração de proteína encontrada no terço superior da mandioca pode ocasionar em dificuldades no momento da ensilagem, visto que pode dificultar a queda do pH dentro do silo por conta da proteólise que acaba por liberar amônia, o que pode favorecer a proliferação de bactérias indesejáveis que deterioram o material ensilado e aumentam as perdas além de reduzir aceitabilidade da silagem (KUNG Jr., 2010). Entretanto é possível fazer o uso de aditivos para evitar ou minimizar essas perdas. Com relação a proteína o tanino tem destaque, de acordo com Khiaosa-Ard et al. (2009) a utilização de taninos condensados, inibe a liberação de amônia e de metano através da formação de complexos com as proteínas e fibras que ocasionam no aumento da eficiência da utilização do nitrogênio no rúmen, a redução da produção de nitrogênio amoniacal, a diminuição de bactérias metanogênicas, mitigando a produção de metano.

2.3. Uso da mandioca na alimentação animal

Para que essa cultura seja utilizada na alimentação animal, são necessárias algumas medidas pois apesar do valor nutritivo a mandioca apresenta um certo nível de toxicidade devido a presença de glicosídeos cianogênicos, sendo a linamarina e lotaustralina os encontrados em maior quantidade na mandioca, estes compostos são produtos secundários do metabolismo das plantas e provavelmente fazem parte do sistema de defesa do vegetal.

De acordo com Hoppe et al. (2009), as variedades de mandioca podem ser classificadas como bravas e mansas, dependendo da quantidade de ácido cianídrico encontrada, onde as cultivares bravas são aquelas que contém 100 mg ou mais de HCN.

Os glicosídeos cianogênicos tem o potencial de liberar o HCN quando hidrolisados (CEREDA 2003). De acordo com MCMAHON et al. (1995) esses glicosídeos ficam nos vacúolos dos vegetais enquanto que as enzimas responsáveis pela hidrolise estão contidas na parede celular. Desta forma quando o material vegetal é dilacerado através da mastigação os glicosídeos entram em contato com água e as β -glicosidases os hidrolisam liberando glicose e ludraxinitrila que é decomposta de forma espontânea ou através de atividade enzimática em cianeto e acetona (TOKARNIA et al., 2000).

O cianeto interfere no transporte de oxigênio, levando os animais a quadros de asfixia podendo levar a morte, entretanto para que isso ocorra é necessária a ingestão da dose tóxica de HCN que é de 2 a 4 mg de HCN por kg/pv por hora (TOKARNIA et al., 2000)

De acordo com Oke (1979) os ruminantes se mostram mais sensíveis aos efeitos tóxicos desses glicosídeos, o que se acredita ser devido a flora microbológica presente no rúmen destes animais assim como a presença da enzima emulsina em grande quantidade que é capaz de hidrolisar os glicosídeos.

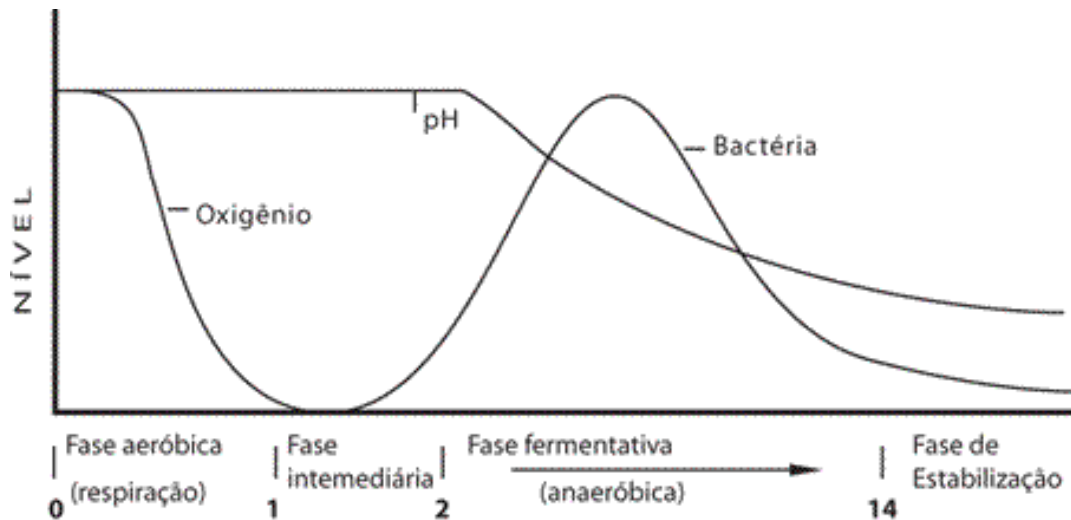
Desta forma é preciso submeter a parte aérea da mandioca a processos que levem a redução dos teores de HCN, como aquecimento, desidratação e fermentação, sendo assim o processo de ensilagem demonstra um potencial de redução desse efeito tóxico que a ingestão da parte aérea da mandioca pode causar, essa redução ocorre principalmente pela ação da *Lactobacillus plantarum* A6 que tem a capacidade de degradar a linamarina o que resulta na liberação de glicose que vai ser utilizada para produção de ácido láctico e pela liberação de cianetos livres, que irão volatilizar ou então serão carreados através da produção de efluentes (ONI et al., 2014; GIRAUD et al., 1992).

2.4. Silagem

A ensilagem é uma das práticas de conservação da forragem, e a produção de silagem tem como objetivo preservar os nutrientes da forragem colhida e permitir seu armazenamento por longos períodos (PEREIRA & REIS, 2001). Esse processo ocorre através de uma sequência de etapas, sendo elas a colheita do material a ser picado, a redução do tamanho de partícula, transporte até o silo, abastecimento do silo, compactação da massa, vedação e desabastecimento do silo sendo que cada etapa dessa necessita de atenção e empenho para que não prejudique a qualidade do produto final.

Depois de vedado, a massa de forragem vai passar pelas fases da fermentação (Figura 1) a primeira fase é a fase aeróbia caracterizada pela presença de oxigênio residual; a fase intermediária caracterizada pela transição do ambiente aeróbio para um ambiente de anaerobiose é nesta fase que os microrganismos anaeróbios começarão a se desenvolver, sendo o MO (microrganismos) de maior interesse as BAL'S (Bactérias ácido lácticas), quando a população de BAL já é considerável, se inicia a terceira fase, chamada de fermentativa, nessa fase, a concentração de ácido láctico, produzido através do consumo de açúcares solúveis pelas BAL faz com que o pH caia e deixe o ambiente ácido e é essa acidificação que garante a conservação da massa, a partir desse momento se inicia a quarta fase, chamada de fase estável que irá durar até o momento de abertura do silo (WEINBERG; MUCK, 1996).

Figura 1 - Fases do processo de ensilagem.

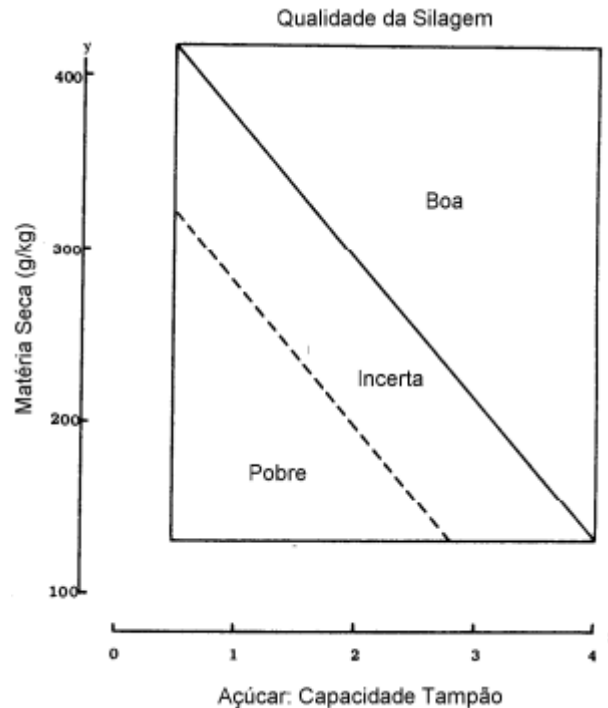


Fonte: Adaptado de Weinberg; Muck, 1996

Uma silagem de qualidade está sujeita ao efeito de diversos fatores, é preconizado que para um bom processo de ensilagem a forrageira necessite de uma determinada concentração de matéria seca (28 a 40%), a concentração de açúcares solúveis entre 8 a 13% e baixo poder tampão.

Segundo WOOLFORD (1984) a relação entre estes fatores pode ser representada pela equação: $y = 450 - 80x$, onde y corresponde a quantidade de MS (g/kg) e x , a relação entre açúcares solúveis e capacidade tampão. De acordo com a Figura 1, se a concentração de carboidratos solúveis é alta e o poder tampão é baixo, temos silagens de boa qualidade mesmo com baixo conteúdo de MS. Enquanto que quando se observa o contrário, só é possível produzir silagens de boa qualidade quando o conteúdo de MS é alto.

Figura 2 - Relação entre conteúdo de matéria seca e proporção açúcar:capacidade tampão e seus efeitos na qualidade das ensilagens.



Fonte: Weissbach et al. Citado por Woolford, 1984.

Entretanto, caso a forrageira não tenha tais características é possível fazer o uso de aditivos que irão auxiliar o processo de ensilagem (A. MARTÍNEZ et al, 2013).

2.5. Balanço de nutrientes e recuperação

São escassos os trabalhos que demonstram as quantidades exatas de nutrientes perdidos durante o processo de ensilagem, entretanto como tal processo se mostra crucial para que se possa utilizar a parte aérea da mandioca na alimentação animal. A qualidade da silagem vai se referir de forma direta ao sucesso ou não do processo fermentativo assim como ao valor nutritivo atribuído ao produto final, isso porque se trata de uma variável que tem relação com o processo de conservação e com a composição química (MELLO et al., 2006).

Dessa forma é necessário fazer o uso de certas metodologias para ter um melhor entendimento do valor nutricional daquilo que será consumido pelo animal. A metodologia utilizada para isso é o balanço de nutrientes, o qual nos permite ter entendimento sobre os compostos nutricionais que estavam presentes na planta *in natura* e que foram perdidos e recuperados após o período de armazenamento onde o material já se encontra sob forma de silagem.

Uma dessas metodologias é o balanço de nutrientes, que consiste na comparação dos pesos da massa ensilada e da massa no momento da abertura assim como a correção dos valores

para as perdas por emissão de gases com o intuito de quantificar a quantidade recuperada de cada nutriente que constitui a matéria seca do alimento (UDÉN, 2017). Esta metodologia foi utilizada no trabalho de Silva (2020) para verificar o efeito de diferentes corretivos de solo associados a diferentes variedades de mandioca sobre a recuperação de nutrientes em silagens de raiz, onde foi possível observar diferentes recuperações de nutrientes sob influência da variedade utilizada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

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°07'42" S e 47°36'29" W. O clima da região é caracterizado como tropical e segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo climático "Ami", ou seja, chuvoso com um pequeno período de seca (PACHECO & BASTOS, 1999).

3.2. Delineamento experimental

Para a implantação do experimento foi utilizada a variedade de mandioca Manivão, para o plantio, foi utilizado um espaçamento de 90 cm entre linhas e 80 cm entre plantas. As manivas possuíam em média 17 cm de comprimento, sendo que 40% de cada maniva ficou exposta fora da cova. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados, sendo cinco idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 9, 10 e 11 meses) com quatro repetições. A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 20 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento.

Após a colheita, uma forrageira estacionária foi utilizada para triturar a parte aérea a fim de atingir um tamanho de partícula aproximado de 2 cm. Após esse processamento, houve a pesagem da massa obtida para a ensilagem em baldes plásticos com capacidade de 10 litros, em média foram colocados 7 kg de parte aérea triturada a fim de atingir a densidade desejada de 600 kg/m³. No fundo de cada balde foi colocado 2 kg de areia seca dentro de um saco de tecido não tecido (TNT) para a captação do efluente para estimar as perdas. A ensilagem foi feita por ordem de repetição. Os baldes foram pesados e armazenados em local protegido até à abertura. Aos 90 dias de armazenamento, após a abertura ocorreu a pesagem dos baldes onde a parte deteriorada foi descartada, além disso foram desprezados os pesos do balde, da tampa assim como o peso da areia acrescido dos efluentes produzidos durante o período de armazenamento, foram coletadas amostras para análise da composição química.

3.3. Análise química

Foram coletadas amostras das partes aéreas *in natura* antes da ensilagem e também do material ensilado no momento da abertura dos silos, para posterior processamento no Laboratório de Nutrição Animal e Análise de Alimentos (LABNUTAN) localizado na UFRA campus Belém para avaliação da composição química (Tabela 1). As amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C e posteriormente moídas em moinho de facas, com peneira com crivo de 1 mm de diâmetro. 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 e a determinação da matéria orgânica (MO) sendo feita por diferença; 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).

Tabela 1 - Composição química (%) da parte aérea da mandioca *in natura* e da silagem de parte aérea em função da idade de colheita.

Variáveis	Idades de colheita, meses				
	6	7	9	10	11
MS					
In natura	26.42	25.44	22.73	30.72	25.78
Silagem	24.73	23.76	21.40	29.74	24.62
MO					
In natura	94.40	93.51	95.29	95.04	94.79
Silagem	94.18	94.37	95.74	96.85	97.11
PB					
In natura	11.53	10.81	8.72	8.69	7.26
Silagem	11.38	11.34	10.24	8.65	6.31
FDN					
In natura	48.12	52.29	55.11	53.90	55.28
Silagem	52.66	54.79	58.07	58.24	58.48

MS - matéria seca; MO – matéria orgânica; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro.

3.4. Balanço de nutrientes

A partir dos valores obtidos nas análises bromatológicas em laboratório foi possível dar seguimento aos cálculos de balanço de nutrientes. Inicialmente os dados foram tabulados em uma planilha no programa Excel e os cálculos foram realizados com base no estudo de Udén (2017). Primeiramente foram considerados os valores obtidos nas análises químicas da planta *in natura* e após a abertura do silo, para se calcular a quantidade de nutrientes em kg que existia em cada momento a quantidade de MS foi multiplicada com o peso da respectiva massa e dividido por 100. Já para os demais nutrientes: MO, PB, FDN, o resultado obtido na análise foi multiplicado pela MS e dividido por 100. Para se obter os dados do balanço de nutrientes em

kg foi feita a diferença entre os valores obtidos após a abertura do silo e antes da ensilagem, em seguida esses dados foram convertidos para g/kg onde cada valor do balanço em kg foi multiplicado por 1000 e dividido pela quantidade de nutrientes antes da ensilagem.

A estimação da recuperação de nutrientes em porcentagem foi feita através da divisão da quantidade de nutrientes após a abertura do silo pela quantidade de nutrientes na parte aérea *in natura* e posteriormente multiplicado por 100.

Foram determinadas as médias dos valores obtidos em cada tratamento para balanço de nutrientes (g/kg) e recuperação (%), a fim de se obter um resultado geral para cada idade de colheita escolhida para a ensilagem da parte aérea.

3.5. Análise estatística

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de normalidade dos dados e homocedasticidade das variâncias. Em seguida foi realizada a análise de variância e quando significativa ao nível de probabilidade de 0,05, foram testados contrastes polinomiais. Todas as análises estatísticas foram analisadas por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Para as variáveis analisadas, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = u + t_i + b_j + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = valor da unidade experimental submetida na i -ésima idade de colheita no j -ésimo bloco;

u = efeito da média geral;

t_i = efeito fixo associado a i -ésima idade de colheita, $i = 1, \dots, 5$;

b_j = efeito aleatório associado a j -ésimo bloco, $j = 1, \dots, 4$;

e_{ij} = erro aleatório associado a unidade experimentou submetida a i -ésima idade de colheita no j -ésimo bloco.

4. RESULTADOS

Como é possível observar nas tabelas 2 e 3, não houve efeito ($P > 0,05$) de idade de colheita sobre o balanço de MS, MO e FDN, entretanto foi observado comportamento quadrático para PB em função da IC ($P < 0,05$).

Tabela 2 - Efeito da idade de colheita sobre o balanço de nutrientes (g/kg) de silagens de parte aérea da mandioca.

Variáveis	Idade de colheita, meses	P-valor	Contrastes polinomiais
-----------	--------------------------	---------	------------------------

	6	7	9	10	11		L	Q
MS	-88.62	-58.97	-98.33	-106.57	-75.06	0.42	0.27	0.32
MO	-94.32	-56.74	-97.63	-97.93	-75.66	0.60	0.59	0.39
PB	-103.27	-8.47	113.14	-159.92	-226.28	<0.01	0.71	<0.01
FDN	-27.49	1.74	-45.75	-10.22	22.71	0.36	0.96	0.89

MS - matéria seca; MO – matéria orgânica; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro.

Tabela 3 - Efeito da idade de colheita sobre a recuperação de nutrientes (%) de silagens de parte aérea da mandioca.

Variáveis	Idade de colheita, meses					P-valor	Contrastes polinomiais	
	6	7	9	10	11		L	Q
MS	91.13	94.10	90.16	89.34	92.49	0.42	0.27	0.32
MO	90.56	94.32	90.23	90.20	92.43	0.60	0.59	0.39
PB	89.67	99.15	111.32	84.01	77.37	<0.01	0.71	<0.01
FDN	97.25	100.18	95.42	98.97	102.27	0.36	0.96	0.89

MS - matéria seca; MO – matéria orgânica; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro.

O valor negativo observado nos resultados dos balanços significa que tivemos perdas de determinado nutriente, sendo assim é possível ver que para todas as IC testadas tivemos perdas de MS e de MO, os valores positivos observados para FDN e PB significam que tivemos uma recuperação acima de 100%, resultado observado ao 7 e 11 meses para FDN e aos 9 meses para PB.

5. DISCUSSÃO

De acordo com McAllister e Hristov (200) após a colheita e a redução do tamanho de partícula as células vegetais começam a realizar o processo de respiração oxidativa, ambas situações implicam em liberação de água, gás carbônico, aumento na temperatura e amônia. Desta forma as perdas de MS e de MO representados pelos valores negativos no balanço de nutrientes (tabela 2) e pelos valores abaixo de 100 (tabela 3) ocorrem naturalmente nos primeiros dias da fermentação onde temos a presença de oxigênio residual o que torna o ambiente propício ao crescimento de microrganismos aeróbios, que acabam por deteriorar a matéria orgânica.

Entretanto esta fase aeróbia não é a única fonte de perdas de MS, durante o processo fermentativo, ocorre o consumo de açúcares solúveis, já que esse é o substrato utilizado pelas bactérias ácido lácticas. Em uma silagem de qualidade é desejável que tenhamos uma maior concentração de ácido lático, que é o responsável pela diminuição rápida do pH dentro do silo

as altas concentrações de ácido lático indicam que dentro do silo temos populações maiores de bactérias ácido lácticas (BAL). A presença dessas bactérias é desejada pois seu metabolismo é eficiente em relação ao consumo dos açúcares solúveis uma vez que para cada molécula de glicose consumida resulta em duas moléculas de ácido lático o que caracteriza uma fermentação homolática (Kung et al., 2018).

Entretanto dentro do silo podem ocorrer outros tipos de fermentações, visto que temos a presença de BAL heterofermentativas que são aquelas que através do consumo de uma molécula de glicose produz uma molécula de ácido lático e outra molécula de outros compostos orgânicos como ácido propiônico ou ácido acético. Estas rotas são menos eficientes quando comparadas a fermentação homolática uma vez que observamos perdas de energia, CO₂ e água, apesar dessas perdas a presença desses ácidos é interessante pois contribui para um aumento na estabilidade aeróbia da massa aumentando o tempo de uso da mesma (Kung et al., 2000)

Já a presença de outros compostos orgânicos como etanol, ácido butírico e N-amoniacoal são indicadores de que ocorreu perdas desnecessárias de nutrientes provenientes de fermentações indesejáveis. A presença de etanol sugere que houve desenvolvimento de leveduras, o que não é interessante pois elas competem com as BAL pelo mesmo substrato, além de também terem a capacidade de utilizar o ácido lático como substrato para seu desenvolvimento, o que contribuiu o aumento do pH o que torna o processo de ensilagem menos eficiente. A presença de ácido butírico além de representar mais uma fonte de perdas também afetam as condições organolépticas da silagem pois naturalmente este composto apresenta um odor que tende a diminuir o consumo dos animais (Scherer et al., 2015).

Para o FDN as perdas observadas podem ser atribuídas a hidrólise ácida da hemicelulose, sua estrutura é quebrada quando entra em contato com os ácidos orgânicos produzidos durante o processo de ensilagem. Além disso houve a ocorrência de balanço positivo, resultado este que biologicamente não pode ser explicado, podendo ser atribuído a erros durante a análise sendo recomendável refazer a mesma para poder identificar e corrigir o erro (CABRAL et al., 2016).

Em relação a variável PB, os valores positivos encontrados no balanço foram interpretados como ausência de perdas. A diminuição da concentração de PB não necessariamente simboliza perdas uma vez que dentro do silo ocorre alteração na forma como o nitrogênio se apresenta, deixando de fazer parte da fração de proteína verdadeira e passando a compor a fração de nitrogênio não proteico, que engloba tanto o nitrogênio solúvel quando o nitrogênio amoniacoal, sendo esta última forma indesejável pois esta sim é resultado direto do processo de proteólise que ocorre naturalmente em silagens mais úmidas e se traduzem em perdas de PB (kung et al., 2018).

Desta forma as perdas observadas podem ser atribuídas a composição química da parte aérea da mandioca *in natura* e ao perfil fermentativo ocorrido dentro do silo, os menores valores de recuperação observados ao 6, 10 e 11 meses pode ser explicada caso houvesse menores concentrações de CSA na mandioca *in natura*, o que teria tornado o processo de fermentação mais lento e favorecendo a ocorrência de uma fermentação butírica desenvolvimento de microrganismos indesejáveis que consumiram a proteína.

6. CONCLUSÃO

A silagem de parte aérea da mandioca apresentou um adequado processo de conservação traduzindo-se em uma recuperação satisfatória de nutrientes. Considerando a PB, as maiores recuperações foram observadas no material colhido e ensilado nas idades intermediárias (7 a 9 meses após o plantio).

REFERÊNCIAS

A. MARTINEZ-FERNANDEZ. et al. Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate áreas. Spanish Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 2, p. 455-462, 2013.

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

Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. Journal of Dairy Science, 101(5), 3952–3979. doi:10.3168/jds.2017-13837

Cabral A. et al. Hidrólise da casca de mandioca (*manihot esculenta crantz*) em diferentes tempos de tratamento e concentrações ácidas para a obtenção de açúcares fermentescíveis. Anais do fórum de iniciação científica do UNIFUNEC, v.6, n.6, 2016.

CARVALHO, P. C. L. Classificação botânica. In: Mattos, P. L. P.; Farias, A. R. N.; Filho, J. R. F. (org.). Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 18 – 21.

CEREDA, M. P. Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação, p. 47-81. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosos amilacias. São Paulo: Fundação Cargill, 3(3), (Serie culturas de tuberosas amilacias Latino Americanas). 2003.

CQBAL 4.0 (Tabelas brasileiras de composição de alimentos para ruminantes), 2022. Link: <https://www.cqbal.com.br/#/>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES, J. R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; MALAQUIAS, J. V. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.17, n.1, p.1-12, 2016.

Giraud, E., Gosselin, L. & Raimbault, M. Degradation of cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotechnol Lett* 14, 593–598 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF01023947>

HOPPE, S. et al. Análise econômico-financeira da implantação de uma destilaria para produção de álcool carburante a partir da mandioca. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 1, n. 2, p. 245-257, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Agrícola Municipal. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques.>> Acesso em 12/05/2022.

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

KHIAOSA-ARD, R.; BRYNER, S. F.; SCHEEDER, M. R. L.; WETTSTEIN, H. R.; LEIBER, F.; KREUZER, M.; SOLIVA, C. R. Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal alpha-linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins *Journal of Dairy Science*, v.92, n.1, p.177-188, 2009.

KUNG Jr., L. Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. In: *Proceedings, 2010 California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference*, Visalia, December, 2010. UC Cooperative Extension, Plant Sciences Department, University of California, Davis, CA 95616.

Kung, L., et al. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), (2018).

L. Kung Jr., and Ranjit, N. K., 2000. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *L. plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 83:526–535

MARQUES, K. M. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T. dos; SOUZA, V. M. de; PIRES, D. A. de A.; PALMA, M. N. N. de; SILVA, G. W. V. da S.; ANTUNES, A. P. da S. Cinética de fermentação in vitro de silagens da parte aérea de mandioca. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.14, n.1, p.233-247, 2013.

McAllister, T. A., and A. N. Hristov. 2000. The fundamentals of making good quality silage. *Adv. Dairy Technol.* 12:381–399.

MCMAHON, J. M.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *Journal of Experimental Botany*, v. 46, p. 731-741, 1995.

MELLO, R. et al. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 03, p. 672-682, 2006.

Mota, Álvaro Diego Soares et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia* [online]. 2011, v. 40, n. 7

Negesse, T., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2009). Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *Animal Feed Science and Technology*, 154(3-4), 204–217.

OKE, O.L. Some aspects of the role of cyanogenic glycosides in nutrition. *Wld. Rev. Nutr. Diet*, v.33, p.70-103, 1979

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.

OTSUBO, A. A. A mandioca merece mais consideração. *A Granja*, Porto Alegre, v.767, p. 64-65, 2012.

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

PEREIRA, J. R. A; REIS, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. *Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas*, v. 1, p. 64-86, 2001.

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

Scherer, R., K. Gerlach, and K. H. Sudekum. 2015. Biogenic amines and gamma-amino butyric acid in silages: Formation, occurrence and influence on dry matter intake and ruminant production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 210:1–16.

SILVA, A. F.; SANTANA, L. M; FRANÇA, C. R. R. S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ARAÚJO, C. R.; AZEVEDO, S. G. Produção de diferentes variedades de mandioca em sistema agroecológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.1, p.33-38, 2009.

SILVA, Daniel Augusto Santos da. Balanço de nutrientes em silagens de raízes de variedades de mandioca submetidas a diferentes correções do solo. Orientador: Anibal Coutinho do Rego. 2020. 35. Trabalho de conclusão de curso – Zootecnia, ISPA, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2020.

SILVA, Tomás Guilherme Pereira da et al. Efeito dos métodos de conservação de forragem sobre a concentração de ácido cianídrico na maniçoba. *Ci. Vet. Tróp.*, p. 135- 138, 2015.

SOUZA, A. S. et al., Valor nutricional de frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 12, n. 2, 2011

SOUZA, A. S. et al., Potencial forrageiro e valor nutricional do feno de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, n.3, p.604-618, 2012.

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.

TIRONI, L. F. et al. *Ecofisiologia da Mandioca Visando Altas Produtividades*. 1. ed. Santa Maria. Ed. GR, 2019. 136 p.

TOKARNIA, C. H. et al. *Plantas tóxicas do Brasil*. Ed. Helianthus, Rio de Janeiro. p. 215-221. 2000. VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon*, v. 38, p. 11-36, 2000.

UDÉN, P. 2017. Fresh and ensiled forage plants total composition, silage losses and the prediction of silage composition from the crop. *Grass Forage Sci.* 73:420–<https://doi.org/10.1111/gfs.12328>.

VALENTIM, J. K. et al. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. *Ensaio e Ciência*, v.25, n.1, 2021.

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 19, n. 3, p. 53-68, 1996.

WOBETO, C. et al. Nutrients in the cassava (*Manihot Esculenta crantz*) leaf meal at three ages of the plant. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 865-869, 2006

WOOLFORD, M. 1984. *The silage fermentation*. New York. Marcel Dekker. p. 350.