

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MURILO RODRIGUES SHIBATA

**PARÂMETROS BROMATOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS DE SILAGENS DO
TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON– PR

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MURILO RODRIGUES SHIBATA

**PARÂMETROS BROMATOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS DE SILAGENS DO
TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Área de Concentração: Produção e Nutrição Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maximiliane Alavarse Zambom

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Andressa Faccenda

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

2023

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas daUnioeste.

Shibata, Murilo Rodrigues

"Parâmetros bromatológicos e microbiológicos de silagens do terço superior da rama de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) / Murilo Rodrigues Shibata; orientadora Maximiliane Alavarse Zambom; coorientadora Andressa Faccenda. -- Marechal Cândido Rondon, 2023.

90 p.

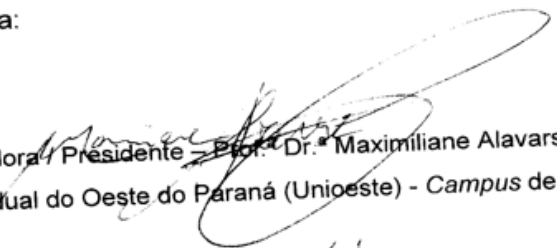
Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2023.

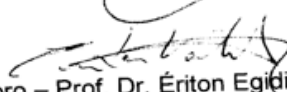
1. Alimento alternativo. 2. Conservação e qualidade de forragem. 3. *Manihot esculenta* Crantz. 4. Nutrição de ruminantes. I. Zambom, Maximiliane Alavarse , orient. II. Faccenda, Andressa , coorient. III. Título.


MURILO RODRIGUES SHIBATA

Parâmetros bromatológicos e microbiológicos de silagens do terço superior da rama de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Zootecnia", Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", Linha de Pesquisa "Produção e Nutrição de Ruminantes / Forragicultura", APROVADO pela seguinte Banca Examinadora:


Orientadora / Presidente – Prof.ª Dr.ª Maximiliane Alavarse Zambom
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon


Membro – Prof. Dr. Ériton Egídio Lisboa Valente
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon


Membro – Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Marechal Cândido Rondon, 31 de maio de 2023.

DEDICATÓRIA

A todos meus familiares. Minha esposa Kelly, meus filhos Enzo, Heitor e Orlando. Meus pais Jose Carlos e Benedicta.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me proporcionado saúde e todas as oportunidades que tive na vida.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela possibilidade de executar este trabalho.

À Professora Dr^a. Maximiliane Alavarse Zambom pela amizade, orientação, paciência e ensinamentos. Obrigada pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos em Ciência Animal.

À Professora Dr^a. Andressa Faccenda pela amizade, coorientação e ensinamentos.

À todos os professores do PPZ que, de alguma forma, contribuíram na permissão de uso dos laboratórios, orientações sobre metodologias e uso de equipamentos.

Ao Paulo Henrique Morsch, secretário do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIOESTE, pela atenção, dedicação e presteza.

Ao Sigmar Herpich (Agricultura Horizonte/ATIMOP) e Ilmar Kasulke (ATIMOP) por possibilitarem a coleta de materiais nas cultivares mantidas na Estação Experimental da ATIMOP/IDR de Porto Mendes.

Ao Gerente Regional do IDR-Paraná e os Coordenadores Regionais, Ivan Decker Raupp, Gelson Hein, Eliana Ap. dos Reis, por acreditarem que a formação do Extensionista Rural é uma forma de enriquecer nosso trabalho junto à sociedade. Agradeço por compreenderem tanto minhas ausências, como minhas justificativas.

Aos pesquisadores Marco Antonio Rangel (EMBRAPA) e Wilmar F. Lima (IDR Paraná IAPAR-EMATER) por colaborarem nas descrições morfológicas das cultivares.

Ao colega e amigo Augusto Cavalcante, bolsista do Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal, por possibilitar a realização de diversas análises.

À colega e amiga Ryana Cristina Markmann por auxiliar nas análises baseadas em espectrofotometria.

Aos membros do Grupo de Estudos Qualhada, em especial à Maria Luiza Fischer e a Ida B. de Andrade, as quais foram imprescindíveis na condução deste estudo durante o

experimento e suas análises e principalmente para que ele fosse concluído. Meu agradecimento também se estende aos colegas Ana Caroline Cândido, Byanka Lethícia Krein, Jaqueline Zimmermann, Eduardo Benites, Ikaro Aparecido Ribeiro, Ricardo Davi Kliemann, Gabriel Simili de Oliveira, Kimberli Josiane Lohmann, Larissa das Graças Nunes, Rafael Girelli, Rafaela Francener Fritz e Gabriel Comin e todos que de alguma forma colaboraram com os resultados alcançados.

Aos funcionários e funcionárias da UNIOESTE, desde as “tias” da limpeza até os responsáveis pela vigilância, Seu Olívio, Eliane, João, Antônio, entre outros.

Aos meus colegas de IDR-Paraná, Celestino Gabriel, Marcia Vargas Toledo, Maria Lucia Targanski Soares, Urbano Teobaldo Mertz e Anderson Luiz Heling por compreenderem minhas ausências e oferecerem apoio e orientações.

A todos os envolvidos de alguma forma, sou muito grato pela oportunidade de tê-los em meu caminho! Talvez muitos nunca percebam, mas foi muito importante quando esclareciam minhas dúvidas e me respondiam, mesmo que pelo WhatsApp. Espero que um dia eu possa retribuir!

EPIGRAFE

"Cada um de nós é, sob uma perspectiva cósmica, precioso. Se um humano discorda de você, deixe-o viver. Em cem bilhões de galáxias, você não vai achar outro como ele."

Carl Sagan

PARÂMETROS BROMATOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS DE SILAGENS DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Resumo: Objetivou-se avaliar a composição bromatológica, digestibilidade *in vitro* (DIV), verificando as perdas relacionadas ao processo fermentativo e à microbiologia de silagens do terço superior da rama de mandioca (STSRM) de 4 cultivares, em 2 idades de corte (8 e 18 meses) e 2 tempos de armazenamento (28 e 56 dias). As cultivares utilizadas foram BRS399, BRS420, BRSCS01 e IPR Paraguinha. As análises relacionadas à qualidade do processo de fermentação e microbiologia foram realizadas nas amostras *in natura* e em dois tempos de ensilagem. As análises bromatológicas e de digestibilidade foram realizadas nos 2 tempos de abertura dos silos. Na avaliação das perdas decorrentes do processo, as médias obtidas para as variáveis foram significativas ($P < 0,001$) para os fatores isolados, como o cultivar, a idade de corte e o tempo de armazenamento. A perda por gases foi de 0,22% e 0,30% e de efluentes de 29,47 e 10,95 kg/ton MV para as idades de corte de 8 e 18, evidenciando diferença entre estes tratamentos. Houve redução do pH em plantas ensiladas com 18 meses em relação às plantas de 8 meses, pois essas possuem maior capacidade tampão do que aquelas. Houve decréscimo ($P < 0,001$) de microrganismos indesejáveis com o avanço do tempo. O desenvolvimento de bactérias ácido lácticas (BAL) apresentou efeito linear crescente até os 56 dias de armazenamento, sendo de 5,18, 7,12 e 7,15 log UFC/g. O teor de FDN observado para médias obtidas no fator idade de corte foi de 52,874% e 76,810% para as idades de corte de 8 e 18 meses respectivamente. Corroborando com os valores obtidos para FDN, o teor de FDA, celulose e lignina apresentaram resultados semelhantes, evidenciando qualidade inferior das plantas colhidas aos 18 meses. O conteúdo de PB apresentado foi de 13,09% e 8,70% para as idades de 8 e 18 meses, indicando maior composição foliar do material colhido mais jovem. A DIVFDN para as idades de corte de 8 e 18 meses foram de 67,16% e 54,73%. Os resultados obtidos evidenciaram composição bromatológica superior para plantas colhidas aos 8 meses, sem que esta interferisse negativamente no processo fermentativo. O tempo de ensilagem de 56 dias consolidou maiores contagens de BAL. Portanto, os ensaios de digestibilidade *in vitro* permitiram concluir que a STSRM aos 8 meses pode ser considerada um alimento alternativo a ser utilizado na ração de ruminantes.

Palavras-chave: alimento alternativo, digestibilidade *in vitro*, microbiologia, ruminante, valor nutricional

BROMATOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF SILAGES FROM THE UPPER THIRD OF CASSAVA BRANCH (*Manihot esculenta* Crantz)

Abstract: This work aimed to evaluate the bromatological composition, and *in vitro* digestibility (IVD), by verifying the losses related to the fermentative process and microbiology of silages of the upper third of the cassava branch (SUTCB) of 4 cultivars, at 2 cutting ages (8 and 18 months) and 2 storage times (28 and 56 days). The cultivars used were BRS399, BRS420, BRSCS01, and IPR Paraguinha. The analyses related to the quality of the fermentation process and microbiology were performed on the samples *in natura* and at two ensiling times. The bromatological and digestibility analyses were carried out at the two silos' opening times. In the evaluation of losses resulting from the process, the means obtained for the variables were significant ($P < 0.001$) for the isolated factors, such as cultivar, cutting age, and storage time. The bromatological and digestibility analyses were carried out at the two silos' opening times. In the evaluation of losses resulting from the process, the means obtained for the variables were significant ($P < 0.001$) for the isolated factors, such as cultivar, cutting age, and storage time. The gas loss was 0.22% and 0.30% and effluent loss was 29.47 and 10.95 kg/ton DM for the cutting ages of 8 and 18, showing a difference between these treatments. There was a reduction in pH in plants ensiled at 18 months in relation to 8-month-old plants, as these have greater buffer capacity than those. There was a decrease ($P < 0.001$) of undesirable microorganisms with time. The development of lactic acid bacteria (LAB) showed an increasing linear effect until 56 days of storage, being 5.18, 7.12, and 7.15 log CFU/g. The NDF content observed for averages obtained in the cutting age factor was 52.874% and 76.810% for the cutting ages of 8 and 18 months respectively. Corroborating with the values obtained for NDF, the content of ADF, cellulose, and lignin showed similar results, pointing to lower quality of plants harvested at 18 months. The content of CP presented was 13.09% and 8.70% for ages 8 and 18 months, indicating a higher leaf composition of the material harvested at younger ages. The *in vitro* digestibility of NDF for the cutting ages of 8 and 18 months were 67.16% and 54.73%. The results obtained showed superior bromatological composition for plants harvested at 8 months, without this interfering negatively in the fermentative process. The ensiling time of 56 days consolidated higher LAB counts. Therefore, the *in vitro* digestibility tests allowed us to conclude that SUTCB at 8 months can be considered an alternative food to be used in ruminant rations.

Keywords: alternative feed, *in vitro* digestibility, microbiology, nutritional value, ruminant.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. VALORES OBSERVADOS NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ALGUNS COPRODUTOS DE MANDIOCA DA REGIÃO NORTE DO BRASIL	23
TABELA 2. CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DAS SILAGENS DE CULTIVARES DE MANDIOCA EM DIFERENTES IDADES DE CORTE E TEMPOS DE ENSILAGEM.....	44
TABELA 3. PERDAS DE GASES, EFLUENTES E RECUPERAÇÃO DE MS DE SILAGENS DE CULTIVARES DE MANDIOCA EM DIFERENTES IDADES DE CORTE E TEMPOS DE ENSILAGEM.....	47
TABELA 4. CAPACIDADE TAMPÃO (MEQ/100 MS) E CAPACIDADE FERMENTATIVA DE DIFERENTES CULTIVARES DE MANDIOCA E IDADES DE CORTE.....	48
TABELA 5. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE SILAGENS DO TERÇO SUPERIOR DE MANDIOCA (STSM) DE DIFERENTES CULTIVARES, IDADES DE CORTE E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO.....	51
TABELA 6. DESMEMBRAMENTO DAS INTERAÇÕES ENTRE CULTIVARES DE MANDIOCA E TEMPOS DE ENSILAGEM	53
TABELA 7. PRODUTIVIDADE ESTIMADA DE MATÉRIA SECA POR HECTARE DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA COLHIDA AOS 8 MESES.....	68
TABELA 8. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE SILAGENS OBTIDAS DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA	70
TABELA 9. DESMEMBRAMENTO DE INTERAÇÃO TRIPLA ENTRE CULTIVAR, TEMPO DE ABERTURA E IDADE DE CORTE PARA A VARIÁVEL FDA, NA IDADE DE CORTE DE 8 MESES	75
TABELA 10. DESMEMBRAMENTO DE INTERAÇÃO TRIPLA ENTRE CULTIVAR, TEMPO DE ABERTURA E IDADE DE CORTE PARA A VARIÁVEL FDA, NA IDADE DE CORTE DE 18 MESES	75
TABELA 11. DESMEMBRAMENTO DE INTERAÇÃO TRIPLA ENTRE CULTIVAR, TEMPO DE ABERTURA E IDADE DE CORTE PARA A VARIÁVEL CELULOSE NA IDADE DE CORTE DE 8 MESES	76

TABELA 12. DESMEMBRAMENTO DE INTERAÇÃO TRIPLA ENTRE CULTIVAR, TEMPO DE ABERTURA E IDADE DE CORTE PARA A VARIÁVEL CELULOSE NA IDADE DE CORTE DE 18 MESES	76
TABELA 13. DIGESTIBILIDADE IN VITRO DAS SILAGENS DE CULTIVARES DE MANDIOCA EM DIFERENTES IDADES DE CORTE E TEMPOS DE ENSILAGEM	77
TABELA 14. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO CULTIVAR VS IDADE DE CORTE SOBRE O COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE IN VITRO DA MATÉRIA SECA.	79
TABELA 15. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO CULTIVAR VS IDADE DE CORTE SOBRE O COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE IN VITRO DA MATÉRIA SECA.	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. INTERAÇÃO CULTIVAR X IDADE DE CORTE SOBRE AS VARIÁVEIS MATÉRIA SECA (MS), EXTRATO ETÉREO (EE), MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E PROTEÍNA BRUTA (PB).....	72
FIGURA 2. EFEITOS DA INTERAÇÃO TRIPLA ENTRE CULTIVAR E TEMPO DE ENSILAGEM NAS DIFERENTES IDADES DE CORTE SOBRE AS VARIÁVEIS FDA E CELULOSE (CEL)	80

SUMÁRIO

1. Introdução	16
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1 A cultura da mandioca	17
2.2 Cultivares de Mandioca	19
2.3 Aspectos morfo-fisiológicos da mandioca	20
2.4 Parte aérea da mandioca na nutrição de ruminantes	21
2.5 O processo de ensilagem	25
2.6 Referências	27
3 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FERMENTATIVA DE SILAGENS DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA MANDIOCA	31
3.1 Introdução	33
3.2.1 Local e delineamento experimental.....	34
3.2.3 Perdas na ensilagem	36
3.2.3.1 Índice de recuperação da matéria seca (RMS).....	37
3.2.3.3 Produção de fluentes (PE).....	37
3.2.3.4 Valor de pH.....	38
3.2.3.5 Capacidade tampão.....	38
3.2.3.7 Capacidade fermentativa	39
3.2.4 Análises microbiológicas.....	40
3.2.4.1 Clostrídios	40
3.2.4.2 Bactérias Ácido Láticas	41
3.2.4.3 Contagem padrão de aeróbios mesófilos	41
3.2.4.4 Enterobactérias	41
1.2.4 Análise estatística.....	41
3.3 Resultados e discussão	44

3.4	Conclusões	54
3.5	Referências	55
4	AVALIAÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA (<i>Manihot esculenta Crantz</i>)	58
4.3	Introdução	60
4.4	Material e métodos	61
4.4.1	Local e delineamento experimental	61
4.4.2	Colheita, processamento, armazenamento e abertura	61
4.2.3	Análise de componentes fibrosos.....	63
4.2.4	Carboidratos solúveis	63
4.2.5	Carboidratos totais (CT) e não fibrosos (CNF)	64
4.2.6	Digestibilidade in vitro (DIV)	65
4.2.6.1	Digestibilidade in vitro da Matéria Seca (DIVMS) e Matéria Orgânica (DIVMO) 65	
4.2.6.2	Digestibilidade da FDN	66
4.2.7	Análise estatística	66
4.3	Resultados e discussão	68
4.4	Conclusões	81
4.5	Referências Bibliográficas	82
5	Considerações finais	85
ANEXO I	86
	DESCRITORES MORFOLÓGICOS DAS CULTIVARES EMBRAPA (BRS)	86
	DESCRITORES MORFOLÓGICOS IPR-PARAGUAINHA.....	89

1. Introdução

A mandioca é uma cultura popularizada pela sua alta produção (MORM, 2023). É uma das culturas mais importantes em regiões tropicais e subtropicais, desempenhando um papel vital na segurança alimentar e na economia de diversos países (FAO, 2018).

Além de ser uma fonte significativa de carboidratos, a planta da mandioca possui uma série de subprodutos que podem ser explorados, incluindo o terço superior dessa planta. Esse material tem sido estudado como uma opção para ensilagem, visando o aproveitamento integral da cultura e o fornecimento de um alimento de qualidade para o gado (WANAPAT, 2008; TININI, 2018). Soma-se a isto, o fato do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais da raiz (FAO, 2018).

Com base em informações atualizadas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o Brasil se destaca como um dos maiores produtores de mandioca, com uma área de cultivo superior a 140 mil hectares, distribuídos principalmente entre os estados do Pará, Paraná, Bahia, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

O emprego de alimentos alternativos, como terço superior da rama de mandioca, tem sido amplamente estudado sob diversos aspectos nutricionais, como por exemplo, o desempenho (consumo, ganho de peso e conversão alimentar), os parâmetros ruminais e sanguíneos, a qualidade da carne ou leite e a viabilidade econômica do seu uso (OLIVEIRA et al., 2012). Além disso, verifica-se que a própria utilização desses alimentos na nutrição animal vem incentivando os estudos, já que também tornará as dietas menos onerosas (FAUSTINO et al., 2003).

A ensilagem do terço superior da planta da mandioca segue os mesmos princípios adotados para a conservação de outras plantas e materiais. Nesse sentido, tem-se por base a conservação em meio anaeróbio com redução do pH por meio da fermentação láctica dos carboidratos presentes (MacDonald, 1991). Dessa forma, é possível preservar os nutrientes e minimizar as perdas, tornando o terço superior da planta da mandioca uma alternativa promissora para o aproveitamento integral dessa cultura e o fornecimento de forragem de qualidade para o gado (TININI et al., 2021).

A característica comercial do cultivo da mandioca e sua sazonalidade na produção de volumoso, tornam a conservação de forragem uma prática indispensável para o melhor aproveitamento da parte aérea, distribuindo melhor o uso ao longo do ano (WANAPAT, 2018).

Em relação às idades de corte, entende-se que possui íntima correlação com a composição da planta, o que, por sua vez, também acaba interferindo na sua composição e em critérios importantes para que ocorra um adequado processo de conservação, como conteúdo de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e carboidratos solúveis.

Com base nessas informações, acredita-se que o estudo de diferentes cultivares no processo de ensilagem torna-se fundamental, pois, cada um tende a apresentar características específicas, como produtividade, resistência a pragas e doenças, que podem interferir na sua composição químico-bromatológica e influenciar o processo de ensilagem.

Nesta perspectiva, com o desenvolvimento desse estudo, objetivou-se avaliar a composição químico-bromatológica, microbiológica e parâmetros relacionados à qualidade da fermentação de silagens confeccionadas a partir do terço superior da mandioca, obtidas em 2 idades de corte (8 e 18 meses), oriundas de 4 cultivares (BRS 399, BRS 420, BRS CS 01 e IPR Paraguinha), submetidas a 3 tempos de ensilagem (0, 28 e 56 dias).

2. Revisão Bibliográfica

2.1 A cultura da mandioca

Planta originária da América do Sul, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das cerca de 100 espécies de árvores, arbustos e ervas do gênero *Manihot*, distribuídos do norte da Argentina ao sul dos Estados Unidos. Após as conquistas espanholas e portuguesas, a mandioca foi levada do Brasil à costa atlântica do continente africano (FAO, 2013). Desta forma, há mais de 200 anos, foi estabelecida em grande parte dos países tropicais, consolidada como um importante alimento energético (MODESTO et al., 2004).

Atualmente a mandioca é produzida em 103 países, com uma produção total de 303 milhões de toneladas (FAO, 2021), em uma área de 25 milhões de hectares, distribuídos principalmente na região intertropical, com destaque para regiões do centro e Oeste da África (Nigéria e Gana), Norte do Brasil, Tailândia e Indonésia (PARMAR et al., 2017). Mais de 50%

da produção mundial está na África, sendo a Nigéria o grande destaque mundial, uma vez que responde por 20% da produção mundial (FAO, 2021).

A mandioca é a quinta cultura básica cultivada mundialmente em relação à produção e à ingestão calórica, atrás do milho, arroz, trigo e batata. Estima-se que ela configura-se como um alimento primário para mais de 800 milhões de pessoas no mundo e, por esse motivo, também é considerada como uma cultura tradicional para a segurança alimentar, capaz de produzir alta energia, com baixo uso de insumos, adaptando-se ao estresse hídrico, baixa fertilidade, resistente a pragas e doenças (FAO, 2021).

Além do uso convencional das raízes como fornecedoras de energia na forma dos carboidratos de reserva, as folhas também são utilizadas como alimento para seres humanos, pois são ricas em proteína, vitaminas (B1, B2, C e carotenoides) e minerais (Ca, Mg e K). Outra vantagem do uso de raízes refere-se ao fato de estarem disponíveis para consumo durante todo o ano na maioria das regiões onde é cultivada. Convém ressaltar que, em condições normais, quando existem outros vegetais em abundância, o consumo das folhas de mandioca pode diminuir devido ao descaso, já que as folhas são consideradas um alimento de populações pobres, entretanto, nas crises, ganham um importante papel na dieta humana (PARMAR et al., 2017).

Em relação à produção das raízes, o Brasil ocupa a segunda posição no ranking mundial, superado apenas pela Nigéria. A área cultivada no Brasil é de 1,21 milhão de hectares e uma produção de raízes de 18 milhões de toneladas (IBGE, 2022), distribuída em praticamente todo território nacional. Como produtores, destacam-se os estados do Pará, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia (IBGE, 2022)

Especificamente sobre o estado do Paraná, verifica-se que é segundo colocado no ranking nacional, apresentando produção de 3,40 milhões de toneladas, cultivada em área de 142 mil hectares (IBGE, 2022). As regiões do Noroeste (Arenito Caiuá e solos de transição) e Oeste do Estado são as que se destacam na produção estadual. Grande parte das fecularias e indústrias ligadas à produção de farinha e derivados concentram-se nestas regiões, as demais regiões atuam em empreendimentos isolados sem produção regional significativa (PONCE et al., 2020).

Marechal Cândido Rondon apresentou produção de 66,5 mil toneladas no ano safra 2021, cultivadas em aproximadamente 1900 hectares (IBGE, 2022). A região Oeste do Paraná

apresenta área cultivada de aproximadamente 7 mil hectares com produção de 195 mil toneladas (DERAL, 2022).

2.2 Cultivares de Mandioca

Existem cerca de sete mil variedades de mandioca, as quais podem ser classificadas de acordo com a toxicidade da raiz (devido a presença de glicosídeos cianogênicos) em: “brava”, com concentração muito alta (superior a 100 mg/kg de raiz fresca), são amargas e impróprias para o consumo de mesa, necessitando de processamento para transformá-las em seus derivados (farinhas e fécula) e a “mansa”, adequada ao consumo humano, normalmente chamada de aipim ou macaxeira em algumas regiões (COELHO, 2018).

O governo brasileiro mantém no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) um banco de dados denominado Registro Nacional de Cultivares (RNC), responsável por reunir cultivares e espécies utilizadas para produção e comercialização.

Atualmente no RNC, existem 105 cultivares registradas sob o nome científico de *Manihot esculenta* Crantz. A diversidade de cultivares está diretamente relacionada à grande variedade de ecossistemas existentes para o cultivo, de forma que pragas, doenças e características edafoclimáticas determinam qual cultivar deva ser utilizada em determinada região do país (EMBRAPA, 2004).

Na microrregião de Marechal Cândido Rondon e municípios vizinhos, há predominância da cultivar IPR Paraguinha. A título de exemplificação, com base nos dados do IDR-Paraná e IAPAR/Emater (comunicação pessoal), Unidade de Extensão Rural de Marechal Cândido Rondon, mais de 90% dos projetos de crédito de custeio elaborados pela unidade são de plantio da cultivar Paraguinha. Além disso, destaca-se que tal predominância é confirmada pela ATIMOP.

No que tange especificamente a IPR Paraguinha, apesar de não ser possível determinar sua origem, trata-se de uma cultivar crioula, voltada para a finalidade industrial e não é possível determinar sua origem. Como a cultivar passou a ganhar expressividade na área cultivada, foi solicitada ao IDR-Paraná que realizasse seu registro junto ao RNC, sendo hoje a entidade

encarregada de preservar as características genéticas e garantir o fornecimento de material propagativo (ABAM, 2022).

A respeito da cultivar BRS CS 01, verifica-se que é uma mandioca de uso industrial, recomendada para o Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo (EMBRAPA, 2022). Em relação às suas características produtivas, mostrou-se precoce no acúmulo de amido nas raízes, quando comparada aos genótipos 55-04 e 56-18, sendo recomendada para colheita no final do primeiro ciclo (12 meses) (RANGEL et al., 2021).

A cultivar BRS 420, por sua vez, é oriunda da Embrapa Cerrados, , mostrou-se estável e adaptada ao sistema de plantio direto, também sendo recomendada para a região centro-sul do Brasil. Em trabalho de avaliação de diferentes épocas de colheita, conduzido no Noroeste do Paraná, apresentou resultados promissores para colheita no final do primeiro ciclo (RANGEL et al., 2021).

Considerando as cultivares de mandioca, há aquelas produzidas visando alimentação humana. A cultivar BRS 399 é considerada “de mesa”, pois apresenta características específicas, a saber: menor tempo de cozimento, baixo teor de HCN (ácido cianídrico) em raízes cruas, facilidade de colheita e produtividade. Assim como as outras cultivares apresentadas, é recomendada para solos de média a alta fertilidade (EMBRAPA, 2014).

2.3 Aspectos morfo-fisiológicos da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta heliófita, arbustiva e perene da família das Euforbiáceas (LORENZI et al., 2003). Seu cultivo abrange desde regiões de solos mais pobres com estiagens prolongadas àquelas de solos mais férteis e precipitações pluviométricas mais regulares.

A propagação vegetativa é a forma utilizada para a propagação na cultura da mandioca. Embora também seja possível, a propagação seminal normalmente é utilizada apenas em programas e pesquisas de melhoramento genético de plantas. As manivas são segmentos do caule, utilizadas para tal propagação e são elas que, após o plantio, dão origem aos brotos e

raízes. Neste período, as manivas dão origem tanto as raízes laterais ou nodais como as raízes básicas (TAKAHASHI et al., 2002).

Nos primeiros 3 meses após o plantio, a formação de folhas tem prioridade em relação à formação de raízes. O Índice de Área Foliar (IAF), importante parâmetro relacionado ao processo de fotossíntese e senescência foliar de gramíneas, também é avaliado nas plantas de mandioca. Este IAF aumenta até os 6 meses de idade, quando, a partir disso, as folhas mais velhas começam a cair devido a falta de luz na parte basal da planta. Ainda neste período, atenta-se para o fato de que a taxa de formação de novas folhas também diminui (ROSAS et al., 1976; COCK & EL-SHARKAWY, 1988).

Assim como outras plantas, a mandioca passa por períodos de repouso fisiológico, também denominado de dormência, em que a planta reduz sua produção de folhas, quase todas elas caem e o crescimento vegetativo dos ramos é diminuído. Esta fase ocorre principalmente em regiões onde existe variação significativa da temperatura e das chuvas (SOUZA et al., 2006).

Em temperaturas abaixo de 17 °C ou acima de 37 °C, a brotação da planta é prejudicada, tendo em vista que a taxa de produção de folhas e peso seco das raízes é reduzido. Já abaixo de 15 °C, ocorre inibição do crescimento da planta por completo (WHOLEY & COCK, 1974; COCK & ROSAS, 1975; CONCEIÇÃO, 1979; IRIKURA et al. 1979; EL-SHARKAWY et al. 1992). Entretanto, existem interações entre genótipos e temperaturas para desempenho e rendimento da cultura (IRIKURA et al. 1979).

2.4 Parte aérea da mandioca na nutrição de ruminantes

Na alimentação animal, a cultura da mandioca pode contribuir de forma muito variada: raízes frescas, raspas, restos culturais (haste e folhas) além dos subprodutos sólidos da agroindustrialização (cascas, entrecascas, descarte e farelos) (CARVALHO NETO et al., 1994).

A raiz da mandioca tem destaque como fonte de energia, apresentando conteúdo proteico muito baixo, assim como de fibras, minerais e vitaminas. Apesar disso, é necessário

ênfatizar que, do ponto de vista alimentar, é muito bem aceita pelos animais (ALMEIDA et al., 2005).

Quanto à utilização das raspas de mandioca, trata-se de produto obtido após picagem da raiz e secagem ao sol. Utilizada em algumas regiões do Brasil, são frequentemente processadas em pequenas agroindústrias que possuem máquinas raspadeiras e terreiro para secagem (ALMEIDA et al., 2005).

Uma preocupação relacionada ao fornecimento *in natura* da parte aérea da mandioca aos animais é a presença de compostos cianogênicos. Isso porque tais compostos dão origem ao cianeto de hidrogênio (HCN) que, ao se ligar à hemoglobina, prejudica o transporte de oxigênio aos tecidos, levando a morte celular (VIENNASSAY et al., 2018). A presença deste composto tem sido reportada para valores entre 200 a 800 mg/kg de MS (REVINDRAN, 1993).

Diante dessa problemática, verifica-se que o processo de ensilagem é bastante efetivo na redução de compostos cianogênicos. Em estudo realizado por Kavana et al. (2005), houve redução dos níveis de compostos cianogênicos de 289 mg/kg, quando avaliados em folhas frescas, para níveis de 20,1 mg/kg quando as folhas foram submetidas a ensilagem. Tais processos estão ligados ao rompimento das células vegetais que, ao exporem o ácido ao meio, ocorre sua volatilização, permitindo a redução do conteúdo.

Embora o conteúdo de compostos cianogênicos seja variável entre as diversas cultivares existentes, a secagem das folhas ao sol para produção de feno resulta em redução no HCN para níveis até 20 vezes menores (REVINDRAN & BLAIR, 1992; WANAPAT, 2000).

Atualmente o aproveitamento da parte aérea da mandioca como silagem tem sido limitado. Uma das principais formas de utilização tem sido o caule jovem e folhas, sendo que seu potencial uso na forma de silagem é pouco explorado (WANAPAT et al., 2018). Acredita-se que a não difusão do uso dessa parte da mandioca para nutrição animal ocorra, dentre outros fatores, pela ausência de equipamentos adequados, bem como pelo desconhecimento por parte dos produtores sobre essa possibilidade de alimento.

Modesto et al. (2004) estudaram a silagem do terço superior da mandioca, analisando sua composição químico-bromatológica, quantificações das frações de compostos nitrogenados e carboidratos, além de parâmetros da cinética ruminal. Concluíram que a silagem apresenta qualidades nutritivas, principalmente por conter proteína e pelo moderado teor de FDN. Entretanto, possui elevada concentração de lignina e baixa concentração de tanino.

Ferreira et al. (2007) avaliaram o valor nutritivo de coprodutos da mandioca, como a silagem do terço superior da planta, casca de mandioca, farinha de varredura e massa de mandioca. Os valores encontrados podem ser observados a seguir na Tabela 1.

Tabela 1. Valores observados na composição química de alguns coprodutos de mandioca da região Norte do Brasil

Alimento	MS ¹	MM ²	MO ³	PB ⁴	EE ⁵	FDN ⁶	CT ⁷	Lignina	CNE ⁸
%									
Casca de Mandioca	32,45	7,99	92,01	4,51	1,29	20,51	86,21	5,83	66,26
Farinha de varredura	91,32	1,72	98,28	6,10	3,8	5,20	88,38	3,25	83,45
Massa de Mandioca	27,75	2,07	97,93	3,06	0,31	9,99	94,56	2,50	84,93
STSRM*	25,07	6,73	93,27	19,13	7,61	48,96	66,53	16,07	18,97

* Silagem do terço superior de rama de mandioca.

¹Matéria seca; ²Matéria mineral; ³Matéria orgânica; ⁴Proteína bruta; ⁵Extrato etéreo; ⁶Fibra em detergente neutro;

⁷Carboidratos totais (CT = 100 – (PB + EE + MM)); ⁸Carboidratos não estruturais (CNE = CT – FDN).

Ao avaliarem o perfil de fermentação de quatro variedades de silagem da parte aérea de mandioca, Mota et al. (2011) concluíram que, embora os valores de MS apresentados pela planta estivessem abaixo de 30% no momento da ensilagem, os valores de pH foram satisfatórios (3,80 a 4,20), corroborando com a obtenção de uma silagem de ótima qualidade fermentativa, confirmada por baixa perda de matéria seca.

A substituição da silagem de milho por silagem da parte aérea da mandioca foi estudada por Tinini (2018). Em seu estudo, constatou que a silagem da parte aérea da mandioca aumentou os teores dos sólidos do leite, com repostas quadráticas para lactose e gordura, para níveis de substituição máximos de 46,60% e 38,62%, sem alterar a produção. Além disso, verificou que a inclusão da silagem da parte aérea da mandioca não alterou a ingestão de nutrientes, digestibilidade ou a síntese microbiana.

O efeito estratégico da suplementação com silagem da parte aérea da rama de mandioca para vacas em lactação em contraste ao uso *ad libitum* da casca de arroz foi estudado por

Wanapat et al. (2018). Parâmetros relacionados ao efeito sobre a fermentação ruminal, a produção e a qualidade do leite também foram avaliados. A conclusão foi de que a silagem pode ser uma alternativa de substituição, tendo em vista que não só aumentou a produção de leite, como também mitigou os níveis de metano ruminal.

Em revisão sobre silagem da parte aérea da mandioca como alimento alternativo para vacas em lactação, Tinini et al. (2021) consideraram, com base em sua pesquisa, que este subproduto é uma boa alternativa tanto para aumento e melhoria da viabilidade econômica quanto da produção animal. Contudo, atenta-se para o fato de que ainda é necessário o desenvolvimento de mais estudos para avaliar efeitos de substituição da silagem da parte aérea da mandioca em relação à silagem de milho, visto que a última é uma das principais forrageiras utilizadas na atividade.

Cação et al. (2022) avaliaram a substituição do feno de Tifton 85 por silagem do terço superior de rama de mandioca no desempenho e características de carcaça de cordeiros. Na avaliação dos volumosos, puderam verificar que o conteúdo de FDN da rama, embora menor (56,81% vs 79,71% do Tifton 85), apresentou maior conteúdo de lignina (14,37% vs 5,24%). Os autores concluíram então que, apesar das características de carcaças com o uso do subproduto tenham apresentado redução da área de olho de lombo e espessura da gordura, o desempenho geral não foi comprometido, avaliado por ganho médio diário, ingestão de MS e conversão alimentar.

Há estudos que demonstraram que o terço superior da mandioca pode não apresentar níveis de MS ou de carboidratos solúveis adequados ao processo de ensilagem. Outros trabalhos foram realizados no sentido de avaliar a possibilidade de incluir aditivos ao material ensilado de forma a suprir suas eventuais deficiências, como material apto a ensilagem (Man & Wiktorsson, 2002; Andrade, 2021)

Andrade (2021) avaliou silagens do terço superior de duas cultivares de mandioca, submetidas à adição de milho moído (25%). O uso do aditivo promoveu ganhos em MS, contribuindo para a redução dos teores de fibra, aumento do conteúdo de carboidratos solúveis, com melhoria da capacidade fermentativa, avaliada pelos parâmetros pH e produção de efluentes.

Ao avaliar a utilização de aditivos sobre a silagem da parte aérea da mandioca e glicíndia, Man & Wiktorsson (2002) verificaram a inclusão de melado no processo de ensilagem. Concluíram que, mesmo sem o uso de aditivos, ambas as espécies podem ser

utilizadas para ensilagem. Porém, o uso de aditivos promoveu melhor fermentação. Ainda neste estudo, os autores também avaliaram que o processo de ensilagem reduziu acentuadamente o conteúdo de HCN.

Sob a ótica da idade de corte, Oliveira Jr (2022) avaliou a composição da silagem da parte aérea da mandioca em cinco diferentes idades (6, 7, 9, 10 e 11 meses após plantio). Constatou que não houve efeito da idade da colheita sobre o balanço de MS, MO e FDN, mas observou efeito quadrático para PB (11,38% aos 6 meses e 6,31% aos 11 meses) em função da idade de corte adotada.

2.5 O processo de ensilagem

A conservação de alimentos é um processo extremamente importante dentro do contexto de sistemas pecuários, independente do foco da produção (NEUMANN et al., 2017). Tal importância se justifica pela possibilidade de ser usada em períodos de baixa oferta de pastagens ou em sistemas mais intensivos (RAMOS et al., 2021). Nesse sentido, nota-se que as silagens permanecem populares em fazendas leiteiras, pois minimizam a perda de nutrientes da colheita até o armazenamento, permitindo um fácil fornecimento e, muitas vezes, maior eficiência e pontualidade na mistura e manuseio de alimentos na fazenda do que forragens secas (MOHANNA & CHASE, 2003). Sendo assim, entende-se que a análise da composição química e das propriedades físicas das silagens torna-se fundamental para adequada formulação de dietas e avaliações relacionadas ao processo de ensilagem.

A silagem de milho é o principal volumoso empregado na alimentação e nutrição de bovinos. Acredita-se que comparar silagens de volumosos alternativos torna-se essencial para criar parâmetros de substituição de tal fonte. Diversos fatores determinam o predomínio do milho como silagem de planta inteira nas propriedades, de modo que o fator custo/benefício talvez seja preponderante em relação a outros volumosos (JOBIM, 2006).

Embora a utilização de silagens de coprodutos ou forragens alternativas não tenha a pretensão de substituir a silagem de milho, torna-se importante reconhecer que, em função dos custos de produção da pecuária estarem sempre atrelados a margens cada vez menores,

produtores e técnicos têm de ampliar seus conhecimentos das possibilidades de explorar alimentos de menor custo, que muitas vezes são preteridos.

Em relação a cultura da mandioca, considerando o fato de que lavouras comerciais e o próprio regime de chuvas nas regiões que a cultivam, desfavorecerem períodos de colheita muito esparsos (GRACE, 1971), o processo de conservação torna-se fundamental para melhor aproveitamento do material colhido e escolha do momento de uso. Além disso, o processo de fermentação adquire relevância por reduzir a concentração de ácido cianídrico (REVINDRAN & BLAIR, 1992; WANAPAT, 2000).

O processo de ensilagem da parte aérea da mandioca deverá seguir os mesmos princípios da conservação anaeróbia da ensilagem de outras forrageiras. Isto significa que a manutenção da anaerobiose na fase de armazenamento é o principal fator relacionado à boa conservação (BORREANI et al., 2007).

2.6 Referências

- ABAM – Associação Brasileira de Produtores de Amido de Mandioca - <https://abam.com.br/mandioca-idr-pr-apresentara-no-show-rural-a-cultivar-ipr-paraguinha/> - acesso em 05/10/2022
- ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, v.7, n. 1, setembro 2005
- ANDRADE, I.B. **Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído**. 2021. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- CAÇÃO, M.M.F.; GÊNOVA, L.G.; AFERRI, G.; SANTOS, G.B.; BUENO, M.S. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com silagem de rama de mandioca. **Ciência Animal**. v.32, n.3, p.46-56. 2022
- CARVALHO NETO, O.; WALTRICK, C. H. Mandioca. In: 6º SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, Utilização de Resíduos Culturais e de Beneficiamento na Alimentação de Bovinos. 1994. p.215-228.
- COCK, J. H.; EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics for cassava selection. **Experimental Agriculture**. v. 24, p. 443 – 448. 1988
- COCK, J. H.; ROSAS, S. **Ecophysiology of cassava**. In: SYMPOSIUM ON ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL CROPS, 1975, Manaus.
- COELHO, J.D. Produção de mandioca – raiz, farinha e fécula. **Caderno Setorial ETENE**. v.3., n.44, p.1-11, 2018.
- CONCEIÇÃO, A. J. da. **A mandioca**. Cruz das Almas: UFBA/Embrapa/BNB/Brascan Nordeste, 1979. 382 p.
- DEPERTAMENTO DE ECONOMIA RURAL DO ESTADO DO PARANÁ, DERAL 2023, **Produção Agropecuária**. Disponível em: < <http://www.agricultura.pr.gov.br/> >. Acesso 01 outubro 2022.
- EL-SARKAWAY, M. A.; TAFUR, S. M. D.; CADAVID, L. F. Potencial photosynthesis of cassava as affected by growth conditions. **Crop Science**, Madson, v. 32, p. 1336 -1342, 1992.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7131/mandioca-brs-cs-01> - acesso em 05/10/2022
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – BRS 399 – **Nova cultivar de mandioca de mesa de polpa amarela, para o Paraná e Mato Grosso do Sul** – disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118903/1/B399.pdf>
- FAUSTINO, J. O.; SANTOS G.T.; MODESTO, E. C. 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.
- FERREIRA, G.D.G; OLIVEIRA, R.L.; CARDOSO, E.C.; et al. Valor nutritivo de co-produtos da Mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.4, p.364-374, 2007

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Save and Grow: Cassava – A guide to sustainable production intensification**. Roma, Itália, 2013. 142p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 01 maio 2023.
- GRACE, M. **Cassava processing**. Rome. FAO 124p. Agricultural Service Bulletin, 8, 1971.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – **Pesquisa Agropecuária Nacional** –Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> – Acesso em: 01 de maio de 2023.
- IRIKURA, Y.; COCK, J. H.; KAWANO, K. The physiological basis of genotype-temperature interactions in cassava. **Field Crops Research**, St. Paul, v. 2, p. 227 – 239, 1979.
- JOBIM, C.C.; SARTI, L.L.; SANTOS, G.T. et al. Desempenho animal e viabilidade econômica do uso da silagem de capim-elefante em substituição a silagem de milho para vacas em lactação. **Acta Scientiarum Animal Science**, p.127-135, 2006.
- KAVANA, P.Y; MITUNDA, K.; ABASS, A. et al. Promotion of cassava leaves silage utilization for smallholder dairy production in Eastern coast of Tanzania. **Livestock Research for Rural Development**. v.17, 2005.
- LORENZI, J. O. Mandioca. Boletim Técnico n. 245. CATI, Campinas. 2003.
- MAHANNA, B.; CHASE, L.E. **Practical applications and solutions to silage problems**. In: Buxton D.R., Muck, R.E and Harrison, J.H. Silage Science and technology. P. 855-896. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 2003.
- MAN, N.V.; WIKITORSSON, H.; Effect of Mollasses on Nutritional Quality of Cassava and Gliricidia Tops Silage. **Asian Australian Journal Animal Sciences**, v.15, n.9, p.1924-1299, 2002.
- MOTA, A.D.S.; ROCHA JUNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.; REIS, S.T.; TOMICH, T.R.; CALDEIRA, L.A.; MENEZES, G.C.C.; COSTA, M.D. Perfil fermentativo 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.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; SILVA-KAZAMA, D.C.; VILELA, D. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.137-146, 2004.
- MORM, S.; LUMPHA, A.; PILAJUN, R. CHERDTHONG, A. Gas kinetics, rumen, characteristics, and in vitro degradability of varied levels os dried and fresh cassava leaf top fermented with cassava Pulp. **Tropical Animal Science Journal**. v.46, n.1, p.105-111, 2022.
- NEUMANN, M.; LEÃO, G.F.M.; COELHO, M.G.; et al. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de Zootecnia** v.66, n.253, p.51-58, 2017.

- OLIVEIRA JR, A.R.B. **Balço de nutrientes em silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita**. 2022. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) –Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- OLIVEIRA, R.L.; CÂNDIDO, E.P.; LEÃO, A.G. A nutrição de ruminantes no Brasil. In: TÓPICOS ESPECIAIS EM CIÊNCIA ANIMAL I - COLETÂNEA DA I JORNADA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, **Anais...** Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2012, p.169.
- PARMAR, A.; STURM, B.; HENSEL, O. Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. **Food Security**. v.9, p.907–927, 2017.
- PONCE, T.P.; RIBEIRO, M.R.; TELLES, T.S. Dinâmica especial da produção de mandioca no Paraná, Brasil. **Revista Franco Brasileira de Geografia**. n.48, 2020.
- RAMOS, B.L.P.; PIRES, A.J.V.; CRUZ, N.T.; SANTOS, A.P.S.; NASCIMENTO, L.M.G.; SANTOS, H.P.; AMORIM, J.M.S. Perdas no processo de ensilagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**. v.10, n.5., e8910514660, 2021.
- RANGEL, M.A.S.; RINGENBERG, R.; SANTOS, V.S.; **Comportamento de genótipos de mandioca quanto às características produtivas em diferentes épocas de colheita**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2021. p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 119)
- REVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, n. 2, p. 141-150, 1993.
- REVINDRAN, V.; BLAIR, R.; Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. **Journal World Poultry Sciences**, v. 48, p.205.231, 1992.
- REVINDRAN, V. Preparation of cassava leaf products and their use as animal feeds. FAO – **Animal Production and Health Paper**, 1992. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF9325325> Acesso em 15 setembro 2022.
- RODRIGUES, V.O.; FERREIRA, F.G.; LEITE, L.C.; et al. Composição bromatológica da silagem da parte aérea de variedades de mandioca. In: XXV Congresso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal XI Congresso Nordestino de Produção Animal, 2016. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1079942/1/Valdir.pdf>>
- ROSAS, C. COCK, J. H.; SANDOVAL, G. Leaf root in cassava. **Experimental Agriculture**, v. 12, p. 395 – 400, 1976.
- SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L.P.; FUKUDA, W. M. G. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. EMBRAPA, 2006. 817p.
- TAKAHASHI, M.; FONSECA JÚNIOR, N. S. TORRECILLAS, S. M. **Mandioca no Paraná. Curitiba**: IAPAR, 2002. 209 p.
- TININI, R.C.R.; ZAMBOM, M.A.; DESSBESELL, J.G.; ADAMANTE, D.; VENTURINI, T.; Silagem da parte área da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação – Revisão de literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias de Zoologia da UNIPAR**. v.24, n.1, p.1-10, 2021.

- TININI, R.C.R. **Parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação.** 2018. 132f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant. Comstock Publ. Assoc. Ithaca, 1994. 476 p.
- VIENNASSAY, B.; WANAPAT, M.; PHESATCHA, K., et al. Replacement of rice straw with cassava-top silage on rumen ecology, fermentation and nutriente digestibilities in dairy steers. **Animal Production Science**, v.59, p.906-913. disponível em <www.publish.csiro.au/journal/an>Acessado em 22 novembro 2022
- WANAPAT, M.; PHESATCHA, K.; VIENNASSAY, B.; et al.[2018]. 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**, v.50 p.1539-1546, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-018-1593-8>> Acesso em: 10/10/2022.
- WANAPAT, M.; PURAMONGKON, T.; SIPHUAK, W. Feeding of Cassava Hay for Lactating Dairy Cows. **Asian Australian Journal Animal Sciences**, v.13, n.4, p.478-482, 2000
- WHOLEY, D. W.; COCK, H. H. Onset and rate of root buling in cassava. **Experimental Agriculture**, London, v. 10, p. 193 – 198, 1974.

3 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FERMENTATIVA DE SILAGENS DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA MANDIOCA

Resumo: Objetivou-se avaliar parâmetros microbiológicos e fermentativos da silagem do terço superior da rama de mandioca obtidas de quatro cultivares, colhidas em duas idades diferentes e submetidas a 2 tempos de ensilagem. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições em esquema fatorial de 4x2x3, resultando em 24 tratamentos. As plantas foram processadas e ensiladas em silos experimentais de PVC, os quais foram abertos nos tempos de 28 e 56 dias após a ensilagem. As avaliações microbiológicas ocorreram com culturas produzidas a partir de diluições de amostras colhidas do material em cada uma das idades de corte dos tempos de aberturas dos silos, incubadas em meios específicos para contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) de microrganismos aeróbios mesófilos, bactérias ácido lácticas (BAL), clostrídios e enterobactérias. As análises do processo fermentativo aconteceram nos momentos de ensilagem e de aberturas, sendo aferidas massa efetiva ensilada, perda por gases, perda por efluentes, recuperação de matéria seca e pH. Além disso, destaca-se que análises da capacidade tampão e conteúdo de carboidratos solúveis contribuíram para determinação da capacidade fermentativa do material *in natura*. Todas as contagens de microrganismos tiveram efeito significativo ($p < 0,001$) para o fator idade de corte, sendo que houve interações entre todos os fatores, principalmente no que se refere ao cultivar x tempo de ensilagem, porém sem diferenças significativas no desmembramento. As contagens das UFC apresentaram comportamento decrescente, exceto a contagem de BAL que resultou em aumento das UFC. Em relação aos parâmetros fermentativos, a perda por gases foi de 0,22 e 0,30% e de efluentes de 29,47 e 10,95 kg/ton MV para as idades de corte de 8 e 18 meses, respectivamente. Ainda que a massa efetiva ensilada avaliada sob o conteúdo de MS/m³ não tenha sido satisfatório, sendo de 158,27 kg MS/m, as plantas colhidas, independente da cultivar e idade de corte, apresentaram características favoráveis ao processo de ensilagem. Por fim, evidencia-se que o tempo de ensilagem de 56 dias consolidou melhores contagens de BAL e menores de aeróbios mesófilos, clostrídios e enterobactérias.

Palavras-chave: alimento alternativo, bactéria ácido láctica, conservação de forragem, *Manihot esculenta* Crantz, microbiologia.

MICROBIOLOGICAL AND FERMENTATIVE EVALUATION OF SILAGES FROM THE UPPER THIRD OF CASSAVA BRANCH

Abstract: The objective was to evaluate microbiological and fermentative parameters of silage from the upper third of cassava Branch (SUTCB) obtained from four cultivars, harvested at two different ages, and subjected to two ensiling times. The experimental design was entirely randomized, with 4 replications in a factorial scheme 4x2x3, resulting in 24 treatments. The plants were processed and ensiled in experimental PVC silos, which were opened at 28 and 56 days after ensiling. Microbiological evaluations were performed with cultures produced from dilutions of samples taken from the material at each of the cutting ages and silo opening times, incubated in specific environments for the identification of mesophilic aerobic microorganisms, lactic acid bacteria (LAB), clostridia and enterobacteria. The analyses of the fermentation process took place at the time of ensiling and opening, with the measurement of effective ensiled mass, loss by gases, loss by effluents, dry matter recovery, and pH. In addition, it is noteworthy that analyses of buffer capacity and soluble carbohydrate content contributed to determining the fermentative capacity of the *in natura* material. All microorganism counts had a significant effect ($p < 0.001$) for the cutting age factor, and there were interactions between all factors, especially regarding the cultivar x ensiling time, but without significant differences in the dismemberment. The UFC counts showed decreasing behavior, except the LAB count which increased colonies. Regarding fermentative parameters, gas loss was 0.22 and 0.30% and effluent loss was 29.47 and 10.95 kg/ton NM (nature matter) for the cutting ages of 8 and 18 months, respectively. Although the effective silage mass evaluated under the content of MS/m³ was not satisfactory, being 158.27 kg DM/m (dry matter/m), the harvested plants, regardless of cultivar and cutting age, presented favorable characteristics to the ensiling process. Finally, the 56-day ensiling time consolidated better counts of LAB and lower counts of mesophilic aerobes, clostridia, and enterobacteria.

Keywords: alternative food, forage conservation, lactic acid bacteria, *Manihot esculenta* Crantz, microbiology.

3.1 Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é amplamente cultivada em todo território nacional. De acordo com o Departamento de Economia Rural – SEAB/Paraná (2023), atualmente há 135 mil hectares com plantio de mandioca no estado, divididos para finalidades industriais e consumo. Segundo dados do IBGE (2018), a produtividade média da raiz é de 8,85 toneladas/ha, valor que está abaixo do potencial produtivo, que, para FAO (2007), é de 30 a 60 toneladas/ha para ciclos de 18 meses. O Oeste do Paraná, juntamente ao Noroeste, são as regiões onde se concentra a maior produção de raízes. As cultivares disponíveis para plantio são diversas, no entanto, hoje na microrregião de Marechal Cândido Rondon, há nítido predomínio da cultivar IPR-Paraguinha, segundo dados não publicados da ATIMOP.

Tradicionalmente, a parte superior da planta é considerada um resíduo da cultura, sendo aproveitada muitas vezes apenas parte dela para produção de manivas, que são utilizadas no replantio das áreas. Do restante da parte aérea, ocorre o descarte de cerca de 80 a 90% (NUNES IRMÃO et al., 2008). No entanto, essa porção pode contribuir como fonte de volumoso para bovinos, principalmente nos períodos mais secos (SANTOS et al., 2001).

O resíduo do terço superior, utilizado na forma de silagem, constitui-se em um alimento que possui qualidades nutritivas, pois é rico em proteínas, tem moderado teor de FDN, com elevadas concentrações de lignina e baixas de tanino. Por conta disso, embora ainda seja necessário mais estudo sobre seu aproveitamento, essa parte da planta torna-se um alimento potencial para uso na produção animal (MODESTO et al., 2004).

Chama-se atenção para o fato de que a variedade ou cultivar utilizado influencia o rendimento forrageiro e o valor nutritivo da parte aérea da mandioca, bem como o quão ela se adéqua à conservação na forma de silagem (AZEVEDO et al., 2006). A respeito disso, ao estudar a parte aérea de variedades de mandioca na forma de silagem, Mota et al. (2011) verificaram ótima qualidade fermentativa, indicando essa forma de conservação. Ao avaliar silagens do terço superior da mandioca com uso ou não de milho como aditivo, Andrade (2021) observou que, embora a inclusão de milho tenha melhorado a capacidade fermentativa, as silagens sem adição do grão também mostraram resultados satisfatórios em relação à população microbiana encontrada.

Com base nessas considerações, nesse estudo, apresenta-se a hipótese de que possam existir interações entre cultivares, idades de corte e tempos de ensilagem, bem como efeitos

isolados destes fatores que interferiram no processo de ensilagem. Em vista disso, objetivou-se avaliar as silagens obtidas do terço superior da rama de mandioca, oriundas de 4 cultivares, submetidas a 2 idades de corte e 2 tempos de ensilagem, por meio de análises microbiológicas e metodologias que avaliem a eficácia do processo fermentativo.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local e delineamento experimental

O processamento e ensilagem da STSRM foram realizados na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus de Marechal Cândido Rondon, e na Estação Experimental Professor Doutor Antônio Carlos Pessoa, situado na Linha Guará.. As análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) e Laboratório de Microbiologia.

A área de cultivo de mandioca colhida para o experimento foi proveniente de campos experimentais pré-estabelecidos da ATIMOP/IDR-Paraná, localizada próximo ao distrito de Porto Mendes, em Marechal Cândido Rondon – PR, sob coordenadas 24°30'41.65"S e 54°18'9.85"O. Este local se encontra sob influência do clima subtropical úmido mesotérmico, caracterizado por invernos com menores precipitações.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, 4 x 2 x 2, totalizando 16 tratamentos. Para tanto, delimitou-se os seguintes fatores: cultivares, idades de corte e tempos de abertura dos silos. As cultivares estudadas foram BRS 399, BRS 420, BRS CS 01 e IPR Paraguaiinha, ensiladas nas idades de 8 e 18 meses. A escolha das cultivares foi baseada naquela mais cultivada regionalmente (IPR Paraguaiinha), registrada pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR), lançamentos recentes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (BRS 420 e BRS CS01) e uma cultivar “de mesa” também da Embrapa (BRS 399). Destaca-se que todas cultivares utilizadas estão no Registro Nacional de Cultivares (RNC), gerido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O processamento dos materiais, seguido da sua ensilagem, deu-se na Estação Experimental Professor Doutor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente a UNIOESTE.

Foram confeccionados ao todo 96 mini-silos, correspondentes a 4 cultivares, 4 repetições, 3 tempos de avaliação em 2 idades de corte.

3.2.2 Colheita, processamento, armazenamento e abertura

As culturas colhidas com 8 e 18 meses foram respectivamente estabelecidas em setembro de 2020 e fevereiro de 2021, em área de pesquisa da ATIMOP/IDR-Paraná, localizada na latitude 24°30'34" S e longitude 54°18'28" O, em altitude de aproximadamente 240m. A colheita do material ocorreu manualmente, sendo que a primeira foi realizada no período que antecede a queda de folhas (19/05/2021) e a segunda em período que antecede a colheita da raiz, em diferentes plantas e talhões, oriundas de plantios contemporâneos. A segunda colheita foi realizada após um período de inverno rigoroso para a região (27/07/2021), em que as plantas foram submetidas a pelo menos duas geadas intensas. O critério para o corte foi baseado na altura em que se dava o início do terço superior da planta, normalmente relacionado às ramificações provenientes do caule principal.

A colheita do terço superior das cultivares foi realizada nos talhões, sendo que cada talhão consistia de um conjunto de 4 linhas paralelas. Para a colheita, foram desprezadas as linhas externas. As áreas de cultivo para avaliações, realizadas na estação de pesquisa, tinham suas bordaduras cultivadas com a cultivar comercial predominante na região, no caso a IPR Paraguinha.

No dia da colheita, avaliou-se a altura e o peso médio por planta, com base nos espaçamentos utilizados entre linhas (0,90 m) e entre plantas dentro da mesma linha de plantio, de modo que foi possível estimar a produção de MS por área.

O material colhido teve seu tamanho de partícula reduzido por meio de triturador forrageiro estacionário sem o uso de peneira, tendo em vista que, em testes realizados com antecedência, a peneira foi rapidamente obstruída pelo material. A partir desse processo, as partículas obtidas estiveram no intervalo entre 5 a 15 mm, avaliados por meio de peneiras separadoras de partículas. Dentro de cada silo, foi adicionada 300 g de areia autoclavada e seca em estufa de ventilação forçada (65°C por 12 horas), formando uma camada de 5cm de altura na parte inferior do silo para absorver possíveis efluentes produzidos pelo processo. Para evitar o contato direto do material ensilado com a areia, foi colocado um tecido de algodão de 12 cm de diâmetro, também autoclavado e seco. Imediatamente após o processo de picagem, o material foi homogeneizado e ensilado em silos experimentais de PVC (poli cloreto de vinil), cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, dotados de válvula tipo Bunsen na parte superior, para eliminação dos gases produzidos.

Para facilitar a retirada da silagem de cada silo, foram colocados 2 cordões (prolpropileno de 2,5 mm) com 1 metro de comprimento cada, que foram unidos com um nó na parte central e em cada extremidade. No momento da ensilagem, as extremidades dos cordões ficaram aderidas à parede externa do topo do silo por meio de ligas elásticas, retiradas posteriormente.

A compactação do material ensilado foi realizada manualmente por meio de bastões de madeira que, em seguida, foram fechados e lacrados com fita adesiva, pesados e armazenados no interior de galpão sobre estrados de madeira em temperatura ambiente. Em média, foram ensilados 1,743kg e 1,694 kg de material fresco em cada silo, nas respectivas idades de corte do estudo, 8 e 18 meses. A massa específica de cada uma das ensilagens foram de 634,41 e 617,00 kg.m⁻³ para as idades de colheita de 8 e 18 meses, respectivamente.

No dia da abertura, os silos foram pesados e, após a retirada da tampa, a temperatura foi imediatamente aferida com uso de termômetro tipo espeto (INCOTERM 6132). A silagem foi retirada com o uso do cordão e colocada em bandejas plásticas, tendo sido descartadas 5cm das partes inferior e superior do silo para que, na sequência, o material fosse homogeneizado e amostrado. É pertinente ressaltar que todo processo de pesagem e aferições de temperatura repetiram-se nas aberturas de 28 e 56 dias.

3.2.3 Perdas na ensilagem

Para o cálculo do índice de recuperação da matéria seca, perdas por gases e produção de efluentes, foi realizada individualmente a pesagem do conjunto completo (silo, areia, tecido e cordão) antes da ensilagem. Após o fechamento do silo, ocorreu a pesagem do material ensilado (silo cheio). No dia da abertura, realizou-se nova pesagem antes de abrir (silo cheio) e, depois de aferir a temperatura e retirar toda silagem, pesou-se o conjunto completo (silo, areia, tecido e cordão).

3.2.3.1 Índice de recuperação da matéria seca (RMS)

O cálculo do índice de recuperação da matéria seca foi realizado com base em Jobim et al. (2007), conforme descrito abaixo:

$$\text{RMS} = \frac{(\text{MFa} \times \text{Mas}) \times 100}{(\text{MFe} \times \text{MSe})}$$

Onde:

RMS = índice de Recuperação da Matéria Seca;

MFa = Massa de Forragem na abertura (kg);

Mas = teor de Matéria Seca na abertura (%);

MFe = Massa de forragem na ensilagem (kg);

MSe = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

3.2.3.2 Perdas gasosas (PG)

$$\text{PG (\% MS inicial)} = \frac{[(\text{PSf} - \text{PSa})] \times 100}{(\text{MFf} \times \text{MSf})}$$

Onde:

PG = Perdas por Gases durante o armazenamento (% MS inicial);

PSf = Peso do silo na ensilagem (kg);

PSa = Peso do Silo na abertura (kg);

MFf = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSf = teor de MS na ensilagem (%).

3.2.3.3 Produção de fluentes (PE)

Calculou-se a produção de efluentes (PE) pela diferença entre os valores das pesagens do conjunto total sem o material ensilado, antes e depois da ensilagem, em relação à massa verde ensilada (kg). A estimativa da produção de efluentes, que foi drenada para a parte inferior do silo experimental, foi determinada pela equação de Schmidt (2006):

$$\text{PE (kg/t MN)} = \frac{(\text{PCa} - \text{Pce}) \times 1000}{\text{MVfe}}$$

Onde:

PE = Produção de Efluentes (kg/t de matéria natural);

PCa = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na abertura (kg);

Pce = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa Verde de forragem ensilada (kg).

3.2.3.4 Valor de pH

Com relação ao valor de pH, a aferição ocorreu conforme descrição de Silva e Queiroz (2002), cuja metodologia é similar a de Cherney e Cherney (2003). Essa etapa consistiu na pesagem de 20g de amostras frescas, separadas e misturadas em 250mL de água destilada. O pH da mistura foi anotado por potenciômetro após 60 minutos (TE C-5, TECNAL).

3.2.3.5 Capacidade tampão

A medida da capacidade tampão (CT) dos materiais foi determinada seguindo a metodologia proposta por Playne & McDonald (1966), em que o extrato é obtido mediante a maceração de aproximadamente 15g do material, que estava armazenado em freezer, seguida por diluição em 250mL de água destilada. Posteriormente, realizou-se a titulação para pH 3,0

com HCl (0,1 N), além do NaOH (0,1 N) para pH 6,0. A capacidade tampão foi expressa como mEq de álcali necessário para mudar o pH de 4 para 6 por 100 g de matéria seca.

3.2.3.6 Carboidratos solúveis

Utilizou-se a análise do conteúdo de carboidratos solúveis (CHOS) para avaliar a capacidade fermentativa. Nesse sentido, os carboidratos solúveis foram determinados pela técnica de Dubois et al. (1956), utilizando-se glucose como padrão. A extração foi realizada utilizando 200mg de amostra moída, diluída em frasco erlenmeyer de 250mL e adicionando 200mL de água destilada. Então, os frascos foram colocados em incubadora com mesa de agitação orbital (MA420/e, MARCONI) a 300 rpm, em temperatura ambiente, por 60 minutos para que ocorresse solubilização dos açúcares.

Após esse processo de solubilização, o conteúdo foi filtrado em papel filtro quantitativo de filtragem rápida (640M, MACHEREY-NAGEL), sendo reservado aproximadamente 50mL deste filtrado. Em seguida, foi colocada uma alíquota de 0,5mL da solução em tubo de ensaio, onde se adicionou 0,5mL de fenol 5% e 1,5mL de ácido sulfúrico. O tubo foi imerso em banho-maria a 30°C por 20 minutos e, em gelo, durante 10 minutos. Após o resfriamento, foi feita leve agitação e, depois, a leitura em espectrofotômetro (UV-1800, SHIMADZU) a 490 nm.

A equação-padrão relacionando a absorbância e a quantidade de carboidrato solúvel foi obtida a partir de soluções contendo 0, 0,02, 0,04, 0,06 e 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16, 0,18 e 0,20 1mg/mL de glucose. Na sequência, foram realizadas diluições da solução de glucose em quadruplicatas de 0,50mL para que ocorresse a transferência para os tubos de ensaio e, posteriormente, a repetição dos procedimentos para determinação em espectrofotômetro.

3.2.3.7 Capacidade fermentativa

A medida da capacidade fermentativa (CF) foi calculada indiretamente por meio da equação descrita por Kaiser et al. (2002):

$$CF = \% MS + 8 (CHOS / CT)$$

Onde:

MS = matéria seca em %

CHOS = carboidratos solúveis em % da MS

CT = capacidade tampão em meq de NaOH/100 g MS

3.2.4 Análises microbiológicas

Todos os materiais utilizados nas diluições das amostras para análises microbiológicas, incluindo os meios de cultura preparados, foram autoclavados por 20 minutos a 120°C. De modo semelhante, as placas de Petri foram esterilizadas em estufa de esterilização a 230°C por 2 horas.

Com relação às populações microbianas, afirma-se que foram determinadas a partir de técnicas de cultura de acordo com Silva et al. (2017). Logo após a abertura dos silos, as amostras foram separadas e homogeneizadas para coleta de 25g, sendo misturadas em 220mL de água destilada estéril. Visando evitar contaminações nas amostras, esse processo ocorreu em Erlenmeyer, sob agitação leve e na presença da chama do bico de Bunsen. A partir do preparo desta solução, foram realizadas pipetagens de 1mL de 1mL em sucessivas diluições, que variaram de 10^{-1} a 10^{-7} . Na sequência, foram realizadas as sementeiras na superfície das placas com os meios de cultura previamente preparados, sendo que foram usados 0,1 mL de inóculo.

3.2.4.1 Clostrídios

O meio de cultura utilizado para avaliar o desenvolvimento de clostrídios foi o Reinforced Clostridial Medium e o Agar (NEOGEN, Lansing MI), seguindo as recomendações do fabricante. Após a sementeira em superfície, as placas foram incubadas durante 24 horas sob temperatura de 35°C, utilizando estufa com sistema de injeção de CO₂ (TE-399 – TECNAL®).

3.2.4.2 Bactérias Ácido Láticas

Quanto ao meio de cultura, utilizou-se o Lactobacillus MRS Agar (NEOGEN, Lansing, MI), de modo que o preparo foi realizado seguindo as indicações do fabricante. Depois da semeadura, as placas foram incubadas durante 48 horas a 37°C, em incubação anaeróbia (EL202 - ELETROLAB®).

3.2.4.3 Contagem padrão de aeróbios mesófilos

O Plate Count Agar (PCA) (KASVI, São José dos Pinhais, PR) foi usado como meio de cultura para bactérias aeróbias mesófilas e também foi preparado de acordo com a recomendação do fabricante. A semeadura ocorreu em superfície e as placas inoculadas permaneceram em estufa (EL202 - ELETROLAB®), em uma temperatura de 37°C, durante 24 a 48 horas.

3.2.4.4 Enterobactérias

Para contagem de enterobactérias, utilizou-se o Violet Red Bile seguindo as recomendações do fabricante. A semeadura foi realizada em superfície e as placas inoculadas foram mantidas por 24 horas a 36°C até o momento de iniciar a contagem.

1.2.4 Análise estatística

Ao utilizar o teste de Shapiro-Wilk, verificou-se a normalidade das variáveis. Os dados referentes as análises microbiológicas, por não apresentarem distribuição normal, foram transformados em Log na base 10. Para tanto, adotou-se o procedimento GLM do SAS 9.3 (SAS Institute, 2002). O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + E_j + C_k + VE_{ij} + VC_{ik} + EC_{jk} + VEC_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = variável dependente;

μ = média geral;

V_i = efeito da cultivar de mandioca;

E_j = efeito do tempo de ensilagem;

C_k = efeito da idade de corte;

VE_{ij} = interação entre cultivar de mandioca e tempo de ensilagem;

VC_{ik} = interação entre cultivar de mandioca e idade de corte;

EC_{jk} = interação entre tempo de ensilagem e idade de corte;

VEC_{ijk} = interação entre cultivar de mandioca, tempo de ensilagem e idade de corte;

ϵ_{ijkl} = erro residual associado a cada observação.

A respeito dos dados referentes à capacidade tampão e aos parâmetros fermentativos, utilizou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + C_j + VC_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = variável dependente;

μ = média geral;

V_i = efeito da cultivar de mandioca;

C_j = efeito da idade de corte;

VC_{ij} = interação entre cultivar de mandioca e idade de corte;

ϵ_{ijkl} = erro residual associado a cada observação.

O erro padrão foi determinado a partir do PROC MEANS usando o comando STDERR. Quando significativo, as médias dos efeitos principais e da interação entre variedade e tempo de ensilagem foram comparadas pelo teste de Tukey. As diferenças foram declaradas significativas a $P < 0,001$.

3.3 Resultados e discussão

A mensuração de parâmetros resultantes de perdas durante o processo fermentativo é apresentada a seguir na Tabela 2. A partir dos dados, é possível observar interação dupla existente entre o fator cultivar e idade de corte, demonstrando-se significativa ($p < 0,001$) para as variáveis ME (massa específica), MEMS (massa específica expressa em matéria seca) e pH.

A ME, que se refere à quantidade de matéria verde compactada dentro dos silos experimentais, apresentou variação entre 561,57 e 665,95kg de matéria verde (MV)/m³ entre as cultivares (Tabela 2). De acordo com as recomendações, isso evidencia o correto processo de compactação, cujos valores recomendados são acima de 550 kg de MV/m³ e inferiores a 850 kg MV/m³ (RUPPEL et al., 1995).

Tabela 2. Características fermentativas das silagens de cultivares de mandioca em diferentes idades de corte e tempos de ensilagem

Efeitos principais		ME ¹ (kg MV/m ³)	MEMS ² (kg MS/m ³)	pH	Temperatura da silagem
Cultivar (Cult)	BRS 399	594,71	154,20	3,86b	20,46b
	BRS 420	638,33	153,18	3,97a	20,69ab
	BRS CS 01	636,12	151,97	3,77c	20,75ab
	IPRParaguai	635,35	165,51	3,76c	21,31a
Idade de corte (Cort)	8 meses	634,40	157,15	4,15a	22,58a
	18 meses	617,85	155,27	3,53b	19,02b
Tempo de ensilagem (Ens)	28 dias	617,15	154,15	3,75a	19,08a
	56 dias	635,11	158,27	3,93b	22,52b
EPM		17,22	4,44	1,76	0,16
Valor de P	Cult	0,231	0,128	<0,001	0,006
	Cort	0,341	0,674	<0,001	<0,001
	Ens	0,302	0,358	<0,001	<0,001
	Cult x Cort	<0,001	<0,001	<0,001	0,267
	Cult x Ens	0,177	0,200	0,980	<0,001
	Cort x Ens	0,455	0,462	<0,001	<0,001
	Cult x Cort x Ens	0,365	0,482	0,410	0,019

¹ME: Massa específica; ²MEMS: Massa específica com base na matéria seca; EPM: Erro padrão da média; Médias dos efeitos principais seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora os valores médios encontrados para a massa específica em termos de matéria natural tenham sido satisfatórios de acordo com referências, a massa específica em matéria seca

média de 158,27 kg MS/m³, pode ser considerada baixa Segundo Holmes & Muck (1999), o conteúdo adequado para silagem de milho compreende valores superiores a 225 kg MS/m³. Valores inferiores a este podem ocasionar falhas no processo fermentativo que acarretam perdas no conteúdo de MS.

A massa específica tem grande importância no tempo pelo qual o material ensilado passará por processos de respiração celular e, conseqüente, consumo de carboidratos solúveis (liberação de CO₂ e perda de MS), o que, por sua vez, acarreta retardo na produção de ácidos orgânicos e maior valor final de pH da silagem (McDONALD et al., 1991). Além disso, menores valores de massa específica determinam maior porosidade e penetração de ar no silo após aberto, reduzindo sua estabilidade aeróbia com maiores perdas no período de utilização (JOBIM et al., 2007).

As cultivares BRS CS01 e IPR Paraguinha foram aquelas que menores valores de pH apresentaram, sendo de 3,76 e 3,77 respectivamente, em comparação com os valores encontrados para as cultivares BRS 399 e BRS 420, que foram de 3,86 e 3,97. Os valores de pH encontrados nas silagens são compatíveis com aqueles recomendados na literatura: de 3,80 a 4,20 para caracterização de um bom processo de conservação (McDONALD, 1991).

Silagens com valores muito baixos de pH podem indicar produção de ácidos indesejáveis, tais como o ácido butírico, o qual apresenta uma constante de dissociação maior que dos demais ácidos normalmente encontrados em silagem. Por outro lado, silagens com pH mais elevado podem não ter passado pelo processo de fermentação adequado, por razões ligadas a diversos fatores, mas que não contribuirão com o princípio básico da ensilagem, a conservação em meio ácido.

O fator idade também foi importante por promover diferenças significativas nos valores de pH. As silagens confeccionadas a partir de plantas com idade de 8 meses tiveram pH médio de 4,15, enquanto aquelas cortadas com idade de 18 meses apresentaram pH médio de 3,53. Uma possível interferência nestes valores pode estar relacionada à composição química do material de origem.

Ao estudar silagens da parte aérea de 3 cultivares de mandioca, Azevedo et al. (2006) encontraram valores de pH variando de 3,90 a 4,06, o que, para os autores, demonstraram-se satisfatórios por estarem de acordo com padrões considerados recomendados (KUNG JUNIOR e SHAVER, 2001). Borges et al. (1997) citam valores entre 3,50 e 4,20 como ideais. Thiesenhausen (1987) encontrou valores entre 3,99 e 4,04, e Faustino (2003) encontrou valores

pouco superior a 4,20. Desta forma, pode-se afirmar que os valores encontrados neste estudo foram semelhantes a trabalhos anteriores.

A temperatura registrada nos silos no momento da abertura apresentou maiores valores para a cultivar IPR Paraguinha, sendo de 21,31 °C. Para as cultivares BRS 399, BRS 420 e BRS CS01, as temperaturas registradas foram de 20,46 °C, 20,69 °C e 20,75 °C, respectivamente. No fator idade de corte, também houve diferença na temperatura, em que a ensilagem com 8 meses apresentou média de temperatura de 22,58 °C e a com 18 meses constou 19,02 °C. O tempo de ensilagem também impactou na temperatura, de modo que os tempos avaliados de 28 dias tiveram temperatura de 19,08 °C e aos de 56 dias registraram 22,52 °C.

Uma provável causa da diferença entre as temperaturas aferidas nas aberturas pode estar relacionada à influência da temperatura ambiente. As temperaturas médias registradas no momento das aberturas aos 28 dias foram de 10,8 °C e 23,6 °C, para as datas de 16/06/2021 e 24/08/2021, enquanto as registradas para as aberturas ocorridas aos 56 dias foram de 15,9 °C e 23,9 °C, para as datas de 14/07/2021 e 21/09/2021 (INMET, 2021).

Ainda sobre isso, segundo Borreani et al. (2010), existe correlação entre temperaturas do ambiente e a qualidade da silagem obtida, tanto que o aumento da temperatura pode ser utilizado como parâmetro indicativo de deterioração aeróbica.

A seguir, na Tabela 3, a perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) e o índice de recuperação da matéria seca são apresentados. Nela, nota-se ausência de interações entre os fatores estudados e efeitos isolados significativos ($p < 0,001$) apenas para os fatores corte para a PE e ensilagem para perda por gases.

A provável razão da maior perda por efluentes nos materiais ensilados em plantas colhidas aos 8 meses deve-se a presença de folhas no material ensilado, componentes totalmente ausentes nas plantas ensiladas aos 18 meses.

A perda por gases (PG) apresentada (Tabela 3) pelas cultivares no estudo foi em média 0,26%, situando-se bem abaixo de parâmetros relatados por Pupo (2002), em estudos com silagem de milho de planta inteira, que chegaram de 2 a 5% da matéria seca inicial. Esse baixo valor de perda por gases pode ser ocasionado pela baixa presença de bactérias do gênero *Clostridium*, que agem sobre o lactato ou sobre os açúcares, produzindo ácido butírico e CO₂ (JOBIM, et al., 2007).

Com relação à perda por efluentes (PE), neste estudo, verificou-se que não foi significativa ($P < 0,001$) para o fator cultivar e tempo de ensilagem, porém, houve significância para o fator idade de corte. Plantas cortadas com a idade de 8 meses apresentaram uma média

de perda de efluentes de 29,47 kg/tonelada de matéria verde em relação às plantas cortadas com 18 meses, que apresentaram 10,95 kg/toneladas.

Nesta perspectiva, evidencia-se que a idade de corte influenciou a perda por efluentes nas silagens avaliadas (Tabela 3). Isso porque, embora o conteúdo de matéria seca não tenha apresentado diferenças nas idades, a idade de corte de 8 meses promoveu quase o triplo de perdas do que materiais ensilados aos 18 meses.

Tabela 3. Perdas de gases, efluentes e recuperação de MS de silagens de cultivares de mandioca em diferentes idades de corte e tempos de ensilagem

Efeitos principais		PG ¹ (%)	PE ² (kg/tonelada MV ³)	Recuperação de MS ⁴ (%)
Cultivar (Cult)	BRS 399	0,30a	19,85	96,05
	BRS 420	0,16b	20,66	94,17
	BRS CS 01	0,28a	19,69	103,58
	IPRParaguai	0,30a	20,64	98,17
Idade de corte (Cort)	8 meses	0,22	29,47a	98,64
	18 meses	0,30	10,95b	97,35
Tempo de ensilagem (Ens)	28 dias	0,21b	20,55	101,09
	56 dias	0,32a	19,87	94,90
EPM		0,02	3,29	3,76
Valor de P	Cult	0,003	0,995	0,332
	Cort	0,158	<0,001	0,732
	Ens	<0,001	0,833	0,107
	Cult x Cort	0,007	0,096	0,553
	Cult x Ens	0,167	0,128	0,536
	Cort x Ens	0,627	0,065	0,238
	Cult x Cort x Ens	0,161	0,424	0,929

¹PG: perda de gases; ²PE: Perda por efluentes; MS: recuperação de matéria seca; ³MV: matéria verde; ⁴MS: matéria seca; EPM: Erro padrão da média;

Letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diante do exposto, acredita-se que uma provável causa de maiores perdas na ensilagem realizada com corte aos 8 meses seja a influência da temperatura ambiente sobre a fase aeróbia da ensilagem. Segundo Borreani (2018), a temperatura ambiente, somada a umidade do ar, pode resultar em efeitos deletérios sobre o conteúdo de MS. A temperatura média no dia da ensilagem das plantas com 8 meses (19/05/2021) foi de 21,3 °C, enquanto a segunda ensilagem registrou 14,5 °C (INMET, 2021).

As características fermentativas de silagens de capim-marandú foram estudadas por Riberiro et al.(2009) que encontraram perdas que variaram entre 0,6 a 8,6% da matéria seca inicial. Ao estudar silagem de cana-de-açúcar, Siqueira et al. (2007) verificaram perdas por

gases de 11,8% da matéria seca inicial. Já Oliveira et al. (2009), ao estudarem silagem de capim-tanzânia, encontraram valores de PG variando entre 1,27 e 4,18% da matéria seca inicial. Em vista disso, entende-se que, neste estudo, a perda por gases pode estar relacionada ao conteúdo de MS apresentado pela planta no momento do corte.

Embora a variação do conteúdo médio de MS (RMS) não tenha apresentado efeito significativo ($P < 0,001$) entre as idades de corte, as estruturas vegetais onde a água está armazenada (ex. folhas, caules ou pecíolos) podem ter interferido na produção de efluentes. Isso porque estruturas com menor proteção de parede celular, submetidas à ação mecânica de corte, podem favorecer a perda de umidade.

Na Tabela 4, apresentada na sequência, são apresentados os valores obtidos para a capacidade tampão dos materiais ensilados, resultando em uma média de 23,68 e 16,07 mEq/100g MS para as idades de corte de 8 e 18 meses, respectivamente. Tais valores confirmam o pH aferido, que também foram inferiores para a segunda ensilagem, culminando em silagens mais ácidas, tanto na abertura aos 28 quanto aos 56 dias. Além disso, o percentual de proteína bruta encontrado nas amostras corrobora com este indicador, pois maiores teores de proteína bruta tendem a aumentar a capacidade tamponante.

Tabela 4. Capacidade tampão (meq/100 MS) e capacidade fermentativa de diferentes cultivares de mandioca e idades de corte

Tratamentos	Idade de corte (cort)		EPM	Valor de P			
	8 meses	18 meses		Var	Corte	Var x Corte	
Capacidade tampão (meq/100 MS)							
Variedade (var)	BRS 399	24,11bA	14,90bB	1,91	<0,001	<0,001	<0,001
	BRS 420	19,64cB	22,27aA	0,71			
	CS 01	30,23aA	16,28bB	2,74			
	Paraguai	20,72bcA	10,82cB	1,89			
EPM	1,22	1,10					
Capacidade Fermentativa							
Variedade (var)	BRS 399	27,63bA	26,31bcB	0,29	<0,001	0,055	<0,001
	BRS 420	28,05abA	25,79cB	0,58			
	CS 01	25,01cB	27,66abA	0,51			
	Paraguai	29,70aA	28,20aB	0,43			
EPM	0,48	0,29					

EPM: Erro padrão da média;

Letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação entre os fatores cultivar e idade de corte foi significativa ($p < 0,001$) para a capacidade tampão, sendo que as cultivares ensiladas aos 8 meses apresentaram valores mais elevados ($p < 0,001$), variando de 19,64 a 30,23 para 10,82 a 22,27 mEq/100 gMS. Esses valores de capacidade tampão, por sua vez, acabaram determinando os valores de pH, que foram maiores nas plantas ensiladas aos 8 meses em relação às plantas cortadas aos 18 meses.

Provavelmente, as geadas ocorridas entre os cortes e a consequente desfolha provocada por elas (além daquela que ocorre naturalmente com a planta de mandioca) contribuíram para a redução do conteúdo proteico do material como um todo, influenciando na capacidade tampão, a qual tem sido correlacionada a composição da planta no que se refere ao teor de proteína bruta, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e combinação de ácidos inorgânicos e seus sais (JOBIM et al., 2007).

Em estudo comparativo entre silagens de rama de mandioca com e sem pré-secagem, Fluck et al. (2017) observaram que a capacidade tampão apresentou declínio com a desidratação, constatando benefício da técnica para redução da CT. As cultivares estudadas foram a “pão” e IAC7650, as variações na CT foram de 49,60 para 34,91 Meq de NaOH/100g de MS e 51,43 para 33,65 mEq de NaOH/100g de MS, respectivamente.

O aumento do conteúdo proteico da massa ensilada pode alterar a capacidade tampão. Em trabalho realizado com silagens de milho aditivadas com capim Tamani (*Panicum maximum* BRS Tamani) com inclusões variáveis de 0 a 40%, autores obtiveram incrementos substanciais na capacidade tampão do material analisado, o que também foi associado a respostas lineares no aumento do pH da massa ensilada. Entretanto, o aumento da capacidade tampão e do pH não afetou as características fermentativas das silagens (PALUDO et al., 2020).

Embora não tenha apresentado diferenças em relação à idade em que as plantas foram cortadas, a capacidade fermentativa, estritamente relacionada ao conteúdo de carboidratos solúveis presentes nos materiais, , apresentou entre as cultivares estudadas a interação cultivar x idade de corte. Sendo assim, nota-se que é inversamente proporcional à capacidade tampão, de modo que valores superiores a 35% garantem a obtenção de silagens com fermentação láctica (ANDRADE JUNIOR et al., 2014).

O desenvolvimento de colônias de bactérias nas silagens estudadas pode ser visto na Tabela 5. Nela, verifica-se uma interação tripla ocorrida para a contagem de aeróbios mesófilos e interações duplas ocorridas para as contagens de bactérias ácido lácticas e clostrídios. Além

destas interações duplas entre cultivar x tempo de ensilagem, também foram constatadas as contagens de aeróbios mesófilos, bactérias ácido lácticas e clostrídios.

Biologicamente não foi possível explicar a interação tripla existente para a contagem de aeróbios mesófilos. As interações duplas verificadas entre o fator cultivar e idade de corte foram fortemente impactadas pelas diferenças extremas entre plantas colhidas aos 8 e 18 meses. Sendo assim, as interações duplas entre cultivares e tempo de ensilagem foram desmembradas para o estudo.

Os efeitos isolados dos fatores apresentaram-se significativos para todas as cultivares avaliadas (bactérias aeróbias mesófilas, ácido lácticas e clostrídeos), com exceção da contagem para enterobactérias.

O efeito dos fatores estudados sobre a presença de microrganismos foi avaliado, sendo que o efeito isolado da cultivar foi significativo para as médias de unidades formadoras de colônias de anaeróbios mesófilos, bactérias ácido lácticas e clostrídeos. O efeito isolado do tempo de ensilagem foi responsável por promover redução da contagem de clostrídeos e anaeróbios mesófilos, ao passo que promoveu efeito contrário com o número de colônias de bactérias ácido lácticas, característica fundamental para promover adequado processo fermentativo.

Tabela 5. Avaliação microbiológica de silagens do terço superior de mandioca (STSM) de diferentes cultivares, idades de corte e tempos de armazenamento

Microorganismos		Aeróbios mesófilos	Bactérias ácido láticas	Clostrídeos	Enterobactérias
(log UFC ¹ /g)					
Cultivares (Cult)	BRS 399	5,49 b	6,52 ab	6,24 c	2,75
	BRS 420	5,42 b	6,38 ab	6,28 bc	2,61
	BRS CS 01	5,80 a	6,66 a	6,54 ab	2,71
	IPRParaguai	5,86 a	6,30 b	6,65 a	2,40
Idade de corte (Cort)	8 meses	5,08b	5,92b	6,24b	1,65b
	18 meses	6,20a	7,06a	6,61 ^a	3,59 ^a
Tempo de ensilagem (Ens)	0 dias	6,25 a	5,18 b	6,23 b	5,75 a
	28 dias	5,11 c	7,12 a	7,15 a	1,80 b
	56 dias	5,56 b	7,15 a	5,91 c	0,31 c
EPM		0,125	0,144	0,111	0,282
Valor de P	Cult	<0,001	0,017	<0,001	0,415
	Cort	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Ens	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Cult x Cort	0,101	0,437	0,089	0,682
	Cult x Ens	0,033	<0,001	<0,001	0,749
	Cort x Ens	<0,001	<0,001	<0,001	0,682
	Cult x Cort x Ens	<0,001	0,119	0,216	0,273

EPM: Erro padrão da média; ¹ UFC: unidades formadoras de colônia

Médias dos efeitos principais seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O crescimento das bactérias ácido láticas foi superior para a cultivar CS01 comparada com a IPR Paraguinha ($p < 0,001$), ao passo que o processo de ensilagem se mostrou eficaz, pois este grupo de bactérias teve sua população aumentada para ambas as aberturas, sendo de 7,12 e 7,15 log UFC/g para as aberturas de 28 e 56 dias, respectivamente.

O crescimento das unidades de bactérias ácido láticas é esperado porque se trata de um gênero intimamente ligado à boa preservação e conservação do material, principalmente em combinação com o ambiente anaeróbico. A fermentação pelas bactérias ácido láticas produz o ácido lático que contribuirá para queda do pH e conseqüente inibição do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (MUCK, 2010).

Em relação ao efeito da idade de corte sobre o desenvolvimento de UFC de bactérias ácido láticas, foi perceptível que plantas colhidas mais jovens proporcionaram menores contagens (5,92 log UFC/g) em relação às plantas colhidas aos 18 meses (7,06 log UFC/g) ($p < 0,001$). Além de outros fatores, é possível associar esse desenvolvimento à flora epifítica das plantas quando mais jovens.

Para avaliação de microrganismos aeróbios mesófilos, as cultivares BRS 399 e BRS 420 (5,49 e 5,42 log UFC/g, respectivamente) apresentaram valores inferiores às demais ($p < 0,001$). O tempo de ensilagem dos materiais foi importante na redução da população destes microrganismos como um todo, pois as amostras *in natura* apresentaram maiores valores (6,25 log UFC/g), comparados com os tempos de armazenamento de 28 ou 56 dias, resultando em contagens de 5,11 e 5,56 log UFC/g, respectivamente. Estes resultados são compatíveis aos encontrados por Carvalho (2008) que também verificou declínio na contagem.

Em relação ao gênero *Clostridium*, as cultivares avaliadas apresentaram diferenças em seu crescimento, sendo que a cultivar IPR Paraguinha teve maior desenvolvimento (6,65 log UFC/g). No decorrer do tempo de ensilagem, a contagem de clostrídios apresentou aumento aos 28 dias (7,15 log UFC/g), seguida de posterior redução (5,91 log UFC/g) para valores inferiores aos encontrados nas amostras *in natura* (6,23 log UFC/g), sugerindo que o processo de conservação foi eficaz.

Ao considerar o efeito da idade de corte sobre o desenvolvimento do gênero *Clostridium*, notou-se que plantas colhidas com 18 meses proporcionaram materiais cuja contagem de clostrídios foi superior àquelas colhidas com 8 meses, o que possivelmente esteja relacionado às condições ambientais ou à contaminação no momento do corte e processamento.

Na avaliação do efeito do tempo de ensilagem sobre a contagem de clostrídios, não foi possível confirmar o efeito dos dias de ensilagem, visto que o efeito sobre o desenvolvimento das UFC ocorreu aos 28 dias e, na contagem posterior (abertura), o valor foi inferior. A imprecisão dessa contagem aponta para alguma contaminação de material que possa ter ocorrido e gerado essa discrepância nos silos abertos aos 28 dias.

Do ponto de vista microbiológico, pode-se confirmar que o processo de ensilagem, com consequente queda de pH, foi efetivo na redução das unidades formadoras de colônia das enterobactérias ($p < 0,001$), pois foram obtidos valores de 5,75, 1,80 e 0,31 log UFC/g para os tempos de armazenamento de 0, 28 e 56 dias, respectivamente. Estes dados estão de acordo com aqueles de Tinini (2018) que, ao trabalhar com silagens da parte aérea da mandioca em diferentes tempos de ensilagem, obteve 6,86 log UFC/g aos 56 dias.

O tempo de ensilagem influenciou de forma variada a maior parte dos microrganismos avaliados (Tabela 6). O maior crescimento de bactérias ácido lácticas (BAL) foi percebido a partir dos 28 dias de armazenamento, para todas cultivares avaliadas. O número de UFC (unidades formadoras de colônias) variou de 5,02, 4,81, 5,21 e 5,30 log UFCg⁻¹ para patamares de 7,06, 7,06, 7,22 e 7,13 log UFC/g para as cultivares BRS 399, BRS 420, BRS CS 01 e IPR Paraguinha, respectivamente.

Tabela 6. Desmembramento das interações entre cultivares de mandioca e tempos de ensilagem

Cultivares	Tempo de ensilagem			EPM
	<i>in natura</i>	28 dias	56 dias	
Contagem bacteriana total (log UFC/g)				
BRS 399	6,07	4,95	5,45	0,288
BRS 420	5,70	5,15	5,41	0,255
CS 01	6,65A	5,10B	5,66AB	0,266
Paraguai	6,60A	5,23B	5,74AB	0,196
EPM	0,204	0,250	0,133	
Bactérias ácido lácticas (log UFC/g)				
BRS 399	5,02B	7,06A	7,34abA	0,217
BRS 420	4,81B	7,06A	7,26abA	0,309
CS 01	5,21B	7,22A	7,53aA	0,299
Paraguai	5,30B	7,13A	6,47bAB	0,266
EPM	0,298	0,068	0,148	
Clostrídeos (log UFC/g)				
BRS 399	5,96AB	7,02A	5,74B	0,288
BRS 420	5,67B	7,19A	5,98B	0,225
CS 01	6,64AB	7,27A	5,70B	0,248
Paraguai	6,65	7,12	6,20	0,184
EPM	0,263	0,081	0,119	

Média seguidas por letras minúsculas distintas na coluna e maiúscula na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As contagens de BAL observadas na tabela acima estão abaixo da contagem proposta por MacDonald et al. (1991) de 8 log UFC/g, na qual haveria maior contribuição na redução do pH em menor tempo e conseqüente melhor conservação do material ensilado.

3.4 Conclusões

Tendo em vista os dados obtidos e discutidos até o momento, acredita-se que as variáveis microbiológicas estudadas permitiram concluir que as plantas colhidas, independentemente da idade de corte, apresentaram características adequadas ao processo de ensilagem. Tal processo foi mais efetivo na redução das contagens de UFC aos 56 dias. Notou-se que houve maior desenvolvimento de bactérias ácido lácticas de plantas colhidas aos 18 meses. Em relação às perdas decorrentes do processo, plantas colhidas aos 8 meses apresentaram maior produção de efluentes, sem comprometer o material ensilado.

3.5 Referências

- ANDRADE, I.B. **Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído**. 2021. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R.C.; DORNAS, M.F. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura brasileira**, v. 32, n. 1, p. 91 – 97, 2014.
- AZEVEDO, E.B.; NORNBORG, J.L.; KESSLER, J.D.; BRUNING, G.; DAVID, D.B.; FALKENBERG, J.R.; CHIELLE, Z.G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1902-1908, 2006.
- BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. Silagens de sorgo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. II – Alterações nos carboidratos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 49, p.733-740, 1997.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. **Journal of Dairy Science**. v.93, p.2620 – 2629, 2010.
- BORREANI, G.; TABACCO, R.J.; SCHMIDT, B.J.; et al. Silage Review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**. v.101, p.3952 – 3979, 2018
- CARVALHO, C.M. **Efeito do tamanho da partícula e do tempo de armazenamento na qualidade bromatológica e na incidência de microrganismos da silagem da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, 1799)**. 2008, 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.
- DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL DO ESTADO DO PARANÁ, DERAL 2023, Produção Agropecuária. Disponível em:< <http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso 01 outubro 2022.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. et al.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 01 março 22.
- FLUCK, A.C.; PARZIANELO, R.R.; MAEDA, E.M.; PIRAN FILHO, F.A.; COSTA, O.A.D.; SIMIONATO, M. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim da Indústria Animal**. v.74, n.3, p.176-181, 2017.

- HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silo densities**. 1999. 7p. Disponível em: < <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/BunkDens3.pdf> >. Acesso em: 02 março 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 14 agosto 2022.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Dados históricos. Brasília - DF, 2023. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007
- KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive Proceedings Auchincruive: [s.n.], 2002. p.344-358.
- KUNG JUNIOR, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on forage**, v. 3, n. 13, p. 1-5, 2001.
- MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications, 1991.
- MOTA, A.D.S.; ROCHA JUNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.; REIS, S.T.; TOMICH, T.R.; CALDEIRA, L.A.; MENEZES, G.C.C.; COSTA, M.D. Perfil fermentativo 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.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; SILVA-KAZAMA, D.C.; VILELA, D. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.137-146, 2004.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, suplemento especial, p-183-191, 2010
- NUNES IRMÃO, J.; FIGUEIREDO, M.P.; PEREIRA, L.G.R. et al. Composição química do feno da parte aérea da mandioca em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p.158-169, 2008.
- PALUDO, F.; COSTA, K.A.P.; DIAS, M.G.C.; SANTOS e SILVA, A.; SILVA, A.C.G.; RODRIGUES, L.G.; SILVA, S.A.A.; SOUZA, W.F.; BILEGO, U.O.; MUNIZ, M.P. Fermentative profile and nutritive value of corn silage with Tamani ginea grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.6, p.2733-2746, 2020.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.

- PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2002. p.274-303.
- RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E. et al. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.141-153, 1995.
- SANTOS, G. T.; ÍTAVO, L.C.V.; MODESTO, E. C.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J. C.. Silagens alternativas de resíduos agro-industriais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. 2001, Maringá. **Anais...** Maringá, PR, 2001. p.262-285.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.** 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** Editora Blucher, 2017.
- TININI, R. C. R.; ZAMBOM, M. A.; DESSBESELL, J. G.; ADAMANTE, D.; VENTURINI, T. Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 24, n. 1cont, 2021.
- TIESENHAUSEN, M. E. V. O feno e a silagem da rama de mandioca na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, v.13, n.145, p. 42-47. 1987

4 AVALIAÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DA RAMA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Resumo: Objetivou-se avaliar a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* de silagens do terço superior da rama de mandioca. As amostras foram obtidas de quatro cultivares: BRS 399, BRS 420, BRS CS01 e IPR-Paraguinha. O experimento foi conduzido na estação experimental da Unioeste, onde foram realizadas 2 ensilagens provenientes de 2 idades de corte (8 e 18 meses) e submetidas a 2 tempos de ensilagem (28 e 56 dias). Ressalta-se que analisou-se todos os silos experimentais e amostras *in natura*. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 2 x 2 (cultivar x idade de corte x tempo de ensilagem). Houve interações triplas para as variáveis FDA e celulose, bem como interações duplas, cujo fator principal foi idade de corte. As médias foram consideradas significativas ao nível de $P < 0,001$. O conteúdo de MS apresentado pelas silagens variou entre 24,83% e 28,13% para as cultivares BRS CS01 e IPR-Paraguinha, respectivamente. O teor de FDN observado para médias obtidas no fator idade de corte foi de 52,87% para idade de 8 meses e de 76,81% para 18 meses. Corroborando com os valores obtidos para FDN, o teor de FDA, celulose e lignina apresentaram resultados semelhantes, evidenciando maior lignificação das plantas colhidas aos 18 meses. O conteúdo de PB apresentado foi de 13,09% e 8,70% para as idades de 8 e 18 meses, resultando em maior composição foliar do material colhido mais jovem. No que diz respeito à digestibilidade *in vitro* do FDN, observou-se resultados de 67,16% para 8 meses e 54,73% para 18 meses. Em vista disso, notou-se que as silagens de plantas colhidas com idade menor originaram um melhor alimento do que aquelas colhidas mais tardiamente. Portanto, destaca-se que os ensaios de digestibilidade e a composição bromatológica apresentaram resultados satisfatórios para eleger a STSRM como boa opção de alimento alternativo para ruminantes, desde que seja respeitado período de repouso fisiológico da planta.

Palavras-chave: alimento alternativo, FDN, *Manihot esculenta* Crantz, ruminantes, valor nutricional.

BROMATOLOGICAL EVALUATION AND DIGESTIBILITY OF THE SILAGE OF UPPER THIRD OF CASSAVA BRANCH (*Manihot esculenta* Crantz)

Abstract: The objective was to evaluate the bromatological composition and *in vitro* digestibility of silages from the upper third of the cassava branch (SUTCB). The samples were passengers of four cultivars. The experiment was carried out at the Unioeste experimental station. Two ensilages were carried out, from 2 cutting ages (8 and 18) months and maintained at 2 ensiling times (28 and 56 days). Analyzes of all experimental silos and *in natura* samples were carried out. The cultivars used in this study were: BRS 399, BRS 420, BRS CS01 and IPR-Paraguainha. The design was completely randomized, with four replications in a 4 x 2 x 2 factorial scheme (cultivar x cutting age x ensiling time). There were silent triples for the ADF and pulp variables and momentary doubles, whose main factor was cutting age. Means were considered at the level of $P < 0.001$. The DM (dry matter) content presented by different silages between 24.83% and 28.13% for cultivars BRS CS01 and IPR-Paraguainha, respectively. The NDF (neutral detergent fiber) content observed for averages occurred in the cutting age factor, it was 52.87% and 76.81%, for cutting ages of 8 and 18 months, respectively. Corroborating the values obtained for NDF, the ADF (acid detergent fiber), cellulose and lignin content showed similar results, showing greater lignification of plants harvested at 18 months. The CP (crude protein) content shown was 13.09% and 8.70% for ages 8 and 18 months, evidencing the greater leaf composition of the material harvested younger. The *in vitro* digestibility of NDF for the cutting ages of 8 and 18 months were 67.16% and 54.73%. Plant silage harvested at 8 months yielded better food than those harvested at 18 months. Digestibility tests and a bromatological composition showed satisfactory results for electing SUTCB as a good alternative food option for ruminants, as long as the physiological rest period of the plant is respected.

Keywords: alternative food, *Manihot esculenta* Crantz, NDF, nutritional value, ruminants.

4.3 Introdução

Atualmente o aproveitamento da parte aérea da mandioca como silagem tem sido limitado, principalmente no que diz respeito à alimentação de vacas leiteiras. Entretanto, o uso do caule jovem e das folhas apresenta viabilidade de uso, inclusive com potencial para ensilagem (WANAPAT et al., 2018).

Estudo pioneiro de Modesto et al. (2004) caracterizou a silagem do terço superior da mandioca por meio da sua composição químico-bromatológica, compostos nitrogenados e carboidratos, além de parâmetros da cinética ruminal. Concluíram que a silagem obtida desta parte da planta apresenta qualidades nutritivas, principalmente pelo conteúdo de proteína, moderado teor de FDN, mesmo contendo elevada concentração de lignina.

Ao utilizar variedades ou cultivares de mandioca na confecção de silagens da parte aérea, Ferreira et al. (2007) e Araújo et al. (2009) observaram que o valor nutricional e a qualidade das silagens são influenciadas tanto pela cultivar utilizada quanto pela fração que deu origem ao material ensilado. Desta forma, compreende-se que estudos como os citados contribuem na gerando e informando dados a respeito de composições de material com maior ou menor presença de folhas ou hastes.

Azevedo et al. (2006) comparou a silagem da parte aérea de três cultivares de mandioca, colhidas com 7 meses após o plantio. Todos os cultivares apresentaram valores satisfatórios em relação a composição bromatológica, verificando a existência de diferenças significativas entre os cultivares.

Tinini (2018) avaliou a substituição da silagem de milho pela silagem de mandioca nas dietas de vacas leiteiras. Concluiu que a silagem da parte aérea da mandioca, apesar de não alterar a produção de leite, alterou os teores dos sólidos do leite, bem como valores de gordura e lactose em ordem quadrática. Com a substituição de silagem da parte aérea obteve como resultado um ponto máximo de lactose com 46,60% e gordura com 34,63%. Além disso, verificou também que a inclusão da silagem da parte aérea não alterou a ingestão de nutrientes, digestibilidade ou a síntese microbiana.

Com base no exposto, a hipótese deste estudo é de que cultivares, idade de corte e tempo de ensilagem possam interferir na qualidade químico-bromatológica das silagens obtidas, bem como nos coeficientes de digestibilidade estudados. Desta forma, o objetivo deste estudo é

avaliar a composição bromatológica e digestibilidade das silagens produzidas a partir do terço superior da mandioca de cultivares diferentes e submetidas a diferentes idades de corte.

4.4 Material e métodos

4.4.1 Local e delineamento experimental

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) campus de Marechal Cândido Rondon, na Estação Experimental Professor Doutor Antonio Carlos Pessoa, situado na Linha Guará. As análises ocorreram no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA).

As áreas de cultivo de mandioca colhidas para o experimento foram de lavouras cultivadas em campos experimentais pré-estabelecidos da ATIMOP/IDR-Paraná, localizada próximo ao distrito de Porto Mendes, Marechal Cândido Rondon – PR.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com os seguintes fatores: cultivares, idades de corte e tempos de abertura dos silos. Foram avaliadas 2 silagens, obtidas das duas idades de corte, do terço superior de mandioca (STSM) das seguintes cultivares: BRS 399, BRS 420, BRS CS 01 e IPR Paraguinha, ensiladas nas idades de 8 e 18 meses. A escolha das cultivares foi baseada naquelas lançadas mais recentemente e aquela mais cultivada regionalmente – IPR Paraguinha. Destaca-se que todas cultivares utilizadas estão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), gerido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O processamento dos materiais, seguido da sua ensilagem, deu-se na Estação Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente a UNIOESTE.

4.4.2 Colheita, processamento, armazenamento e abertura

As culturas colhidas com 8 e 18 meses foram estabelecidas em setembro de 2020 e fevereiro de 2020, respectivamente. A área de pesquisa refere-se ao espaço da ATIMOP/IDR-Paraná, localizada na latitude 24°30'34" S e longitude 54°18'28" O, em altitude de

aproximadamente 240 m. A colheita do material ocorreu manualmente em ambas as idades avaliadas, sendo que a primeira foi realizada no período que antecede a queda de folhas (19/05/2021) e a segunda (26/07/2021) num período que antecede a colheita da raiz. A respeito dessa última colheita, ressalta-se que não foi realizada a poda estratégica, normalmente realizada antes do período de inverno, utilizada para evitar a mobilização de carboidratos para a parte aérea, tendo em vista que, por conta das geadas que ocorreram naquele ano, as plantas já estavam bastante desfolhadas. O critério para o corte foi baseado na altura em que se dava o início do terço superior da planta, normalmente relacionado às ramificações provenientes do caule principal.

A colheita do terço superior das cultivares foi realizada nos talhões, os quais apresentam tamanhos variados em função de serem sempre intercalados entre cultivares que estão em processo de avaliação. Cada talhão consistia em um conjunto de 4 linhas paralelas, com plantas espaçadas a 90 cm, totalizando aproximadamente 2 hectares. Para colheita, foram desprezadas as linhas externas. As áreas de cultivo para avaliações realizadas na estação de pesquisa tinham suas bordaduras cultivadas com a cultivar comercial predominante na região, no caso a IPR Paraguinha.

O material colhido foi levado à Estação Experimental, onde teve seu tamanho de partícula reduzido por meio de triturador forrageiro estacionário sem o uso de peneira. Imediatamente após o processo de picagem, o material foi homogeneizado e ensilado em silos experimentais de PVC (poli cloreto de vinil), cilíndricos, com 10cm de diâmetro e 40cm de comprimento, dotados de válvula tipo Bunsen na parte superior, para eliminação dos gases produzidos. Dentro de cada silo, foi adicionada 300g de areia autoclavada e seca em estufa de ventilação forçada (65°C por 12 horas), formando uma camada de 5 cm de altura na parte inferior do silo para absorver possíveis efluentes produzidos pelo processo. Para evitar o contato direto do material ensilado com a areia foi colocado um tecido de algodão de 12 cm de diâmetro, também autoclavado e seco. O peso médio do material ensilado em cada silo foi de 1,74 kg (\pm 0,266 kg) para a idade de 8 meses e 1,69 kg (\pm 0,194 kg) para a ensilagem com 18 meses.

Para facilitar a retirada da silagem de cada silo, foram colocados 2 cordões (polipropileno de 2,5 mm), com 1 metro de comprimento cada, unidos com um nó na parte central e em cada extremidade. No momento da ensilagem, as extremidades dos cordões ficaram aderidas à parede externa do topo do silo por meio de ligas elásticas, retiradas posteriormente.

A compactação do material ensilado também ocorreu de modo manual por meio de bastões de madeira. Em seguida, o material foi fechado e lacrado com fita adesiva, pesado e armazenado no interior de galpão sobre estrados de madeira em temperatura ambiente.

Foram pesadas aproximadamente 400g como material de amostra imediatamente após o processamento do material para ensilagem. Feito isso, esta quantidade foi submetida a pré-secagem em estufa com ventilação de ar forçada com temperatura de 55°C por 72 horas. Na sequência, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey (Star FT 60, Fortinox), de modo que a primeira moagem se deu com peneira de 2mm e a segunda com peneira de 1mm .

As análises foram realizadas conforme metodologia da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) para o teor de matéria seca (MS) (método 934.01) e matéria mineral (método 938.08), proteína bruta (método 981.10), já a determinação de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada segundo Van Soest et al., (1991). A matéria orgânica (MO) foi calculada por subtração do teor de cinzas encontrado, ou seja: $MO = 100 - \% \text{ Cinzas}$. O extrato etéreo total foi determinado por extração com éter em aparelho Ankom® XT15.

4.2.3 Análise de componentes fibrosos

As fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) foram analisadas de acordo com metodologia de Van Soest, Robertson e Lewis (1991). A hemicelulose foi calculada pela diferença do FDN pelo FDA. Já a celulose foi determinada a partir da diferença entre o conteúdo de FDA e de lignina. Além disso, utilizou-se o método da hidrólise ácida (VAN SOEST; WINE, 1968) para análise de lignina.

4.2.4 Carboidratos solúveis

Análise do conteúdo de carboidratos solúveis foi utilizada para a avaliação da capacidade fermentativa.

Os carboidratos solúveis foram determinados pela técnica de Dubois et al. (1956), utilizando-se glicose como padrão. A extração foi realizada utilizando 200mg de amostra moída diluída em frasco Erlenmeyer de 250mL, com adição de 200mL de água destilada. Os frascos foram então colocados em incubadora com mesa de agitação orbital (MA420/e, MARCONI) a 300 rpm, em temperatura ambiente, por 60 minutos para que ocorresse solubilização dos açúcares.

Após o processo de solubilização, o conteúdo foi filtrado em papel filtro quantitativo (640M, MACHEREY-NAGEL) de filtragem rápida, restando-se aproximadamente 50mL do líquido filtrado. Em seguida, foi colocada uma alíquota de 0,5mL da solução em tubo de ensaio, onde adicionou-se 0,5mL de fenol 5% e 1,5mL de ácido sulfúrico. O tubo foi imerso em banho-maria a 30°C por 20 minutos e depois em gelo durante 10 minutos. Após o resfriamento e leve agitação, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (UV-1800, SHIMADZU) a 490 nm.

A equação-padrão relacionando a absorbância e a quantidade de carboidrato solúvel foi obtida a partir de soluções contendo 0, 0,02, 0,04, 0,06 e 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16, 0,18 e 0,20 mg/mL de glicose. Em seguida, foram realizadas diluições em quadruplicatas de 0,50 mL para que ocorresse a transferência para os tubos de ensaio. Então, os mesmos procedimentos foram repetidos para determinação.

4.2.5 Carboidratos totais (CT) e não fibrosos (CNF)

Na avaliação dos carboidratos totais e carboidratos não fibrosos, foram utilizadas fórmulas descritas por Sniffen et al. (1992), sendo usados os valores encontrados na MS.

$$\%CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$$

$$\%CNF = \%CT - \%FDN$$

4.2.6 Digestibilidade in vitro (DIV)

A coleta de inóculo para avaliação foi conduzida sob normas estabelecidas pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, a canulação dos animais foi realizada de acordo com o protocolo nº 06411 (CEUA/UNIOESTE).

A técnica usada foi modificações da metodologia de Tilley e Terry (1963), adaptada por Holden (1999), para avaliação da digestibilidade in vitro (DIV). O líquido ruminal utilizado foi coletado de um bovino adulto da raça holandesa em lactação provido de cânula ruminal. Para manutenção do ambiente anaeróbico, o líquido ficou armazenado em garrafa térmica com injeção de CO₂ até o momento do uso. Ao chegar ao laboratório, o material foi processado em liquidificador por 30 segundos, também fazendo uso de CO₂ e, após a filtragem em tecido de algodão, foram despejados 400mL em cada jarro da incubadora.

A incubadora usada com a premissa de simular o ambiente ruminal foi da marca Tecnal®, modelo TE-150, provida de controle de temperatura (39°C) com rotação. Para incubação, foram pesadas 0,25g de amostra seca ao ar moída em duplicata, em sacos de TNT (tecido não tecido) (5 x 5cm), selados a quente, que foram acondicionados nos jarros de vidro contendo 400mL de líquido ruminal e 1600mL de solução de saliva artificial (pH 6,8 a 39°C).

4.2.6.1 Digestibilidade in vitro da Matéria Seca (DIVMS) e Matéria Orgânica (DIVMO)

Os jarros contendo a solução de saliva artificial, líquido ruminal e sacos com amostras ficaram incubados por 48 horas na temperatura de 39 °C. Após esse tempo, foram adicionados 8g de pepsina e 40 mL de ácido clorídrico (HCl), 6 N em cada jarro, que permaneceu por mais 24 horas na incubadora a 39°C.

Após a incubação, os jarros foram drenados e os saquinhos lavados com água destilada e secos em estufa de 105°C durante 24 horas. Após a secagem, permaneceram no dessecador por 30 minutos para atingir a temperatura ambiente e, posteriormente, foram pesados em balança analítica de precisão para determinar a MS residual. A DIVMS foi calculada pela diferença entre a quantidade de amostra antes e após a incubação, da seguinte forma:

$$DIVMS = \frac{[(MS \text{ do alimento inicial} - MS \text{ do alimento residual}) \times 100]}{MS \text{ do alimento inicial}}$$

A DIVMO foi determinada pela diferença entre a quantidade de MO antes da incubação e da MO residual, após o processo da queima do resíduo em mufla (EDGCON 3P).

$$DIVMO = \frac{[(MO \text{ do alimento inicial} - MO \text{ do alimento residual}) \times 100]}{MO \text{ do alimento inicial}}$$

4.2.6.2 Digestibilidade da FDN

Para avaliação da digestibilidade in vitro da FDN (DIVFDN), utilizou-se a metodologia descrita por Goering e Van Soest (1975), que propõe um período de incubação das amostras por 48 horas a temperatura de 39°C, com posterior extração em detergente neutro por meio da análise de FDN. A DIVFDN foi calculada como sendo a diferença entre o FDN da amostra antes e após a incubação.

4.2.7 Análise estatística

A normalidade das variáveis foi verificada por meio do uso do teste de Shapiro-Wilk. Também foram realizados os testes de Grubbs para *outliers* e, para homogeneidade, o teste de Barlett. Os dados foram analisados utilizando o R Core (2023) nos pacotes *Agricolae* 2023 e *Statics* 2023. O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + E_j + C_k + VE_{ij} + VC_{ik} + EC_{jk} + VEC_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = variável dependente;

μ = média geral;

V_i = efeito da cultivar de mandioca;

E_j = efeito do tempo de ensilagem;

C_k = efeito da idade de corte;

VE_{ij} = interação entre cultivar de mandioca e tempo de ensilagem;

VC_{ik} = interação entre cultivar de mandioca e idade de corte;

EC_{jk} = interação entre tempo de ensilagem e idade de corte;

VEC_{ijk} = interação entre cultivar de mandioca, tempo de ensilagem e idade de corte;

ϵ_{ijkl} = erro residual associado a cada observação.

Quando significativas, as médias dos efeitos principais e da interação entre variedade e tempo de ensilagem foram comparadas pelo teste de Tukey. As diferenças foram declaradas quando $P < 0,001$.

4.3 Resultados e discussão

Medidas de produtividade de MS por área foram calculadas para a ensilagem realizada na idade de 8 meses (Tabela 7). As cultivares BRS 399 e IPR-Paraguinha obtiveram maiores produtividades de MS/ha.

Tabela 7. Produtividade estimada de matéria seca por hectare do terço superior da rama de mandioca colhida aos 8 meses

Cultivar	Altura média (m)	Peso médio/planta (kg)	Estimativa produção MN/ha (kg)	Estimativa produção MS/ha (kg)
BRS 399	2,50	1,34	16.542	4.252
BRS CS01	2,45	1,03	12.715	3.251
BRS 420	2,76	0,66	8.148	1.915
IPR - Paraguinha	2,83	1,15	14.197	3.918

Dados referentes às análises bromatológicas encontram-se na Tabela 8. Foram encontradas interações triplas significativas envolvendo cultivar x abertura x idade de corte ($p < 0,001$) para as variáveis FDA e CEL, além de interações duplas, principalmente em cultivar x corte.

O fator idade de corte foi preponderante nas interações, provavelmente em razão das características das plantas no momento da colheita. A ocorrência de um inverno rigoroso para o histórico regional, com geadas registradas em junho e julho, fez com que as plantas apresentassem grau de desfolha bastante acentuado no momento da ensilagem das plantas com 18 meses, comprometendo a qualidade bromatológica, principalmente do conteúdo de proteína bruta, FDN (e seus subcomponentes) e carboidratos não fibrosos.

O tempo de abertura dos silos apresentou diferença significativa ($p < 0,001$) apenas para o conteúdo de matéria seca, provavelmente em razão de perdas relacionadas ao processo de ensilagem.

O conteúdo de matéria seca médio das amostras, obtidas para ensilagem do terço superior da parte aérea da rama de mandioca, situaram-se entre 24,37 a 28,17%, valores semelhantes aos encontrados por Modesto et al. (2004). No estudo com o terço superior da parte

aérea da planta, os autores obtiveram em média 25,20%, semelhantes aos resultados da pesquisa de Oliveira (1984) que, ao estudar também o terço superior, encontrou valores de 24,15%.

Embora o conteúdo de MS obtido neste estudo tenha sido semelhante ao relatado por outros autores para a silagem de milho, a qual normalmente tem sido empregada como padrão para as demais silagens, o intervalo de MS adequado situa-se entre 32 a 38% (McDonald et al. 1991).

Tabela 8. Composição bromatológica de silagens obtidas do terço superior da rama de mandioca

Efeitos principais		MS	MO	MM	EE	PB	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	CT	CNF
Cultivar (CULT)	BRS399	25,47	94,63	5,36	2,69	10,59	64,97	47,95	17,02	34,90	13,05	81,34	16,36
	BRS420	25,76	94,60	5,40	2,70	11,49	65,50	48,08	17,41	34,77	13,31	80,39	14,89
	BRSCS01	24,83	94,53	5,34	2,71	10,87	64,05	50,88	13,16	37,46	13,42	81,06	17,01
	IPR-Paraguinha	28,13	94,82	5,11	2,81	10,63	64,83	53,03	11,80	37,54	15,49	81,43	16,60
Tempo de abertura (ABE)	28 dias	26,54	94,90	5,09	2,71	10,78	64,83	49,62	15,20	35,85	13,77	81,40	16,57
	56 dias	25,55	94,40	5,51	2,75	11,01	64,85	50,35	14,49	36,48	13,87	80,71	15,86
Idade de corte (COR)	8 meses	25,48	94,35	5,64	3,32	13,09	52,87 b	43,27	9,60	30,41	12,85 b	77,93	25,06
	18 meses	26,61	94,95	4,96	2,14	8,70	76,81 a	56,70	20,10	41,92	14,78 a	84,18	7,37
EPM ¹		0,251	0,171	0,174	0,079	0,330	1,547	1,057	1,092	1,024	0,279	0,510	1,210
P-valor ²	CULT	<0,001	0,622	0,438	0,348	0,052	0,607	0,009	<0,001	0,078	<0,001	0,045	0,194
	ABE	<0,001	0,003	0,004	0,380	0,377	0,980	0,602	0,444	0,529	0,804	0,016	0,331
	COR	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	CULT*ABE	0,445	0,033	0,026	0,292	0,112	0,909	0,572	0,160	0,010	<0,001	0,005	0,232
	CULT*COR	<0,001	<0,001	<0,001	0,023	<0,001	0,781	0,003	<0,001	<0,001	0,207	<0,001	<0,001
	ABE*COR	0,033	<0,001	<0,001	0,032	0,051	0,795	0,945	0,911	0,931	0,961	<0,001	0,084
	CULT*ABE*COR	0,254	0,350	0,384	0,352	0,394	0,982	0,005	<0,001	<0,001	0,675	0,311	0,932

¹EPM: erro padrão da média. ²Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁴Matéria seca. ⁵Matéria orgânica. ⁶Matéria mineral. ⁷Extrato etéreo. ⁸Proteína bruta. ⁹Fibra em detergente neutro. ¹⁰Fibra em detergente ácido. ¹¹Hemicelulose. ¹²Celulose. ¹³Lignina. ¹⁴Carboidratos totais. ¹⁵Carboidratos não fibrosos.

O conteúdo de proteína bruta (PB) não apresentou diferenças significativas ao nível do efeito das cultivares, porém o efeito esteve presente para a idade de corte ($P < 0,001$) e tempo de ensilagem ($P < 0,003$). A média de proteína bruta encontrada para ensilagens realizadas com plantas de 8 meses foi de 12,88% (independente da cultivar), o que está dentro do intervalo relatado por Souza et al. (2011) que, em seu estudo, encontrou valores entre 9,8 e 13,4% em quatro variedades de mandioca. Entretanto, os valores diferem dos resultados obtidos em estudos, em que os valores variaram entre 12 e 20% (MODESTO et al., 2004; MOTA et al., 2011; MARQUES et al., 2013).

O maior conteúdo de PB apresentado pelas silagens obtidas de plantas na idade de 8 meses, provavelmente, resultou da maior presença de folhas em relação a outros componentes da planta, como caules e galhos. apesar de apresentarem níveis detectados de PB, esta pode estar relacionada a nitrogênio associado à lignina, a complexos tânico-proteicos e produtos da reação de Maillard (WATERS et al., 1992).

No presente trabalho, os valores obtidos para PB, principalmente em relação às plantas colhidas aos 8 meses (13,096%), são compatíveis com o limite mínimo de 7% MS, sugerido para manter o adequado crescimento de microrganismos ruminais (Van Soest, 1994).

É possível afirmar que o efeito da idade de corte foi o que mais contribuiu para a variação no conteúdo proteico, pois grande parte da fração proteica da parte aérea da mandioca encontra-se nas folhas, as quais estavam ausentes no corte realizado aos 18 meses. Segundo estudo de Tinini (2018), citando Revindran (1993), o conteúdo médio de PB das folhas é de 21%.

Efeito da interação cultivar x idade de corte sobre as variáveis MS, EE, MO e PB pode ser observada na Figura 1. Nela, verifica-se o comportamento do fator cultivar com médias bastante semelhantes para MS e uma diferença maior para a cultivar IPR-Paraguainha. As médias apresentadas para as variáveis EE e PB também foram evidenciadas.

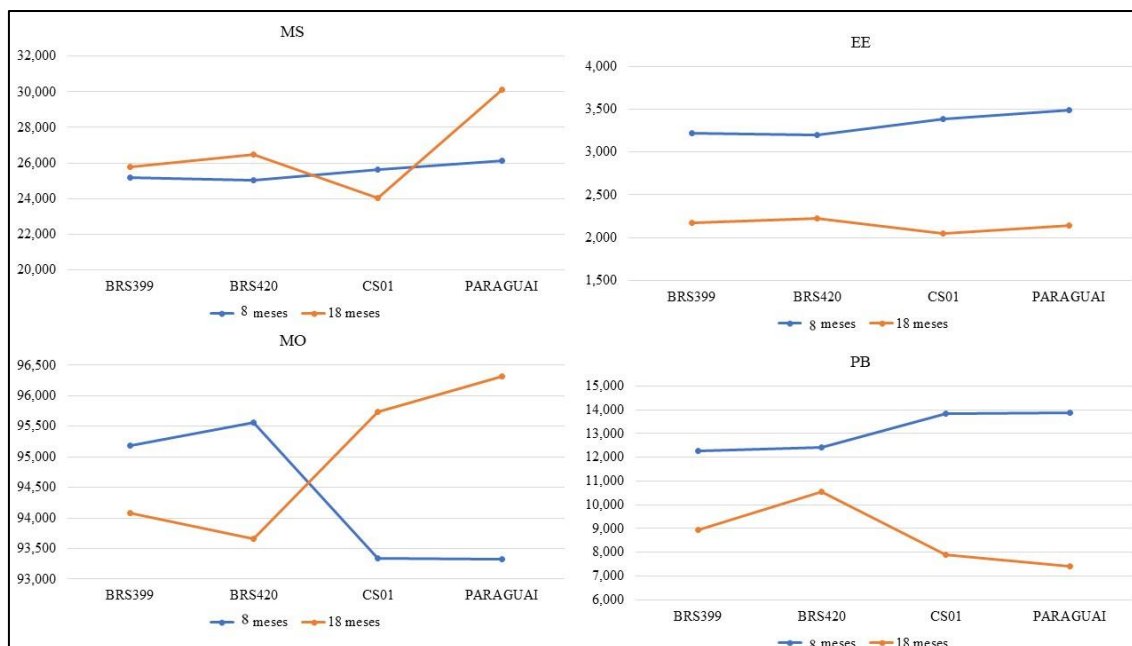


Figura 1. Interação cultivar x idade de corte sobre as variáveis matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB).

O conteúdo de FDN (vide Tabela 8) apresentou variação significativa ($P < 0,001$) apenas para o efeito idade de corte, sendo que as plantas cortadas com idade de 8 meses apresentaram conteúdo médio de 52,87%, enquanto aquelas ensiladas com 18 meses tiveram média de 76,81%. Os resultados obtidos para a idade de 8 meses foram semelhantes ao encontrados por Valadares Filho et al. (2002) - 50,80; Modesto et al. (2004) - 51,00; Azevedo et al. (2006) - 51,61; Ferreira et al. (2007) - 48,96 e Andrade (2021) - 52,11%. Entretanto, os valores foram superiores aos encontrados por Faustino et al. (2003) e Wanapat et al. (2018), que reportaram em seus trabalhos 44,30 e 39,73% de FDN, respectivamente.

Em estudo com silagem do terço superior da mandioca para suplementação de cabras leiteiras, Nascimento (2016) ensilou plantas com aproximadamente 6 meses de cultivo e obteve valores de FDN de 54,70%, na abertura dos mini-silos aos 56 dias.

Trabalhos com o objetivo de quantificar o conteúdo de FDN ao longo do crescimento da planta foram realizados. Oliveira Junior (2022), ao estudar a composição bromatológica da parte aérea da mandioca (in natura e ensilada), colhida em diferentes idades de cultivo (6, 7, 9, 10 e 11 meses), obteve 54,79% e 58,07 para 7 e 9 meses, respectivamente.

O conhecimento sobre o conteúdo de FDN dos alimentos, sobretudo de forragens empregadas na alimentação de ruminantes, é fundamental, tendo em vista que tais componentes interferem na capacidade de ingestão (HAMMOND et al., 2016; VAN SOEST, 1994). Levando em consideração os valores encontrados nesse estudo, para a idade de corte de 8 meses 53,35%, não haveria limitações para o consumo, contudo o material cortado com 18 meses pode indicar limitações, pois obteve média de 76,47%.

Nesta perspectiva, de acordo com Mertens et al. (1994), o potencial de ingestão de forragens pode sofrer limitações dependendo do teor de FDN. Tal efeito ocorre pelo efeito de enchimento ruminal, sobretudo para alimentos com valores de FDN superiores a 500 g/kg MS.

Os valores médios obtidos para o conteúdo de FDA foram significativos para o efeito isolado de cultivar, corte e tempo de armazenamento. Em média, o conteúdo de FDA entre as diferentes idades de corte foi de 41,64 para 8 meses e de 55,42% para 18. Os valores obtidos para o corte mais jovem foram semelhantes aos 41% apontados por Modesto et al. (2004), superiores aos 32,4% encontrados por Wanapat et al. (2018) e inferiores aos 49,63% reportado por Andrade (2021).

O teor de FDA varia em função do estágio das plantas, sendo que, em plantas muito jovens, os conteúdos tendem ser próximos de 181g/kg, plantas jovens apresentam 320g/kg e plantas maduras 463 g/kg (Ravindram e Ravindram, 1988). Considerando o estágio em que as plantas deste estudo foram colhidas, mesmo as plantas de 8 meses já estavam passando pelo processo natural de perda de folhas, que ocorre no outono, impactando, desta forma, o resultado deste componente.

Corroborando com os dados bromatológicos de FDN e FDA encontrados, os conteúdos de celulose, hemicelulose, lignina e CNF foram significativamente ($P < 0,001$) afetados pelo efeito isolado da idade em que as plantas foram colhidas para ensilagem.

O conteúdo médio de celulose para o efeito do cultivar foi em média de 36,171%, variando entre 34,77% para a cultivar BRS 420 e 37,54% para a IPR Paraguainha. O efeito isolado da idade de corte foi significativo ($P < 0,001$) para celulose, com valor médio de 29,11% para a idade de 8 meses e 40,95% para o corte realizado com 18 meses. Isto evidencia então o papel que a maturidade da planta e os eventos climáticos trouxeram para sua composição morfológica e, conseqüente, bromatológica.

Os dados do teor de celulose encontrados nas silagens de plantas com 8 meses (30,41%) corroboram com os encontrados por Tinini (2018) que, ao estudar a silagem da parte aérea de 6 cultivares de mandioca, obteve valor médio de 29,87%. Entretanto, em comparação com os dados obtidos por Faustino et al. (2003), os valores do presente estudo foram superiores, variando entre 20,83 e 22,23%.

Em estudo recente, Andrade (2021), avaliando duas cultivares de mandioca, submetidas ao processo de ensilagem do terço superior, encontrou valores de celulose de 26,35% para a cultivar Baianinha e 24,76% para a cultivar Ecuador 72.

Com relação aos valores de hemicelulose neste estudo, sob efeito isolado do fator idade de corte, obteve-se em média de 9,60 e 20,10% para as idades de 8 e 18 meses respectivamente. A maior presença, em termos proporcionais, de frações vegetais mais lenhosas na segunda ensilagem provavelmente impactou nestas médias.

Em trabalho conduzido com alimento semelhante, Faustino et al. (2003) obtiveram valores entre 8,66 e 11,24%, corroborando com dados obtidos em relação às plantas mais jovens no presente estudo. Já o estudo de Tinini (2018) verificou valores médios de 13,61%, enquanto Andrade (2021) obteve valores 3,89 e 9,30% para silagens do terço superior de mandioca das cultivares Baianinha e Ecuador 72, respectivamente.

Com relação às intempéries climáticas observadas durante o período de inverno do ano em que as plantas foram colhidas, associado ao período de repouso fisiológico da planta de mandioca, entende-se que estes fatores impactaram significativamente as variáveis bromatológicas avaliadas.

O repouso fisiológico da planta de mandioca é caracterizado por redução da área foliar moderada a drástica, associado a maior lignificação das estruturas de sustentação da planta. Normalmente este processo ocorre por volta de 360 dias após o plantio, podendo ser mais acentuado em temperaturas mais baixas (SOUZA et al. 2006).

Os desmembramentos das interações triplas verificadas encontram-se nas Tabelas 9 a 12. Pode-se observar que os valores de FDA foram significativos, sendo que a cultivar BRS-CS01, seguida da IPR-Paraguainha apresentaram médias superiores as demais cultivares no que se refere aos tratamentos com idade de corte de 8 meses na abertura de 28 dias. Para hemicelulose, a diferença foi significativa para a idade de corte de 8 meses

na abertura aos 56 dias, sendo que as cultivares que mais se destacaram foram a BRS 399 e 420.

Tabela 9. Desmembramento de interação tripla entre cultivar, tempo de abertura e idade de corte para a variável FDA, na idade de corte de 8 meses

Tempo de abertura	FDA - Idade de corte 8 meses		P-valor ¹
	28 dias	56 dias	
Cultivar			
BRS399	39,27 bB	45,82 aA	0,008
BRS420	37,19 bB	46,54 aA	0,017
BRSCS01	48,59 a	44,42 ab	0,157
IPR-Paraguainha	46,78 aA	37,54 bB	0,007
P-valor ¹	<0,001	0,014	

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação tripla não apresentou diferenças significativas nas médias de FDA para idade aos 18 meses (Tabela 10). Considerando esta idade, a interação tripla não teve efeito significativo ($p < 0,001$) nas médias. Ao compararmos com o corte aos 8 meses, em que as plantas apresentavam menor conteúdo de FDN, é possível concluir que o corte mais tardio resultou em aumento do conteúdo de FDA, decorrente do envelhecimento e do processo de lignificação das células vegetais.

Além disso, a menor presença de folhas pode ter contribuído para o aumento do conteúdo de FDA, pois as plantas assim tendem a ter menor teor de fibras que partes da planta mais lenhosas. Tinini (2018) obteve valores de FDA de 25,32% em folhas da cultivar IPR-Paraguainha, enquanto que, em silagem da parte aérea, tais valores foram de 37,26% aos 56 dias de ensilagem.

Tabela 10. Desmembramento de interação tripla entre cultivar, tempo de abertura e idade de corte para a variável FDA, na idade de corte de 18 meses

Tempo de abertura	FDA - Idade de corte 18 meses		P-valor
	28 dias	56 dias	
Cultivar			
BRS399	54,15	52,56 b	0,631
BRS420	55,84	52,76 b	0,353
BRSCS01	53,59	56,93 b	0,153
IPR-Paraguainha	61,57	66,24 a	0,205
P-valor	0,063	0,002	

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desmembramento das interações triplas para os valores de celulose, apresentados nas Tabelas 11 e 12, evidenciam que apesar das médias variarem significativamente em função do efeito cultivar, a interação tripla somente apresentou diferenças para a variável cultivar aos 56 dias de ensilagem. Porém, sem razão aparente que possa ser explicada biologicamente.

Tabela 11. Desmembramento de interação tripla entre cultivar, tempo de abertura e idade de corte para a variável celulose na idade de corte de 8 meses

CEL - Idade de corte 8 meses			
Tempo de abertura	28 dias	56 dias	P-valor ¹
Cultivar			
BRS399	26,57 bcB	34,53 aA	0,008
BRS420	25,02 cB	34,22 aA	0,006
BRSCS01	35,96 a	33,14 a	0,236
IPR-Paraguainha	33,02 abA	20,84 bB	0,004
P-valor ¹	0,002	<0,001	

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação tripla entre cultivar, tempo de abertura e idade de corte não apresentou diferenças significativas nas médias de celulose para o corte aos 18 meses (Tabela 12). Considerando o corte nesta idade, entende-se que não apresentou efeito estatisticamente significativo nas médias de celulose.

Tabela 12. Desmembramento de interação tripla entre cultivar, tempo de abertura e idade de corte para a variável celulose na idade de corte de 18 meses

CEL - Idade de corte 18 meses			
Tempo de abertura	28 dias	56 dias	P-valor
Cultivar			
BRS399	38,68 b	39,81 ab	0,757
BRS420	42,21 ab	37,62 b	0,212
BRSCS01	38,27 b	42,48 ab	0,212
IPR-Paraguainha	47,09 a	49,20 a	0,534
P-valor	0,047	0,028	

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Coefficientes de digestibilidade *in vitro* obtidos nos ensaios estão na Tabela 13. Houve interação dupla entre os fatores cultivar e idade de corte para todos coeficientes estudados. O fator tempo de abertura não apresentou nenhum tipo de interação, sendo que as médias obtidas para esse fator também não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,001$).

Tabela 13. Digestibilidade *in vitro* das silagens de cultivares de mandioca em diferentes idades de corte e tempos de ensilagem

Efeitos principais		DIVMS3	DIVMO ⁴	DIVFDN ⁵
		%		
Cultivar (CULT)	BRS399	60,23a	66,59a	61,15a
	BRS420	61,00a	67,54a	62,70a
	BRSCS01	58,98b	66,79a	61,40b
	IPR-Paraguinha	53,28c	59,09b	56,54c
Tempo abertura (ABE)	28 dias	57,75	66,30	60,84
	56 dias	59,00	63,70	60,05
Idade de corte (COR)	8 meses	66,08a	71,19a	67,16a
	18 meses	50,67b	58,81b	53,73b
EPM ¹		1,22	1,10	1,13
p-valor ²	CULT	<0,001	<0,001	<0,001
	ABE	0,076	0,003	0,189
	COR	<0,001	<0,001	<0,001
	CULT*ABE	0,695	0,003	0,685
	CULT*COR	<0,001	<0,001	<0,001
	ABE*COR	0,867	0,982	0,014
	CULT*ABE*COR	0,367	0,701	0,054

¹EPM: erro padrão da média. ²Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³Digestibilidade *in vitro* da matéria seca. ⁴Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. ⁵Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro.

Os valores médios para os coeficientes de digestibilidade *in vitro* encontrados para todas as variáveis (MS, MO e FDN) demonstram diferenças significativas entre as cultivares. A cultivar IPR-Paraguinha apresentou os menores coeficientes médios para todas as variáveis, enquanto as cultivares BRS 399, BRS 420 e BRS CS01 apresentaram médias mais elevadas. Provavelmente o conteúdo de lignina apresentado pela

cultivar IPR-Paraguinha foi fator de maior impacto nos coeficientes de digestibilidade apresentados pela cultivar no ensaio de digestibilidade. Os valores médios para essa característica foram de 15,49% na cultivar supracitada, sendo que as demais tiveram valores médios de 13,05%, 13,31% e 13,42% para as cultivares BRS399, BRS420 e BRS CS01, respectivamente.

A idade de corte, por sua vez, teve impacto significativo em todas as características avaliadas. A idade de 8 meses apresentou valores médios mais altos em comparação com a idade de corte de 18 meses, indicando superioridade qualitativa desta idade.

As cultivares BRS 399 e 420 apresentaram as maiores médias para o efeito cultivar, sendo que as menores foram para a cultivar IPR-Paraguinha. Estes dados refletem o conteúdo relacionado a composição da parede celular obtida pelas análises bromatológicas, em que o conteúdo de FDN da IPR-Paraguinha foi superior as demais.

Os coeficientes de digestibilidade encontrados podem ser comparados àqueles obtidos na avaliação bromatológica, ficando perceptível a maior participação de componentes da parede celular (Tabela 7). Os valores de FDN presentes nos materiais colhidos aos 8 meses foram aproximadamente 30% menores daqueles obtidos de plantas aos 18 meses (52,87% contra 76,81%). As mesmas diferenças significativas podem ser observadas para FDA e lignina.

Considerando as plantas colhidas para ensilagem aos 18 meses, entende-se que os fatores climáticos, que conduziram as plantas ao nível extremo de desfolha, comprometeram sua qualidade nutricional. Componentes das frações vegetativas, tanto em função de fatores ambientais quanto fatores genotípicos, acarretam conseqüentemente na composição e digestibilidade da planta (MARCONDES et al., 2012).

Além do próprio conteúdo relacionado à parede celular, que confere menor digestibilidade dos alimentos, os teores de PB e CT acabam por favorecer o processo de degradação, tornando alimentos que apresentam maior conteúdo desses nutrientes mais propensos para digestão ruminal.

Os desdobramentos das interações entre os fatores cultivar e corte podem ser observados nas Tabelas 13 e 14. No desdobramento da DIVMS, na idade de 8 meses, a cultivar BRS CS01 apresentou o melhor coeficiente, seguida em ordem decrescente por

IPR-Paraguinha, BRS 420 e BRS 399. No corte aos 18 meses, houve destaque favorável a BRS 420, seguida por BRS 399, BRS CS01 e IPR-Paraguinha, sendo que nesta idade de corte não foi encontrada diferença significativa para a variável.

Para a variável DIVMS (Tabela 14), o desdobramento da interação cultivar x corte mostra que há diferenças significativas ($p < 0,001$) para a idade de corte aos 8 meses. Estes desdobramentos (Tabela 14 e 15) mostram que, tanto para a DIVMS quanto para a DIVMO, as cultivares e idades de corte tiveram um impacto significativo nos coeficientes de digestibilidade *in vitro*.

Tais interações indicam que a escolha da cultivar e da idade de corte podem determinar diretamente a digestibilidade da silagem. Portanto, torna-se importante sempre considerar estes fatores ao avaliar a qualidade nutricional e o processo de decisão relacionado ao manejo da cultura, visando obter melhores indicadores no que diz respeito ao uso destes alimentos na nutrição animal.

Tabela 14. Desdobramento da interação cultivar vs idade de corte sobre o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Idade de corte	DIVMS		P-valor ¹
	8 meses	18 meses	
Cultivar			
BRS399	63,54 bA	56,93 aB	<0,001
BRS420	64,95 abA	57,04 aB	<0,001
BRSCS01	68,42 aA	49,55 bB	<0,001
IPR-Paraguinha	67,40 abA	39,16 cB	<0,001
P-valor ¹	<0,001	0,014	

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora seja possível observar diferenças significativas entres os coeficientes de digestibilidade da MS apresentados pelas cultivares entre as duas idade de corte ($P < 0,001$), tais idades e, principalmente, as condições já mencionadas no experimento devem servir de referência para evitar cortes de materiais durante ou após o inverno, sob pena de comprometer drasticamente a qualidade nutricional do volumoso obtido. Contudo, reitera-se que tal comportamento não foi observado para a digestibilidade *in vitro* da MO encontrada no estudo.

Tabela 15. Desdobramento da interação cultivar vs idade de corte sobre o coeficiente de digestibilidade in vitro da matéria seca.

DIVMO			
Idade de corte	8 meses	18 meses	P-valor ¹
Cultivar			
BRS399	70,27 A	62,91 abB	<0,001
BRS420	69,94 A	65,14 aB	0,018
BRSCS01	73,28 A	60,30 bB	<0,001
IPR-Paraguainha	71,29 A	46,91 cB	<0,001
P-valor ¹	0,404	<0,001	

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os efeitos da interação tripla observada entre cultivar, idade de corte e tempo de ensilagem podem ser observados na Figura 2. Os efeitos cultivar e tempo de ensilagem foram separados para gráficos em diferentes idades de corte. Nelas, evidencia-se a cultivar IPR-Paraguainha com maiores teores de FDA e celulose na idade de corte de 18 meses, independentemente do tempo de abertura do silo.

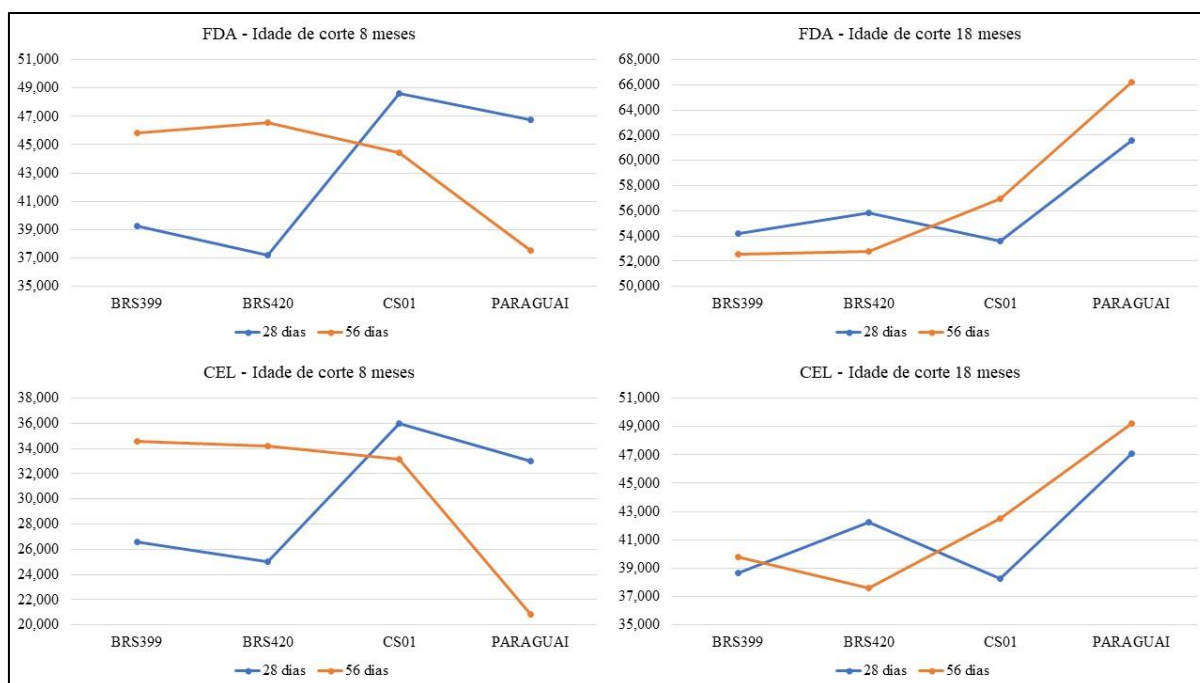


Figura 2. Efeitos da interação tripla entre cultivar e tempo de ensilagem nas diferentes idades de corte sobre as variáveis FDA e celulose (CEL)

4.4 Conclusões

As silagens confeccionadas a partir de plantas colhidas aos 8 meses apresentaram parâmetros bromatológicos superiores em relação às plantas colhidas aos 18 meses, principalmente no que tange ao teor de FDN, FDA, lignina e proteína bruta. Os fatores cultivar, tempo de ensilagem não tiveram impactos significativos nas variáveis observadas, em que acredita-se que a idade de corte foi preponderante para estas respostas. Os ensaios de digestibilidade *in vitro* apresentaram resultados interessantes para eleger o terço superior da mandioca como uma boa opção de alimento alternativo, desde que a colheita do material não seja realizada após o processo de repouso fisiológico das plantas durante o inverno, o que acarretou em redução do valor nutricional nesse estudo.

4.5 Referências Bibliográficas

- ANDRADE, I.B. **Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído**. 2021. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16. ed., Arlington: AOAC International, 1990. 1025p. TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v18, n.2, p.104-111, 1963.
- AZEVEDO, E.B.; NORNBORG, J.L.; KESSLER, J.D.; BRUNING, G.; DAVID, D.B.; FALKENBERG, J.R.; CHIELLE, Z.G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1902-1908, 2006
- CARVALHO NETO, O. e WALTRICK de BEM, C. H. Mandioca. In: 6º SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba : FEALQ, Utilização de Resíduos Culturais e de Beneficiamento na Alimentação de Bovinos. 1994. p.215-228.
- FAUSTINO, J.O.; SANTOS, G.T.; MODESTO, E.C.; et al. Efeito da ensilagem do terço superior da rama de mandioca triturada ou inteira e dos tempos de armazenamento. **Acta Scientiarum**, v.25, n.2, p.403-410, 2003.
- FERREIRA, G.D.G; OLIVEIRA, R.L.; CARDOSO, E.C.; et al. Valor nutritivo de co-produtos da Mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.8, n.4, p.364-374, 2007.
- GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. 1975. Forage fiber analyses (apparatus, regents, procedures, and some applications) Agriculture Handbook 379. United States Department of Agriculture. 20p.
- HAMMOND, K. J.; JONES, A. K.; HUMPHRIES, D. J. Effects of diet forage source and neutral detergent fiber content on milk production of dairy cattle and methane emissions determined using Green Feed and respiration chamber techniques. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 10, p. 7904–7917, 2016.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 171794, 1999.
- LI, M.; ZI, X.; ZHOU, H.; LV, R.; TANG, J.; CAI, Y. Silage fermentation and ruminal degradation of cassava foliage prepared with microbial additive. **Amb Express**. v.9, n.180, p1-6, 2019.
- MARQUES, K.M.S., ROCHA JÚNIOR, V.R.; REIS, S.T. et al. Cinética de fermentação" in vitro" de silagens da parte aérea de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, 2013.
- MERTENS, D.R. Regulation of Forage Intake. In: FAHEY JR., G.C. **Forage Quality, Evaluation and Utilization**, Cap.11. 1994. P.450-493.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; SILVA-KAZAMA, D.C.; VILELA, D. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.137-146, 2004.

- MODESTO, E. C., SANTOS, G. T. D., ZAMBOM, M. A. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 944-950, 2008.
- MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; DAMASCENO, J. C. et al. Inclusão de silagem de rama de mandioca em substituição à pastagem na alimentação de vacas em lactação: produção, qualidade do leite e da gordura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 1, p. 174–181, 2009.
- MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; JOBIM, C. C. Substituição da silagem de milho pela silagem de rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 4, 2007
- MOTA, A.D.S.; ROCHA JUNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.; REIS, S.T.; TOMICH, T.R.; CALDEIRA, L.A.; MENEZES, G.C.C.; COSTA, M.D. Perfil fermentativo 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.
- NASCIMENTO, T.V.C. **Terço superior da mandioca ensilado com tanino condensado: qualidade da silagem e uso na alimentação de cabras leiteiras**. 2016, 104f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington, D.C.: 2001. 381p
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger: Princípios de Bioquímica**. 3.ed.São Paulo: Sarvier, 2002.
- OLIVEIRA, J.P. **Valor nutritivo do feno e da silagem da parte aérea da mandioca (Manihot esculenta Crantz) cv IAC 12.829**. 1984, 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras
- OLIVEIRA JUNIOS, A.R.B. **Balanço de nutrientes em silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Zootecnia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- R CORE TEAM (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <<http://R-project.org/>>
- REVINDRAN, V.; BLAIR, R.; Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. **Journal World Poultry Sciences**, v. 48, p.205.231, 1992.
- REVINDRAN, V.; RAJAGURU, A. S. B. Effect of stem pruning on cassava root yield and leaf growth. **Journal of Agricultural Science**, v. 25, p. 32-37, 1988.
- REVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, n. 2, p. 141-150, 1993.
- SOUZA, A.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MOTA, Á.D.S. et al. Valor nutricional de frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n. 2, 2011.
- SOUZA, C.M. **Silagem do terço superior da mandioca com resíduo de tamarindo e seu uso na terminação de cordeiros**. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- TININI, R. C. R.; ZAMBOM, M. A.; DESSBESELL, J. G. et al. Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 24, n. 1cont, 2021.
- TOMICH, T. R. Valor nutritivo de silagens confeccionadas com diferentes frações da parte aérea de duas variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.3, suplemento especial, p.198-201, 2008.
- VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A.; SILVA, B.C.; CHIZZOTTI, M.L.; BISSARO, L.Z. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. 2018. Disponível em: www.cqbal.com.br
- VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. **In... Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ**, 2000. p.267- 338.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VIENNASSAY, B.; WANAPAT, M.; PHESATCHA, K., et al. Replacement of rice straw with cassava-top silage on rumen ecology, fermentation and nutriente digestibilities in dairy steers. **Animal Production Science**, disponível em www.publish.csiro.au/journal/an, Acesso em 22 novembro 2022
- WANAPAT, M.; PURAMONGKON, T.; SIPHUAK, W. Feeding of Cassava Hay for Lactating Dairy Cows. **Asian Australian Journal Animal Sciences**, v.13, n.4, p.478-482, 2000
- WANAPAT, M.; PHESATCHA, K.; VIENNASSAY, B.; et al.[2018]. 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**, v.50 p.1539-1546, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-018-1593-8>> Acesso em: 10/10/2022.

5 Considerações finais

A colheita e processamento da parte aérea da mandioca com 18 meses, sobretudo nas condições regionais apresentadas naquele ano, prejudicaram o material ensilado. Considerando que a mandioca é uma planta que passa por períodos de repouso fisiológico (dormência), entende-se que isso impactou na manutenção do *stand* de folhas e, conseqüente, na qualidade bromatológica do material analisado.

No entanto, os parâmetros microbiológicos, relacionados ao processo fermentativo e as avaliações da digestibilidade *in vitro*, forneceram informações importantes que contribuíram com outros aspectos, confirmando, portanto, a possibilidade real de se considerar a silagem do terço superior da rama de mandioca na nutrição de ruminantes, principalmente em dietas onde se pode admitir maiores conteúdos de FDN.

ANEXO I

DESCRITORES MORFOLÓGICOS DAS CULTIVARES EMBRAPA (BRS)

N	Descritor	Identificação	BRS CS 01	BRS 420	BRS 399
1	Planta: pubescência das folhas jovens	1- ausente; 2 – presente	1	1	1
2	Planta: altura	3 – baixa; 5- média; 7 – alta	5	5	5
3	Caule: hábito de crescimento	1 – reto; 2 – zig-zag	1	1	1
4	Raiz: presença de pedunculo	1 – ausente; 2- presente	1	2	1
5	Raiz: cor externa da película	1 – branca; 2 – creme; 3- amarela; 4- marron clara; 5 – marron escura	4	4	4
6	Raiz: cor do córtex	1 – branca; 2 – creme; 3- amarela; 4- rosada; 5 – arroxeadada; 6 – púrpura	1	1	5
7	Raiz: forma	1 – cônica; 2 – cônico-cilíndrica; 3 – cilíndrica	3	2	2
8	Raiz: comprimento	3 – curta; 5- média; 7 – longa	5	5	7
9	Raiz: diâmetro	3 – pequeno; 5- médio; 7 – grande	3	5	7
10	Raiz: textura da epiderme	1 – lisa; 2 – rugosa	1	2	2
11	Caule: ramificações primárias	1 – uma; 2 – duas; 3 – três; 4 – quatro; 5 – mais de quatro	3	2	3
12	Caule: coloração epiderme externa	1 – alaranjada; 2 – verde amarelada; 3 – dourada; 4 – marron clara; 5 – prateada; 6 – cinza; 7 – marron escura	4	7	7
13	Caule: coloração epiderme interna	1 – creme; 2 – marron clara; 3 – alaranjada; 4- marron escura; 5 – arroxeadada	4	4	2
14	Caule: coloração do córtex	1 – amarela; 2 – verde clara; 3 – verde escura; 4 – arroxeadada	2	3	3
15	Caule: comprimento da filotaxia	3 – curto; 5 – médio; 7 – longo	3	5	7
16	Folha: Coloração da folha apical	1 – verde clara; 2 – verde escura; 3 – verde arroxeadada; 4 – roxa	1	3	3

17	Coloração da folha desenvolvida	1 – verde claro; 2 – verde escuro; 3 – verde arroxeado; 4 – roxo	1	1	2
18	Coloração da nervura central	1 – verde; 2 – verde avermelhada; 3 – vermelho esverdeado; 4 – vermelha; 5 – roxa	1	1	1
19	Número predominante de lóbulos	1 – um; 2 – três; 3 – cinco; 4 – sete; 5 – nove; 6 – onze	4	4	4
20	Folha: forma do lóbulo central	1 – ovóide; 2 – elíptica-lanceolada; 3 – obovada-lanceolada; 4 – oblongo-lanceolada; 5 – lanceolada; 6 – reta ou linear; 7 – 87endurada; 8 – linear-piramidal; 9 – linear-pandurada	4	2	5
21	Sinuosidade do lóbulo central	1 – ausente; 2- presente	1	1	1
22	Proeminência das gemas	3 – baixa; 5- média; 7 – alta	3	3	5
23	Pecíolo: coloração	1 – verde amarelada; 2 – verde; 3 – verde avermelhada; 4 – vermelho esverdeado; 5 – vermelha; 6 – roxa	4	3	4
24	Pecíolo: posição	3 – semi-ereta; 5 – horizontal; 7 – semi-decumbente	3	5	
25	Pecíolo: estípulas	1 – ausente; 2- presente	2	2	2
26	Floração: ausente/presente	1 – ausente; 2- presente	2	1	1
27	Flor: cor da sépala	1 – branca; 2 – creme; 3 – laranja; 4 – verde; 5 – vermelha; 6 – roxa	2		
28	Flor: cor do disco	1 – branca; 2 – creme; 3 – laranja; 4 – verde; 5 – vermelha; 6 – roxa	3		
29	Flor: cor do estigma	1 – branca; 2 – creme; 3 – laranja; 4 – verde; 5 – vermelha; 6 – roxa	2		
30	Flor: cor do ovário	1 – branca; 2 – creme; 3 – laranja; 4 – verde; 5 – vermelha; 6 – roxa	4		
31	Flor: cor das anteras	1 – creme; 2 – amarela	2		
32	Flor: presença de estames	1 – ausente; 2- presente	2		

33	Flor: presença de pólen	1 – ausente; 2- presente	2		
34	Fruto: formação	1 – ausente; 2- presente	2		
35	Fruto: rugosidade do exocarpo	1 – ausente ou fraca; 3 – média; 5 – forte	1		
36	Semente: cor do carúnculo	1 – branca; 2 – creme; 3 – rosada; 4 – vermelha; 5 – roxa			

FONTE: RNC – Registro Nacional de Cultivares – Ministério da Agricultura

ANEXO II

DESCRITORES MORFOLÓGICOS IPR-PARAGUAINHA

Cor da folha apical	Verde arroxeado
Pubescência do broto apical	Presente
Forma do lóbulo central	Reta ou linear
Cor do pecíolo	Vermelho
Cor externa do caule	Verde amarelado
Comprimento da filotaxia	Médio (8 a 15 cm entre folhas do mesmo plano)
Proeminência das cicatrizes foliares	Proeminente
Hábito de ramificação	Ereto
Hábito de crescimento do caule	Reto
Tipo de planta	Cilíndrica
Cor externa da raiz	Marrom claro
Cor do córtex da raiz	Branco ou creme
Cor da polpa da raiz	Branca
Textura da epiderme da raiz	Lisa
Cor da folha desenvolvida	Verde escuro
Cor da nervura	Verde
Número de lóbulos	9. 5 a 9
Comprimento do lóbulo	20 cm
Largura do lóbulo	2,5 cm
Relação comprimento/largura do lóbulo central	8

Comprimento do pecíolo	22,5 cm
Posição do pecíolo	Horizontal
Constrições da raiz	Poucas ou nenhuma
Forma da raiz	Cônica cilíndrica

Fonte: IDR-Paraná IAPAR-EMATER