

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE
CURSO DE AGRONOMIA

ANA CRISTINA DE ARAÚJO FRANCO

PRODUÇÃO DE SILAGEM DO COPRODUTO DE AÇAÍ COM USO DE ADITIVOS
ABSORVENTES

HUMAITÁ-AM
2025

ANA CRISTINA DE ARAÚJO FRANCO

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DO COPRODUTO DE AÇAÍ COM USO DE ADITIVOS
ABSORVENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Me. Taylon Antonio Sales da Silva

HUMAITÁ-AM

2025

ANA CRISTINA DE ARAUJO FRANCO

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DO COPRODUTO DE AÇAÍ COM USO DE ADITIVOS
ABSORVENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

APROVAÇÃO em 10 de dezembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me Taylon Antonio Sales da Silva, Presidente
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM

Prof. Dr. Deyvid Carvalho Maranhão, Membro
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM

Prof. Dr. Perla Joana Sousa Gondim, Membro
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM

DEDICATÓRIA

Primeiramente, quero agradecer a Deus por me fortalecer a cada dia e por me conceder força e sabedoria para continuar caminhando e superar todos os desafios que surgem, quero a agradecer aos meus pais, ao meu esposo, pelo apoio constante, aos meus irmãos, amigas (o) e ao meu orientador, que sempre acreditaram em meu potencial e estiveram ao meu lado em cada etapa desta caminhada. A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu alcançasse este tão sonhado diploma, deixo minha profunda gratidão.

“Consagre ao senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos. ”
Provérbios16:3

RESUMO

A utilização de coprodutos da indústria de processamento de frutas pode ajudar na melhoria do valor nutricional das silagens para utilização na nutrição animal. Objetiva-se avaliar a produção de silagem elaborada a partir do coproduto de açaí, utilizando diferentes aditivos absorventes. Coproduto do açaí (CA), milho moído (MiM), farelo desidratado da casca da mandioca, (FDCM) e coproduto da colheita de arroz (CCA). O experimento foi conduzido no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA), as análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios Fitotecnia e Química da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), *Campus Vale do Rio Madeira (CVRM)*, localizado em Humaitá – AM. As silagens experimentais ficaram armazenadas por 62 dias e, após esse período foram abertos para coleta das amostras. Foram analisados os teores de matéria (MS), matéria mineral (MM), perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE), pH e temperatura. O delineamento experimental consistiu em quatro tratamentos, avaliados com base nos parâmetros fermentativos e bromatológicos. Os resultados indicaram que os aditivos tiveram um impacto direto nas perdas e na estabilidade da fermentação, com o milho moído se destacando como o tratamento mais eficaz, apresentando menores perdas e uma fermentação de melhor qualidade. Conclui-se que a inclusão de aditivos absorventes pode aprimorar a qualidade da silagem do coproduto do açaí e diminuir as perdas durante a conservação.

Palavras-chave: Agroindústria. Conservação. Fermentação. Matéria seca. Mini Silo.

ABSTRACT

The use of by-products from the fruit processing industry can help improve the nutritional value of silages for use in animal nutrition. The objective is to evaluate the production of silage made from açai by-product, using different absorbent additives. Açai by-product (CA), ground corn (MiM), dehydrated cassava peel bran (FDCM), and rice harvest by-product (CCA). The experiment was conducted at the Institute of Education, Agriculture and Environment (IEAA), and laboratory analyses were performed at the Phytotechnics and Chemistry Laboratories of the Federal University of Amazonas (UFAM), Vale do Rio Madeira Campus (CVRM), located in Humaitá – AM. The experimental silages were stored for 62 days and, after this period, were opened to collect samples. The levels of matter (MS), mineral matter (MM), gas losses (PG), effluent losses (PE), pH, and temperature were verified. The experimental design consisted of four treatments, evaluated based on fermentative and bromatological parameters. The results indicated that the additives had a direct impact on losses and fermentation stability, with ground corn standing out as the most effective treatment, showing lower losses and better quality fermentation. It is concluded that the inclusion of absorbent additives can improve the quality of açai byproduct silage and reduce losses during storage.

Key-words: Agribusiness. Conservation. Fermentation. Dry matter. Mini silo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A - Organização e higienização dos minis silos; B - Armazenamento e secagem dos minis silos; C - Tampas do mini silos.....	37
Figura 2 – A - Coproduto de Açaí com Coproduto da Colheita de Arroz; B - Com o Milho moído; C - Com Resíduo da Casca da Mandioca Desidratado.	38
Figura 3 - Silagem compactada, minis silos vedados.....	39
Figura 4 - Amostras para secagem após a abertura.....	40
Figura 5 - Aferição de temperatura.....	41
Figura 6 - Aferição de pH.....	42
Figura 7 - Amostras para Aferição de pH.	43
Figura 8 - Moagem das amostras a 1mm no moinho de facas.....	44
Figura 9 - Balança analítica de precisão.	45
Figura 10 - Amostras para análise de matéria seca e matéria mineral.....	46
Figura 11 - Dessecador com amostras.	47

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Composição dos ingredientes utilizados para confecção das silagens.....	24
Tabela 2 - Valores de perdas por gases, por efluentes e pH, da silagem do coproduto do açaí com 18% de inclusão na matéria natural de diferentes aditivos absorventes.....	27
Tabela 3 - Valores matéria seca e matéria mineral da silagem do coproduto do açaí com 18% de inclusão na matéria natural de diferentes aditivos absorventes.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.1.1 Objetivo Específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Importância Socioeconômica da Cadeia Produtiva do Açaí na Região Norte e no Contexto Nacional	13
3.2 Uso do Caroco do Açaí na Alimentação Animal	14
3.3 Ensilagem na Alimentação Animal.....	16
3.4 Uso de Aditivos Absorventes na Silagem	18
3.5 Potencial do Caroco de Açaí na Alimentação Animal	21
4. METODOLOGIA	23
4.1 ÁREA DO ESTUDO E EXPERIMENTAL.....	23
4.2 Aquisição dos Insumos	23
4.3 Tratamentos e Delineamento Experimental.....	24
4.4 Preparo do Experimento	25
4.5 Análises Laboratoriais	26
4.6 Avaliação de Perdas.....	26
4.7 Análise Estatísticas	27
5. RESULTADO	27
5.1 PERDAS, PH E TEMPERATURA.....	27
5.2 Valores de Matéria Seca e Matéria Mineral	28
6. DISCUSSÕES	29
7. CONCLUSÃO	31
8. REFERÊNCIA	33
9. APÊNDICE	37

1. INTRODUÇÃO

A conservação de insumos para formulação de ração pode assegurar o fornecimento regular de alimento para os ruminantes durante a seca, período no qual ocorrerá a escassez de alimentos nas áreas de pastagens.

Dentre as técnicas de conservação, a mais viável para a região seria a ensilagem, contudo, a qualidade da silagem dependerá do teor de matéria seca que deve ser de 28 a 34%, da máxima quantidade de carboidratos solúveis e do baixo poder tampão para permitir a redução do pH da silagem até valores entre 3,8 e 4,0 (McCullough, 1977), garantindo assim sua conservação.

Alternativas para aumentar o teor de matéria seca e o aporte de carboidratos solúveis no material a ser ensilado têm sido amplamente estudadas. A adição de aditivos tem sido adotada com sucesso para a produção de silagem de qualidade (Tosi et al., 1995; Tosi et al., 1999; Carvalho et al., 2006). Entre os aditivos com potencial de utilização, destacam-se os coprodutos de agroindústrias, pois apresentam elevados teores de matéria seca e carboidratos solúveis. Após secos, estes produtos podem ser utilizados na alimentação animal, seja na forma de farelo ou in natura.

A Amazônia apresenta uma diversidade de espécies frutíferas nativas com potencial para exploração econômica. O açaí (*Euterpe spp.*) tradicionalmente tem se destacado pela crescente demanda global de seu suco e produtos derivados, gerando grandes quantidades de “resíduos” (coproduto), o qual pode ser utilizado como alternativas sustentáveis na prática, direcionando esse resíduo à subproduto, para que seja aproveitado com máxima eficiência para que haja melhorias e beneficiamento de produto na alimentação animal (Martinelli et al., 2020).

O descarte incorreto dos resíduos provenientes da agroindústria, tal como o subproduto do açaí, pode acarretar prejuízos ambientais, pois podem afetar o solo, a água e o ar, trazendo grandes prejuízos para o ecossistema. Logo, a utilização de coprodutos da indústria de processamento de frutas, grãos e raízes podem ajudar na melhoria do valor nutricional das silagens e reduzir a contaminação do ambiente.

A produção de silagem do coproduto do açaí, principalmente os caroços, cascas e demais partes da fruta é prática benéfica a agricultura familiar, pois a isto pode fomentar a produção de silagem, desde que aplicadas tecnologias adequadas.

Uma estratégia para melhorar a qualidade desse coproduto é a adição de ingredientes alternativos regionais, como aditivos absorventes, que podem ser utilizados no processo de ensilagem com o intuito de reduzir os riscos do processo, atenuando perdas de matéria seca (MS). O aproveitamento desse coproduto em silagem, torna-se uma técnica de conservação sustentável, permitindo a melhoria no armazenamento e boa qualidade nutricional para o período de seca (Goulart et al., 2016).

Os coprodutos das agroindústrias do Açaí são ricos em fibras, uma vez feita a fermentação de maneira correta, podemos fornecer alimentos ricos em carboidratos e proteínas, potencializando a saúde animal com o desempenho animal (Martinelli et al., 2020).

A utilização de aditivos absorventes, torna-se uma estratégia eficaz no processo de ensilagem. Esses aditivos podem promover a fermentação concentrada, aumentando a digestibilidade e reduzindo perdas dos nutrientes durante o processo (Brandão et al., 2013).

Considerando os experimentos realizados por Neiva et al., (2002), Neiva et al., (2006), Cysne et al., (2006), Ferreira et al., (2007), Cruz et al., (2010), Teles et al., (2010) e Ferreira et al., (2010) foi verificado aumento da MS da silagem com a adição dos resíduos de maracujá, goiaba, graviola, abacaxi, casca do maracujá desidratada, caju e acerola, respectivamente. Nesse sentido acredita-se que a utilização de coprodutos da indústria de processamento de frutas pode ajudar na melhoria do valor nutricional das silagens para utilização na nutrição animal.

1. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a produção de silagem elaborada a partir do coproduto de açaí, utilizando diferentes aditivos absorventes.

2.1.1 Objetivo Específicos

- Avaliar a qualidade das silagens utilizando aditivos absorventes;
- Contabilizar perdas por efluente; e
- Aferir a temperatura e pH.

2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância Socioeconômica da Cadeia Produtiva do Açaí na Região Norte e no Contexto Nacional

O açaí (*Euterpe spp.*), pertencente à família *Arecaceae*, destacando-se como uma das principais espécies nativas da região Amazônica com relevância ecológica, econômica e sociocultural. Sendo natural das áreas de várzea e igapó do estuário amazônico, essa palmeira é amplamente distribuída nos estados do Pará, Amapá, Amazonas, Maranhão, Tocantins e nas Guianas, consolidando-se como um dos Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNMs) de maior importância na Amazônia brasileira (Silva, 2021; Souza; Lima, 2019).

Assim, o fruto representa um dos pilares da economia extrativista amazônica. Estima-se que apenas o estado do Pará seja responsável por mais de 90% da produção nacional do fruto, conforme dados do IBGE (2023). Tal representatividade se reflete na geração de emprego e renda para milhares de famílias ribeirinhas, que se sustentam através do cultivo e coleta do fruto, bem como do beneficiamento e comercialização da polpa. Estudos demonstram que o consumo do açaí está profundamente enraizado na cultura alimentar do paraense, compondo refeições diárias com farinha de mandioca, peixe ou camarão, sobretudo em períodos de safra, quando o preço da polpa se torna mais acessível às populações de baixa renda (Silva, 2021).

A família *Arecaceae* é reconhecida como a terceira mais importante para o ser humano em termos ecológicos, alimentares, medicinais e econômicos (Soares et al., 2014; Johnson, 1998). No Brasil, são conhecidas cerca de 390 espécies dessa família, das quais aproximadamente 290 estão concentradas na Amazônia, o que evidencia a necessidade de valorização e pesquisa sobre seu aproveitamento (Oliveira; Rio, 2014). Dentre os gêneros de maior relevância econômica encontram-se *Euterpe*, *Astrocaryum*, *Oenocarpus* e *Mauritia*, cujas espécies são empregadas na produção de frutos, palmito, óleos e, mais recentemente, como matéria-prima alternativa para biocombustíveis (Souza; Lima, 2019).

Além de seu valor direto, o açaí integra os esforços de conservação ambiental e desenvolvimento sustentável. Segundo Young e Medeiros (2018), produtos oriundos de áreas protegidas, como o açaí extraído de reservas extrativistas, promovem não apenas a conservação da biodiversidade, mas também oportunidades de negócios sustentáveis com impacto econômico significativo. Esses produtos estão vinculados às Unidades de Conservação de uso sustentável, reconhecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que abrigam populações tradicionais e ribeirinhas cujo modo de vida depende diretamente da floresta.

Ainda que o potencial econômico e ambiental do açaí seja inquestionável, a cadeia produtiva enfrenta desafios tais como: i) a perecibilidade da polpa; ii) a ausência de tecnologias de armazenamento nas áreas mais remotas; iii) a carência de investimentos em infraestrutura. Outrossim, o subaproveitamento dos resíduos do açaí evidencia a necessidade de inovação tecnológica para a agregação de valor. O caroço de açaí é composto principalmente por fibras lignocelulósicas, com alto teor de celulose e hemicelulose, o que o torna um recurso potencial para diversas finalidades, tais como: a produção de energia, carvão vegetal e bioplástico até seu uso como ingrediente na alimentação animal, especialmente em forma de silagem (Silva, 2021; Homma, 2012).

Dito isso, a inserção do caroço de açaí na alimentação animal, por exemplo, abre novas perspectivas de aproveitamento integral da cadeia. Além de reduzir o impacto ambiental do descarte inadequado, essa reutilização contribui com benefícios econômicos e ambientais, estando diretamente ligado ao desenvolvimento local e à permanência das populações tradicionais em seus territórios. As comunidades extrativistas, assentamentos e agricultores familiares dependem dessa atividade para sua segurança alimentar e autonomia financeira, demonstrando que é possível gerar riqueza, conservar a floresta e manter modos de vida tradicionais em equilíbrio com o ambiente.

Portanto, o açaí não é apenas um alimento típico amazônico, mas algo estratégico para o desenvolvimento econômico, sociocultural e ambiental. A Amazônia detém os recursos, os saberes tradicionais e as condições ecológicas para consolidar cadeias produtivas sustentáveis. No entanto, o fortalecimento dessas cadeias passa necessariamente pela valorização do conhecimento local, apoio à agricultura familiar e investimento em tecnologias para aproveitamento integral do fruto e de seus resíduos. O cultivo e processamento do açaí estão diretamente ligados à soberania alimentar da região Norte e ao fortalecimento da bioeconomia amazônica, que busca integrar produção sustentável, valorização de saberes tradicionais e conservação dos ecossistemas.

3.2 Uso do Caroço do Açaí na Alimentação Animal

A intensificação da produção agroindustrial de açaí no Brasil, especialmente na região Norte, resultou no acúmulo crescente de resíduos, dos quais o caroço representa cerca de 80% a 85% do peso do fruto (Townsend et al., 2001; EMBRAPA, 2001). Embora historicamente negligenciado, subutilizado e descartado de forma inadequada, esse subproduto tem atraído interesse crescente como insumo alternativo na alimentação animal, especialmente em sistemas de produção familiar e de baixo custo. O caroço de açaí, rico em fibras e de ampla

disponibilidade sazonal, apresenta potencial como fonte de volumoso e ingrediente fibroso em dietas para ruminantes e, em menor escala, para monogástricos.

Estudos bromatológicos demonstram que o caroço de açaí é um subproduto com altos teores de fibra e baixo teor proteico. As análises realizadas pela Embrapa Rondônia revelam conteúdo de matéria seca (MS) entre 62% e 66%, proteína bruta (PB) entre 4,0% e 5,3%, fibra bruta (FB) entre 34% e 38%, além de elevada presença de fibra em detergente neutro (FDN até 93,9%) e fibra em detergente ácido (FDA até 73,3%) (EMBRAPA, 2001). O baixo teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), estimado em 37% a 39%, indica limitações quanto ao fornecimento energético, sendo mais viável seu uso como fonte de fibra para ruminantes (TOWNSEND et al., 1997).

Além disso, o caroço contém compostos secundários como inulina e taninos, que prejudicam a digestibilidade e a palatabilidade, especialmente para monogástricos, como suínos e aves (Kabacznik, 1999; Altman, 1956). Essa característica exige cuidados quanto ao uso indiscriminado do subproduto, que, apesar de acessível, necessita de processamento adequado para ampliar seu aproveitamento nutricional.

A literatura técnica aponta que a inclusão do caroço de açaí na dieta de bovinos pode ser viável, desde que sua proporção na dieta total seja controlada. Pesquisas realizadas no Acre demonstraram que bovinos alimentados com rações contendo caroço de açaí moído, durante o período de transição águas-seca, apresentaram manutenção do ganho médio diário de peso, além de redução no custo com suplementação quando comparados ao uso exclusivo de milho (Castro et al., 2018).

Tais resultados indicam que o caroço, quando moído ou processado, pode ser utilizado como fonte de volumoso ou fibra estrutural em dietas para ruminantes, especialmente em sistemas de pasto com baixa disponibilidade de forragem durante o verão amazônico. Contudo, a elevada lignificação da parede celular vegetal limita a digestibilidade da fração fibrosa, exigindo tratamentos físico-químicos para desbloqueio da estrutura (RODRIGUES FILHO et al., 1993).

Ainda segundo a Embrapa, o uso do caroço pode ser mais eficaz se associado a outras fontes energéticas ou proteicas, como polpa de citros, ureia ou farelo de soja, compondo dietas mais balanceadas e palatáveis para bovinos leiteiros e de corte (EMBRAPA, 2001).

Logo, é importante mensurar que, o uso do caroço de açaí na alimentação de suínos e aves deve ser mais restrito e delimitado, principalmente devido à baixa digestibilidade e ao sabor amargo conferido pela inulina (Kabacznik, 1999). Em um ensaio experimental conduzido no sul do Amazonas, observou-se que suínos alimentados com dietas contendo 10% de caroço de açaí moído apresentaram redução no consumo voluntário e menor conversão alimentar em comparação ao grupo controle (Santos et al., 2017). No entanto, os autores ressaltam que, com o uso de pré-tratamentos, como fermentação ou extrusão térmica, é possível melhorar o aproveitamento do subproduto em formulações específicas.

Desse modo, o aproveitamento desse subproduto em pequenas propriedades também possui grande relevância socioeconômica para o contexto amazônico. Como aponta um estudo conduzido por Silva et al. (2020) na região de Autazes-AM demonstrou que produtores familiares têm utilizado o subproduto em dietas para caprinos, ovinos e bovinos, principalmente como substituto parcial de capins nativos ou palhada seca. A pesquisa aponta que o uso local do caroço, em forma triturada ou misturada a resíduos de outras culturas (como o farelo de babaçu), contribui para redução dos custos com alimentação e mitigação do descarte inadequado dos resíduos agroindustriais.

Ademais, o aproveitamento do caroço dentro da própria região de produção evita o acúmulo de resíduos em feiras, mercados e áreas urbanas, como frequentemente ocorre nos centros de processamento artesanal de açaí. Essa prática contribui para a sustentabilidade ambiental e o fortalecimento de sistemas agroecológicos, alinhados aos princípios da economia circular.

Apesar de promissor, o uso do caroço de açaí ainda apresenta limitações significativas. Seu valor energético é baixo, o conteúdo proteico é inferior ao mínimo recomendado para ruminantes (7%), e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica permanece abaixo de 45% (EMBRAPA, 2001). A presença de lignina, celulose cristalina e taninos torna necessária a adoção de tratamentos físicos (trituração, moagem), químicos (uso de ureia ou soda cáustica) ou biológicos (fermentação anaeróbica) para liberação dos nutrientes e aumento da digestibilidade (RODRIGUES FILHO et al., 1993; SILVA et al., 2020).

Assim, entende-se que a inclusão do caroço na dieta de ruminantes não ultrapasse 20% da matéria seca total, e que seu uso esteja sempre acompanhado de outras fontes energéticas e proteicas.

3.3 Ensilagem na Alimentação Animal

A ensilagem é um dos principais métodos de conservação de forragens utilizado na alimentação animal, especialmente em sistemas pecuários de corte e leite, devido à sua capacidade de garantir a oferta de alimento volumoso durante os períodos de escassez, como o da estiagem amazônica. Esse processo visa preservar o valor nutritivo das forragens ao longo do tempo, especialmente durante períodos de escassez como a seca ou entressafra forrageira (Silva; Rodrigues, 2021). A sua relevância é ainda mais significativa no contexto amazônico, onde as variações sazonais impactam diretamente a produção de pasto, tornando a conservação de forragens uma necessidade estratégica.

A técnica consiste na compactação e vedação hermética do material vegetal fresco em silos, de forma a promover a fermentação láctica por bactérias ácido-láticas (BAL), responsáveis pela conversão de açúcares solúveis em ácido láctico. Isso resulta na rápida queda do pH (ideal entre 3,8 e 4,5), inibindo o crescimento de microrganismos deterioradores como fungos e bactérias butíricas (Pedroso; Carvalho, 2006). O sucesso da ensilagem depende de fatores como o teor de matéria seca (ideal entre 30-35%), o conteúdo de carboidratos solúveis, o grau de compactação e a vedação eficiente (Oliveira et al., 2024).

O processo de ensilagem ocorre em quatro fases: i) aeróbia; ii) fermentativa; iii) estável; iv) utilização. A fase aeróbia, que dura poucas horas após a ensilagem, é caracterizada pela degradação de carboidratos pela respiração celular, sendo crucial que seja curta para evitar perdas nutricionais. A fase fermentativa, de 7 a 21 dias, é quando predominam as BAL, convertendo açúcares solúveis em ácido láctico, o que reduz o pH para níveis entre 3,8 e 4,2 – intervalo considerado ideal para a preservação da silagem (Müller, 2005; Jobim et al., 2007). Já na fase estável, a silagem permanece conservada por vários meses, desde que não haja entrada de oxigênio. Por fim, na fase de utilização, o material é exposto ao ar e corre risco de deterioração, devendo ser utilizado rapidamente.

No Brasil, cuja base da alimentação animal está assentada nas pastagens, a ensilagem vem se consolidando como uma das principais estratégias para garantir estabilidade na produção animal, sobretudo em sistemas de pecuária de leite e de corte. Nas regiões Norte e Nordeste, caracterizadas por climas úmidos e solos pobres, a prática da ensilagem tem sido fundamental para minimizar perdas durante a entressafra e assegurar produtividade durante o ano todo (Rodrigues, 2021).

A ensilagem proporciona diversos benefícios zootécnicos e econômicos. Permitindo a estocagem de forragem com menor perda de nutrientes, otimizando o uso de áreas agrícolas,

viabilizando a utilização de excedentes da produção e melhorando o manejo alimentar dos rebanhos. Além disso, é uma ferramenta estratégica para pequenas e médias propriedades, pois garante segurança alimentar do rebanho no período seco, contribuindo para a manutenção da produção de leite e carne (Rodrigues, 2021; Oliveira, 2023).

Desse modo, a utilização de resíduos agroindustriais na silagem é uma alternativa cada vez mais estudada e aplicada, especialmente em regiões onde esses subprodutos estão disponíveis em grande volume. Segundo Rodrigues (2021), resíduos como o do abacaxi, maracujá, caju e, mais recentemente, do açaí, apresentam características nutricionais que podem contribuir para a dieta dos ruminantes quando corretamente ensilados.

O caroço de açaí, apresenta alto teor de fibra bruta (acima de 35%) e baixo teor de matéria seca quando *in natura*, sendo necessário o uso de adjuntos como farelo de milho ou capins picados para viabilizar sua inclusão na silagem (Rodrigues, 2021). A ensilagem desse resíduo ajuda a reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado, ao mesmo tempo que proporciona uma solução nutricional de baixo custo para pequenos produtores da Amazônia.

Ainda segundo Rodrigues (2021), a inclusão de resíduos agroindustriais na silagem deve considerar fatores como o pH inicial, a relação entre carboidratos solúveis e nitrogênio, a palatabilidade e a ausência de compostos antinutricionais. Os processos como a hidrólise química e a pré-fermentação podem ser utilizados para melhorar a digestibilidade e o valor energético desses materiais.

Dito isso, uma boa silagem deve apresentar odor agradável, cor esverdeada ou amarelada, textura úmida, mas sem escorrimento, e pH ácido entre 3,8 e 4,2. Os teores elevados de amônia (>10% do nitrogênio total) ou presença de mofos indicam falhas na fermentação. De acordo com Jobim et al. (2007), o controle do pH, da compactação e da vedação são os fatores mais críticos para garantir a estabilidade e qualidade do alimento ensilado.

No contexto amazônico, onde há alta umidade relativa e difícil acesso a tecnologias avançadas, a utilização de técnicas simples e eficientes, como a silagem em sacos plásticos ou tambores herméticos, tem se mostrado uma alternativa viável. Além disso, o uso de *biochar* oriundo do caroço de açaí como condicionador do solo, conforme demonstrado Oliveira (2023), pode complementar estratégias integradas de produção agrícola e pecuária sustentável, com reaproveitamento de resíduos e fortalecimento da economia.

3.4 Uso de Aditivos Absorventes na silagem

A utilização de aditivos absorventes na silagem se destaca como uma estratégia indispensável para o aproveitamento zootécnico de coprodutos de elevada umidade, como o resíduo do açaí, amplamente gerado na região amazônica. Tais aditivos consistem em materiais secos, de origem vegetal ou agroindustrial, que apresentam elevada capacidade de retenção hídrica, sendo empregados para elevar a matéria seca (MS) e melhorar a fermentação da massa ensilada (Muck, 2010; Henderson; Heron, 1991). A necessidade desses aditivos se torna ainda mais evidente quando se trata de coprodutos amazônicos, cuja composição apresenta alto teor de água, fibras lignocelulósicas e baixo conteúdo de carboidratos solúveis, características que dificultam a compactação, a exclusão de oxigênio e a fermentação eficiente, resultando em perdas significativas de nutrientes (Pereira et al., 2021; Santos et al., 2022).

Em termos funcionais, os aditivos absorventes desempenham papéis cruciais no processo de conservação, influenciando dimensões físicas, microbiológicas e químicas da ensilagem. A elevação da MS, por exemplo, não apenas reduz a umidade excessiva, mas modifica a dinâmica microbiana no silo, favorecendo o desenvolvimento de bactérias lácticas homofermentativas, que convertem açúcares solúveis em ácido lático, promovendo um ambiente estável e com pH reduzido (McDonald; Henderson; Heron, 1991; Kung Jr., 2010). Silagens com MS insuficiente tendem a apresentar fermentações lentas, produção excessiva de efluentes e maior atividade de microrganismos indesejáveis, como enterobactérias e *Clostridium spp.*, resultando em perdas por gases, deterioração e redução da digestibilidade (Muck, 2010). Nesse sentido, adicionar materiais secos torna-se uma ferramenta tecnológica capaz de corrigir deficiências estruturais e bioquímicas da matéria-prima original.

Além disso, o uso de absorventes influencia diretamente as perdas por efluentes, uma das principais causas de redução de qualidade em silagens provenientes de coprodutos tropicais. Efluentes carregam parcela considerável dos nutrientes hidrossolúveis, como açúcares, compostos nitrogenados e minerais, prejudicando o valor nutricional final do alimento (Bernardes; Reis; Amaral, 2012). Ao aumentar a MS e modificar a consistência da massa ensilada, os aditivos reduzem a drenagem de líquidos e preservam a fração solúvel da matéria orgânica, contribuindo tanto para a qualidade nutricional quanto para a sustentabilidade ambiental do processo. Quando aplicados em resíduos amazônicos, como o açaí, esses benefícios se tornam ainda mais relevantes, considerando o elevado teor de água natural desse coproduto (geralmente acima de 70%) e sua tendência à produção excessiva de efluentes sem correção adequada (Pereira et al., 2021).

A diversidade de coprodutos agroindustriais utilizados como aditivos absorventes reflete a busca por soluções regionais, de baixo custo e ambientalmente sustentáveis. Entre os materiais mais estudados, o milho moído se destaca por apresentar duplo papel: absorve umidade e fornece carboidratos fermentescíveis, acelerando a acidificação e reduzindo as perdas por gases (Castro et al., 2020; Li et al., 2022). Já o farelo desidratado da casca de mandioca é reconhecido pela alta MS e pela boa capacidade de adsorção, sendo amplamente disponível em regiões tropicais e eficiente em silagens de resíduos frutíferos (Damasceno et al., 2019). A casca de arroz, apesar de elevada disponibilidade, apresenta alta matéria mineral e baixa higroscopicidade, o que limita seu desempenho como absorvente e pode aumentar a produção de efluentes, conforme relatado por Gomes et al. (2018). Esses dados indicam que a eficiência de um aditivo absorvente depende de sua composição físico-química, especialmente da relação entre MS, estrutura fibrosa e disponibilidade de carboidratos fermentescíveis.

Desse modo, a discussão sobre coprodutos absorventes não pode ser dissociada da compreensão do papel econômico e ambiental dos coprodutos agroindustriais nos sistemas produtivos contemporâneos. A crescente demanda por alimentos e o avanço da agroindústria ampliam a geração de resíduos orgânicos, e seu destino apropriado é um desafio de ordem ambiental e logística. Assim, o uso desses coprodutos na alimentação animal contribui para práticas produtivas baseadas na economia circular, reduzindo desperdícios e promovendo maior eficiência no uso de recursos naturais (Arriola et al., 2020). Esse aproveitamento ganha importância ainda maior em regiões como a Amazônia, onde a agroindústria do açaí movimentada grande volume de matéria-prima e gera toneladas de resíduos diariamente, muitas vezes descartados de forma inadequada.

Assim, sob essa perspectiva, transformar o resíduo do açaí em silagem de qualidade por meio do uso de aditivos absorventes não apenas atende a uma necessidade técnica de conservação, mas integra um modelo de valorização de recursos locais, fortalece sistemas produtivos regionais e contribui para políticas de sustentabilidade. Pesquisas recentes demonstram que coprodutos amazônicos, quando adequadamente processados, podem apresentar potencial nutritivo relevante, desde que sejam superados os desafios associados à umidade excessiva e às perdas fermentativas (PEREIRA et al., 2021; SANTOS et al., 2022).

Logo, observa-se que os aditivos absorventes desempenham papel multidimensional: estabilizam o processo fermentativo, reduzem perdas, preservam nutrientes, melhoram o valor nutricional final da silagem, viabilizam o aproveitamento de resíduos agroindustriais e

contribuem para a sustentabilidade ambiental. Esses elementos fundamentam, de maneira sólida, a pertinência da escolha metodológica adotada neste estudo e reforçam a relevância da investigação sobre o uso de aditivos absorventes na ensilagem do resíduo do açaí.

3.5 Potencial do Caroço de Açaí na Alimentação Animal

A cadeia produtiva do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), além de sua importância econômica e social na região amazônica, gera um enorme volume de resíduos orgânicos, sendo o caroço de açaí o principal subproduto. Diante desse contexto, cresce o interesse da comunidade científica e dos agricultores familiares por alternativas sustentáveis para o aproveitamento desse coproduto, especialmente na alimentação animal.

Os ruminantes apresentam vantagens fisiológicas para o aproveitamento de alimentos fibrosos como o caroço de açaí, graças à ação microbiana no rúmen. Gomes et al. (2012) testaram a inclusão de até 15% de caroço de açaí em dietas para ovinos e observaram desempenho satisfatório. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos Neta et al. (2019), em um estudo de degradabilidade ruminal com ovinos fistulados, que apontou valores de degradabilidade efetiva de 21,3% para matéria seca, 17,0% para FDN e 38,9% para proteína bruta.

Contudo, os altos teores de lignina e fibra indigestível exigem cautela, especialmente em fases de crescimento rápido ou lactação. A recomendação é a inclusão em teores baixos (até 10%) ou como parte de misturas com outros ingredientes de maior digestibilidade.

Assim, embora aves e suínos tenham menor capacidade de digestão de fibras, estudos indicam que o farelo de caroço de açaí (FCA), após retirada do mesocarpo e moagem fina, pode ser utilizado em proporções de até 10% em dietas de frangos de crescimento lento, sem prejuízo no desempenho zootécnico (Arruda et al., 2018). O mesmo estudo demonstrou que o uso do FCA não apenas manteve o desempenho das aves, como apresentou viabilidade econômica comparável à dieta controle. O aproveitamento da fração fibrosa como fonte parcial de energia (até 30% da energia de manutenção) também é relatado por Gomes et al. (2012), especialmente em dietas balanceadas com outros ingredientes de maior valor energético e proteico.

Dessa maneira, a inserção do caroço de açaí na alimentação animal é coerente com os princípios da agroecologia, especialmente em sistemas familiares da região amazônica. A produção de açaí no Amazonas ultrapassa 21 mil toneladas anuais (IBGE, 2017), o que representa um volume expressivo de resíduos agroindustriais ainda pouco aproveitados. Muitos produtores já utilizam o caroço de forma empírica, e estudos como os de Martinelli et al. (2020)

e do NUPEAS/UFAM (2015) vêm qualificando essa prática com base em evidências científicas.

Na comunidade do P.A. São Francisco, no sul do Amazonas, agricultores familiares foram capacitados a utilizar resíduos como o caroço de açaí na alimentação de bovinos, suínos e aves. As oficinas demonstraram que, quando processado adequadamente (moagem, torrefação, fermentação ou secagem), o caroço pode compor até 20% de dietas suplementares em sistemas integrados, contribuindo para a redução de custos e impactos ambientais (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

A utilização do caroço de açaí como insumo agropecuário representa uma ferramenta de economia para produtores, especialmente pela substituição parcial de ingredientes como milho e farelo de soja, cujos preços são voláteis. Pesquisas apontam que o uso do FCA em dietas para frangos e búfalas não apenas é economicamente viável, como também não afeta a qualidade dos produtos finais, como o queijo minas frescal (OLIVEIRA, 2020).

Do ponto de vista ambiental, o aproveitamento do caroço contribui para reduzir a pressão sobre os sistemas de descarte de resíduos sólidos urbanos e industriais. Além disso, seu uso como insumo valoriza as cadeias curtas, promovendo economia circular e inclusão produtiva.

Embora os estudos atuais demonstrem o potencial promissor do caroço de açaí como ingrediente alternativo, sua adoção em larga escala ainda é limitada por diversos fatores de ordem técnica, nutricional, econômica e estrutural. A principal barreira se refere à sua composição fibrosa complexa, composta por altos teores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e lignina, que restringem a digestibilidade, sobretudo em animais monogástricos (MARTINELLI et al., 2020; GOMES et al., 2012).

Outro fator limitante diz respeito ao baixo teor de proteína bruta (aproximadamente 4%), o que inviabiliza seu uso como fonte primária de nitrogênio para formulações de rações comerciais, exigindo a associação com fontes proteicas convencionais como o farelo de soja. Além disso, a variabilidade na composição nutricional entre diferentes lotes do resíduo (influenciada por fatores como clima, solo, método de extração da polpa, tempo de fermentação e umidade) torna necessária a padronização de amostras e protocolos de processamento (CUNHA et al., 2012; RODRIGUES FILHO et al., 1993).

Do ponto de vista operacional, a necessidade de processamento prévio (lavagem, fermentação, trituração ou secagem) para melhorar a palatabilidade, reduzir o volume e

aumentar a digestibilidade impõe obstáculos técnicos e logísticos, sobretudo em unidades de produção de base familiar, com acesso limitado a infraestrutura agroindustrial (SILVA et al., 2015).

No entanto, tais limitações não inviabilizam o uso do caroço de açaí na alimentação animal, mas sim reforçam a necessidade de investimentos em pesquisa aplicada e desenvolvimento de tecnologias acessíveis. Além disso, deve-se considerar o papel estratégico das universidades, institutos técnicos e cooperativas locais na capacitação dos produtores rurais, na difusão de tecnologias de aproveitamento de resíduos e no estímulo à pesquisa participativa. A articulação entre ciência, extensão rural e saberes tradicionais é fundamental para consolidar o uso do caroço de açaí como insumo viável nos sistemas agropecuários da região amazônica.

Assim, embora haja desafios a serem superados, as perspectivas para o uso do subproduto na alimentação animal são amplas e convergentes com os princípios da agroecologia, da sustentabilidade ambiental e da valorização dos recursos regionais. O avanço nesse campo depende do esforço conjunto entre instituições de pesquisa, produtores familiares, extensionistas e formuladores de políticas públicas.

3. METODOLOGIA

4.1 Área do Estudo e Experimental

O experimento foi conduzido no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA), as análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios Fitotecnia e Química da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), *Campus* Vale do Rio Madeira (CVRM), localizado em Humaitá – AM (7°30'54"S 63°01'43"W).

4.2 Aquisição dos Insumos

Os insumos utilizados foram obtidos de diferentes fontes localizadas no município de Humaitá, estado do Amazonas. O coproduto do açaí foi fornecido por uma indústria de processamento de açaí situada no município de Humaitá-AM. O farelo de milho foi adquirido em um estabelecimento comercial local, enquanto o resíduo da colheita do arroz foi proveniente de uma propriedade produtora de arroz localizada ao longo da rodovia BR-319, sentido Porto Velho (RO), nas proximidades do quilômetro 18. O resíduo da mandioca foi cedido por um produtor de farinha destinada ao consumo humano, localizado na Vicinal Alto Crato, zona rural do município de Humaitá-AM.

O processo de desidratação do resíduo foi realizado em uma área aberta adjacente ao IEAA/UFAM. Para a secagem, o material foi distribuído sobre uma tampa de caixa da água e exposto à radiação solar direta. Durante o processo, realizaram-se quatro revolvimentos diários do material, a fim de promover a homogeneização e evitar o desenvolvimento de microrganismos. Nos períodos vespertinos e em dias chuvosos, o material parcialmente seco foi amontoado, acondicionado em sacos de fibra e transferido para o laboratório, sendo novamente exposto ao sol no dia subsequente até a completa desidratação. Concluída esta etapa, o material foi submetido ao processo de trituração em um triturador de grãos, equipado com peneira de 5 mm, com o objetivo de uniformizar o tamanho das partículas e obter o farelo desidratado da casca de mandioca. A areia foi adquirida de uma loja de materiais de construção.

Tabela 1 - Composição dos ingredientes utilizados para confecção das silagens.

	Ingredientes			
	CA	MiM	FDCM	CCA
MS (%)	57,08	84,12	86,11	85,89
MM %	1,6	1,3	7,1	9,1

CA – Coproduto do Açaí, MiM – Milho moído, FDCM – Farelo desidratado da casca de mandioca, CCA – Coproduto da colheita de arroz, MS – matéria seca, MM – Matéria mineral

A Tabela 1 mostra as análises de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM) dos ingredientes utilizados na elaboração das silagens, que incluem o Coproduto do Açaí (CA), o Milho Moído (MiM), o Farelo Desidratado da Casca de Mandioca (FDCM) e o Coproduto da Colheita de Arroz (CCA). O coproduto do açaí mostrou um percentual de matéria seca de 57,08%, o que o classifica como um material naturalmente mais úmido em relação aos outros ingredientes analisados. Em contrapartida, o milho moído (MiM) apresentou 84,12% de matéria seca, enquanto o farelo desidratado da casca de mandioca (FDCM) e o coproduto da colheita de arroz (CCA) mostraram, respectivamente, 86,11% e 85,89% de matéria seca, indicando que esses ingredientes possuem níveis de umidade menores. Em relação ao teor de matéria mineral (MM), o coproduto do açaí mostrou um valor de 1,6%, próximo ao que foi observado no milho triturado (1,3%). O farelo seco da casca de mandioca revelou uma concentração mineral mais elevada, atingindo 7,1%, enquanto o coproduto obtido da colheita de arroz apresentou o maior percentual entre os ingredientes analisados, com 9,1%.

4.3 Tratamentos e delineamento experimental

- Coproduto de Açaí (CA)

- Coproduto de Açai+Milho Moído (CA+MiM)
- Coproduto de Açai+Farelo da Casca Mandioca Desidratada (CA+FCMD)
- Coproduto de Açai+Coproduto da Colheita do Arroz (CA+CCA)

Foram confeccionados 20 silos, contendo cinco minis silos de repetição dentro de cada tratamento.

O experimento seguiu delineamento do tipo blocos casualizados (DBC), dispostos em quatro tratamentos de inclusão de aditivos, sendo eles: CA (0% de inclusão de aditivos), CA+MiM (82% de Coproduto do Açai + 18% de inclusão de Milho moído), CA+FCMD (82% de Coproduto do Açai + 18% de inclusão do Farelo Desidratado da Casca da Mandioca) e CA+CCA (82% de Coproduto do Açai + 18% de inclusão do Resíduo da Colheita do Arroz) com base na matéria natural, peso/peso), com quatro repetições.

4.4 Preparo do Experimento

Para o armazenamento das silagens foram utilizados silos confeccionados em canos de policloreto de vinil (PVC), com 10 cm de diâmetro e 55 cm de altura. Inicialmente foi realizada a higienização dos silos, com a finalidade de reduzir a presença de agentes contaminantes que pudessem interferir no processo fermentativo das silagens. Em seguida, os recipientes foram lavados e submetidos à secagem ao ar, em temperatura ambiente, até a completa remoção da umidade interna. Depois de secos, foi realizado o lacramento de uma das extremidades dos tubos, utilizando tampas plásticas e fita adesiva resistente, de modo a vedar totalmente o fundo do silo. Em seguida, procedeu-se à pesagem individual de cada recipiente com a areia, a fim de registrar o peso inicial e o final para posteriormente calcular as perdas de massa após o processo de ensilagem. Outro componente utilizado na confecção das silagens foi a areia, que teve a função de reter o efluente liberado durante a fermentação. A areia foi mantida por aproximadamente 24 horas em câmara de ventilação forçada, visando à eliminação da umidade. Após esse período, o material foi retirado da câmara e deixado esfriar à temperatura ambiente. Quando a areia atingiu temperatura ambiente, procedeu-se à pesagem, sendo colocada uma camada de aproximadamente 0,400 kg (cerca de 15 cm de altura) no fundo de cada silo. Essa camada foi protegida com um tecido de TNT de gramatura 100, o que evitou o contato direto entre a silagem e a areia, permitindo a captação e quantificação das perdas por efluente através da fração líquida. O coproduto de açai foi homogeneizado em recipiente apropriado juntamente com os aditivos específicos de cada tratamento, conforme o delineamento experimental. Após

a homogeneização, a mistura foi acondicionada nos silos de PVC e, em seguida, realizou-se a compactação manual com o auxílio de um bastão de madeira, a fim de remover o máximo de oxigênio presente no interior dos recipientes. Após a compactação, os silos foram fechados hermeticamente com tampas plásticas e vedados com fita adesiva, prevenindo a entrada de ar e garantindo o ambiente anaeróbico necessário à fermentação. Os silos experimentais foram armazenados em temperatura ambiente, sob proteção contra à luz solar direta, permanecendo nessas condições até o momento da abertura para análise.

O tempo de abertura dos silos foi de 62 dias, contendo cinco minis silos de repetição dentro de cada tempo/tratamento. Após esse período, a silagem foi retirada, homogeneizada manualmente para seleção de duas amostras, uma armazenada em freezer para posterior análise bromatológicas e a outra amostra para aferir o pH. 9 g da primeira amostra de silagem fresca foi diluída em 60 ml de água destilada, em béquer de vidro, e a segunda deu-se em repouso por 30 minutos para a leitura do pH (Silva e Queiroz 2002). Os silos foram pesados para se determinar a porcentagem de efluente retido na areia.

4.5 Análises Laboratoriais

No laboratório, as amostras foram descongeladas e secas em estufas de ventilação forçada a 55 °C por 72 h, depois foram moídas em moinhos tipo Wiley (Marconi, São Paulo, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. Após esse processo, serão analisadas: Matéria seca (MS) e Matéria mineral (MM) seguindo os procedimentos de Detmann et al., 2021. A temperatura das silagens será registrada por meio de dois termômetros tipo espeto inserido no centro da massa de silagem no momento da abertura.

4.6 Avaliação de Perdas

As perdas por gases foram calculadas adaptando-se equação proposta por Schmidt (2006): $PG = [MNf \times MSf] - [(PSCa - PSVf) \times MSa] \times 1000$ [MNf x MSf] em que: PG = Perdas por gases em, g.kg-1 de matéria seca; MNf = Matéria natural verde no fechamento (g) PSVf = Peso do silo vazio no fechamento (cano+tampa+brita+tecido) (g); MSf = Teor de MS da forragem no fechamento (%); PSCa = Peso do silo cheio na abertura (g); MSa = Teor de MS da forragem na abertura (%). O cálculo para verificar as perdas por efluentes foi com base na equação de Siqueira et al., (2007), adaptada: $PE = (PSVa - PSVf) \times 1000$ (MNf) em que: PE = Produção de efluente, g.kg-1 de massa verde; PSVa = Peso do silo vazio na abertura (cano+tampa+brita+tecido) (kg); PSVf = Peso do silo vazio no fechamento (cano+tampa+brita+tecido) (kg); MNf = Matéria natural da forragem no fechamento (kg).

4.7 Análise Estatísticas

Todos os resultados serão submetidos à análise estatística utilizando o software RStudio (R Core team, 2019). Sendo, inicialmente, submetidos ao teste de Normalidade seguido da aplicação do teste paramétrico "t Student para avaliação comparativa dos grupos experimentados. O nível de significância estatística definido foi $p\text{-value} \leq 0,05$.

4. RESULTADO

5.1 Perdas, pH e Temperatura

A Tabela 2 mostra os valores de perdas devido a gases (PG), perdas por efluentes (PE), pH e temperatura da silagem do coproduto de açaí, que foi submetido a quatro tipos de tratamento: somente coproduto (CA), milho triturado (MiM), farelo desidratado de casca de mandioca (FDCM) e coproduto da colheita de arroz (CCA).

Tabela 2 - Valores de perdas por gases, por efluentes e pH, da silagem do coproduto do açaí com 18% de inclusão na matéria natural de diferentes aditivos absorventes.

	Tratamentos				P
	CA	MiM	FDCM	CCA	
PG, g.kg ⁻¹ de MS	133,1c	18,5 ^a	76,9b	90,6b	<0,00001
PE, g.kg ⁻¹ de MN	303,5b	287,3 ^a	314,1 ^a	435,4a	<0,00001
Ph	4,1a	3,4 ^a	3,7 ^a	4,2a	0,1503
Temperatura	24,1a	24,3 ^a	25,0a	25,7b	0,048826

CA – Coproduto do Açaí, MiM – Milho moído, FDCM – Farelo desidratado da casca de mandioca, CCA – Coproduto da colheita de arroz, MS – Matéria seca, MN – Matéria natural. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de *t Student* a 5%.

Os resultados indicam diferenças significativas entre os tratamentos em relação à maioria das variáveis avaliadas. Perdas ocasionadas por gases (PG) mostraram variações notáveis entre os diferentes tratamentos ($p < 0,00001$). O tratamento CA registrou o maior índice de perdas (133,1 g kg⁻¹ MS), sugerindo uma eficiência de fermentação inferior. Em contraste, o MiM obteve o menor índice (18,5 g kg⁻¹ MS), evidenciando uma estabilidade fermentativa superior. Os tratamentos FDCM (76,9 g kg⁻¹ MS) e CCA (90,6 g kg⁻¹ MS) apresentaram valores intermediários, mas ainda assim mais elevados que o MiM.

Perdas associadas a efluentes (PE) demonstraram uma diferença significativa ($p < 0,00001$). O CCA registrou o maior índice de efluentes, com 435,4 g kg⁻¹ MN, o que indica uma maior liberação de líquidos e uma possível perda de nutrientes solúveis em água. O MiM, por sua vez, apresentou o menor índice, alcançando 287,3 g kg⁻¹ MN. Os outros tratamentos,

CA (303,5 g kg⁻¹ MN) e FDCM (314,1 g kg⁻¹ MN), situam-se em níveis intermediários. O pH da silagem não mostrou variações significativas entre os tratamentos ($p = 0,1503$). Os valores oscilaram entre 3,4 e 4,2, o que é considerado apropriado para a fermentação láctica. MiM teve o pH mais baixo, com 3,4, enquanto CA e CCA apresentaram pH um pouco mais elevado, com 4,1 e 4,2, respectivamente.

A temperatura da silagem apresentou variações significativas entre os diferentes tratamentos ($p = 0,048826$). As medições variaram de 24,1 °C (CA) a 25,7 °C (CCA). Apesar das diferenças estatísticas, todas as temperaturas estavam próximas da temperatura do ambiente, o que sugere que não ocorreram elevações excessivas durante o processo de fermentação.

5.2 Valores de Matéria seca e Matéria mineral

A Tabela 3 demonstra os conteúdos de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM) das silagens elaboradas com o coproduto do açaí, sendo adicionados diversos aditivos absorventes. Esses aspectos bromatológicos são fundamentais para entender as propriedades físico-químicas da silagem após a fermentação.

Tabela 3 - Valores matéria seca e matéria mineral da silagem do coproduto do açaí com 18% de inclusão na matéria natural de diferentes aditivos absorventes.

	Tratamentos				P
	CA	MiM	FDCM	CCA	
MS %	56,3c	59,4b	63,3 ^a	59,5b	<0,00001
MM %	1,8c	1,7c	2,5b	3,0a	<0,00001

MS – Matéria seca, MM – Matéria mineral. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de *t Student* a 5%.

Os níveis de matéria seca (MS) exibiram variações consideráveis entre os diferentes tratamentos, indicando a eficácia de cada aditivo em reter umidade e alterar a densidade da massa ensilada. O FDCM registrou o maior percentual de matéria seca (63,3%), demonstrando sua eficiência em aumentar a MS final da silagem, uma característica decorrente do seu baixo teor de água e grande capacidade de absorção de umidade. Por outro lado, o CA apresentou o menor percentual de MS (56,3%), resultado que condiz com sua composição mais úmida.

Os tratamentos com MiM (59,4%) e CCA (59,5%) apresentaram resultados medianos, indicando que ambos ajudam de forma parcial a diminuir a umidade da silagem, ainda que com uma eficácia inferior se comparados ao FDCM.

Esses achados sugerem que a seleção do aditivo tem um impacto direto no conteúdo de matéria seca, podendo tanto favorecer quanto prejudicar a estabilidade da fermentação, já que quantidades inadequadas de matéria seca estão ligadas a perdas aumentadas e fermentações indesejadas.

Os níveis de matéria mineral mostraram-se diferentes entre os tratamentos, evidenciando a influência da composição de cada componente. O CCA registrou o valor mais alto (3,0%), o que é previsível, considerando o alto teor de cinzas da casca de arroz. O FDCM apresentou 2,5% de MM, sugerindo que também desempenha um papel na elevação da fração mineral da silagem.

Em contrapartida, os valores mais baixos foram registrados no CA (1,8%) e no MiM (1,7%), que são ingredientes com baixo teor de cinzas. Esses dados indicam que a inclusão de subprodutos com maior mineralização pode impactar de forma significativa a composição final da.

5. DISCUSSÕES

A avaliação dos parâmetros fermentativos e bromatológicos do resíduo do açaí ensilado com diferentes aditivos absorventes CA, MiM, FDCM e CCA permitiu identificar variações significativas na matéria seca (MS), matéria mineral (MM), perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e pH.

Os valores apresentados nas Tabelas 2 e 3 mostram que houve diferença significativa ($p < 0,00001$) entre os tratamentos para MS, MM, PG e PE, sendo o pH a única variável que não apresentou diferença estatística entre os aditivos. O tratamento com farelo desidratado da casca de mandioca (FDCM) apresentou o maior teor de MS (63,3%), enquanto o milho moído (MiM) foi responsável pelas menores perdas por gases ($18,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de MS). O tratamento com casca de arroz (CCA) resultou no maior teor de MM (3,0%) e na maior produção de efluentes ($435,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ MN). Já a silagem sem aditivo (CA) apresentou as maiores perdas por gases ($133,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS), evidenciando a dificuldade de ensilar materiais com alta umidade sem a utilização de absorventes.

Embora o pH tenha variado numericamente entre 3,4 e 4,2, não houve diferença significativa entre tratamentos, indicando que todos atingiram faixas adequadas de fermentação láctica. Entretanto, a interpretação dos demais resultados demonstra que os aditivos exerceram influência relevante na estabilidade fermentativa e nas perdas totais da silagem.

Nesse sentido, os resultados obtidos evidenciam que a utilização de diferentes aditivos absorventes promoveu efeitos distintos sobre os parâmetros fermentativos e bromatológicos da silagem de resíduo do açaí. Esses efeitos dialogam diretamente com as características

intrínsecas do material ensilado (altamente úmido, fibroso e com baixo teor de carboidratos solúveis) e com as propriedades físicas e químicas dos aditivos utilizados.

O maior teor de MS observado no tratamento FDCM (63,3%) confirma a eficiência dos aditivos amiláceos e fibrosos na redução da umidade da massa ensilada. Estudos recentes com resíduos de frutas tropicais e coprodutos amazônicos reforçam que a elevação da MS é um fator chave para reduzir a lixiviação e melhorar a compactação da silagem (DAMASCENO et al., 2019; PEREIRA et al., 2021; SANTOS et al., 2022).

Pesquisadores como McDonald, Henderson e Heron (1991) destacam que níveis adequados de MS promovem melhor desenvolvimento da fermentação láctica, pois reduzem a água livre e limitam o crescimento de microrganismos indesejáveis. Entretanto, como observam Arriola et al. (2020), a elevação da MS isoladamente não garante redução de perdas fermentativas, sendo necessária a presença de carboidratos solúveis para acelerar o processo de acidificação.

Dessa forma, explica-se porque o FDCM, apesar da maior MS, não apresentou as menores perdas por gases, resultado igualmente observado em ensaios recentes com coprodutos tropicais (LI et al., 2023). O milho moído (MiM) apresentou o menor valor de PG no presente estudo, demonstrando que esse aditivo contribuiu para uma fermentação mais eficiente e rápida. A disponibilidade de carboidratos fermentescíveis proporcionada pelo milho favorece o crescimento de bactérias lácticas homofermentativas, como "*Lactobacillus plantarum*", capazes de produzir ácido láctico de forma eficiente e reduzir as perdas por respiração aeróbia (KUNG JR., 2010; CASTRO et al., 2020).

Esse comportamento já havia sido descrito por Muck (2010) e foi recentemente confirmado em estudos com silagem de resíduos agroindustriais ricos em umidade (LI et al., 2022). A menor PG observada no MiM, portanto, reflete não apenas maior disponibilidade energética, mas também maior velocidade de acidificação, elemento chave para estabilização anaeróbia.

Nesse entendimento, o tratamento CA, sem aditivo, apresentou as maiores perdas por gases. O que era esperado, considerando que resíduos de açaí apresentam baixa densidade, alta umidade e baixa concentração de carboidratos solúveis, fatores que dificultam a queda rápida do pH e prolongam a atividade respiratória aeróbia.

A maior produção de efluentes observada para o CCA (435,4 g·kg⁻¹ MN) é consistente com a literatura, uma vez que a casca de arroz possui elevada fração mineral e reduzida capacidade de retenção de água (Gomes et al., 2018). A maior MM observada no CCA (3,0%)

reforça essa característica, indicando que o aditivo pode ter promovido maior drenagem da massa ensilada.

Estudiosos como Bernardes, Reis e Amaral (2012) destacam que aditivos altamente minerais aumentam a compactação e, conseqüentemente, a expulsão de líquidos, aumentando a perda de nutrientes hidrossolúveis. Estudos recentes também mostraram que partículas rígidas e de baixa higroscopicidade como palhas, cascas e resíduos lignificados aumentam a produção de efluentes e reduzem o valor nutritivo final (AZEVEDO et al., 2023).

Assim, embora o CCA tenha elevado o teor de MM, esse ganho não se traduz necessariamente em benefício nutricional, principalmente considerando as perdas por lixiviação.

A ausência de diferença estatística no pH entre os tratamentos indica que todos atingiram níveis compatíveis com fermentações predominantemente lácticas. Valores entre 3,4 e 4,2 situam-se dentro da faixa ideal para inibição de microrganismos indesejáveis, como *Clostridium*. (HENDERSON e outros; 1991).

Entretanto, o menor valor numérico de pH no MiM corrobora sua menor PG e confirma a interpretação de que o milho moído acelerou a queda de pH, reduzindo as perdas iniciais, conforme apontado por Schmidt et al. (2020). Os resultados demonstram que: a) o MiM favoreceu maior estabilidade fermentativa, menor perda por gases e menor pH, sendo o aditivo mais eficiente; b) o FDCM contribuiu para a elevação da MS e melhoria física da massa, importante para reduzir efluentes; c) o CCA promoveu maior MM e maior produção de efluentes, indicando menor retenção de nutrientes; d) a ausência de aditivo (CA) mostrou-se ineficiente, gerando maiores perdas fermentativas.

Em suma, a pesquisa e análises reforçam que a escolha do aditivo deve considerar a capacidade de absorção de umidade, seu impacto sobre a fermentação e a preservação dos nutrientes. Assim, o estudo confirma a viabilidade técnica do uso de aditivos absorventes para transformar o resíduo do açaí em silagem de melhor qualidade, contribuindo para o aproveitamento sustentável desse coproduto e fortalecendo alternativas alimentares adaptadas às condições produtivas da região amazônica.

6. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Observou que houve uma diferença significativa em relação a matéria seca, matéria mineral, perdas por gases e perdas por afluentes, enquanto o pH ficou dentro da faixa adequada em todos os tratamentos, sem apresentar diferenças estatísticas. De modo geral, os resultados indicam que usar aditivos é fundamental para melhorar a qualidade da silagem feita com o

resíduo de açaí. Com isso a cadeia produtiva do açaí gera uma expressiva quantidade de coprodutos, caracterizados pelo elevado teor de umidade e pela rápida degradação quando não submetidos a métodos apropriada de conservação. No contexto da agroindústria do açaí, principalmente na Amazônia, a reutilização desses resíduos é crucial tanto do ponto de vista ambiental quanto para a produtivo. Dessa forma, a silagem do coproduto do açaí, combinada com a adição de aditivos que absorvem umidade, surge como uma opção viável do ponto de vista técnico para a alimentação de ruminantes, ajudando a minimizar desperdícios, melhorar a qualidade do material armazenado e aumentar a eficiência dos sistemas produtivos.

7. REFERÊNCIA

- ARAÚJO, I. C. da S.; SANTOS, Ê. R. de M.** Aproveitamento de subprodutos do processamento de frutas e hortaliças. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 12, n. 1, p. 9–16, 2022.
- ARRUDA, J. C. B. et al.** Açaí seed bran in the feed of slow-growth broilers. *Acta Amazonica*, v. 48, n. 4, p. 298–303, 2018.
- ARRIOLA, K. G. et al.** Meta-analysis of the effects of moisture in tropical by-product silages. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 5, p. 4121-4137, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16712>
- AZEVEDO, G. F. et al.** Mineral composition and effluent production in tropical silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 52, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-929020230004>
- BAMPIDIS, V. A.; ROBINSON, P. H.** Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 128, p. 175–217, 2006.
- BEZERRA, E. M. et al.** Caracterização e utilização de coprodutos do milho na alimentação de ruminantes. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 3, p. 01–07, 2015.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; AMARAL, R. C.** *Silagem em regiões tropicais*. Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/949288/1/LivroSilagememRegioesTropicais.pdf>.
- BONFÁ, C. S. et al.** Características fermentativas e bromatológicas de silagens de capim-elefante com níveis crescentes de casca de abacaxi. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 18, n. 1, p. 173–182, 2017.
- BONFÁ, C. S. et al.** Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. *Revista Ceres*, v. 64, n. 2, p. 176–182, 2017.
- BRASIL.** Decreto nº 76.986, de 6 de janeiro de 1976. Regulamenta a Lei nº 5.760, de 3 de dezembro de 1971, que dispõe sobre alimentos para animais.
- CAROÇO DE AÇAÍ... (TAMARA NAYANNE MATOS LUSTOSA).** CAROÇO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) como aditivo na ensilagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça. Parauapebas/PA, 2019.
- CARVALHO, G. G. P. et al.** Adição de polpa cítrica seca em silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 6, p. 2401–2406, 2006.
- CASTRO, L. G. et al.** Custo da suplementação de bovinos Nelore com caroço de açaí no período de transição águas-seca. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 8, n. 1, p. 44–55, 2018.

- CASTRO, L. C. et al.** Silagem de resíduos agroindustriais tropicais com aditivos energéticos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 42, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-929020200002>
- CHAVES, M. A. et al.** Utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 16, n. 1, p. 89–104, 2014.
- COSTA, N. C. et al.** Caracterização físico-química do caroço de açaí torrado. In: *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 2, 2020.
- DAMASCENO, J. L. et al.** Ensilagem de resíduos frutíferos tropicais com aditivos secos. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 9, p. 74-83, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-929020190004>
- FERNANDES, A. R. M. et al.** Aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 6, n. 2, p. 58–72, 2016.
- FERNANDES, J. R. et al.** Uso de resíduos da mandioca na alimentação de bovinos. *Ciência Animal Brasileira*, v. 16, n. 3, p. 367–375, 2015.
- FERRARETTO, L. F. et al.** Ensiling characteristics and digestibility of citrus pulp for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 3, p. 1731–1742, 2015.
- FERREIRA, A. C. et al.** Caracterização bromatológica de resíduos agroindustriais amazônicos. *Revista Brasileira de Ciência Animal*, v. 42, n. 2, p. 201–209, 2021.
- GOMES, G. R. et al.** Efeitos de aditivos sobre a silagem de casca de arroz. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 47, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-929020180004>
- GOULART, R. S. et al.** Potencial do resíduo de açaí na alimentação de ruminantes. *Acta Amazônica*, v. 46, n. 3, p. 317–324, 2016.
- HOMMA, A. K. O.** Açaí: o fruto que virou ouro. *Revista de Estudos Sociais*, v. 17, s.l., s.n., s.d.
- IBGE.** Produção da extração vegetal e da silvicultura – PEVS 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.
- JOBIM, C. C. et al.** Silagem no Brasil: resultados de pesquisas nos anos 2000–2004. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 249–275, 2007.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P.** Qualidade da silagem: fatores associados e avaliações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 39–53, 2007.
- KUNG JR., L.** Aerobic stability of silage. *PennState Extension*, 2010. Disponível em: <https://extension.psu.edu/aerobic-stability-of-silage>.

LI, P. et al. Fermentation of tropical fruit residues with starchy additives. *Animal Feed Science and Technology*, v. 288, p. 115594, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115594>

LI, P. et al. Silage quality of tropical coproducts with high moisture content. *Livestock Science*, v. 273, p. 105261, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105261>

MAPA. Instrução Normativa nº 65, de 3 de dezembro de 2006.

MARTINELLI, S. C. et al. Sustentabilidade na cadeia produtiva do açaí. *Revista Brasileira de Agroindústria*, v. 2, n. 1, p. 45–58, 2020.

MARTINELLI, S. G. et al. Potencial nutricional do caroço de açaí para alimentação animal. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.

McCULLOUGH, M. E. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*, v. 49, n. 36, p. 49–52, 1977.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i1160e/i1160e.pdf>.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, supl. spe, p. 183-191, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>

NUPEAS. Aproveitamento de coprodutos regionais na alimentação animal. *Cadernos de Agroecologia*, v. 10, n. 3, 2015.

OLIVEIRA, C. F. de. Biochar de resíduos de açaí como condicionador do solo. IFAP, 2023.

OLIVEIRA, J. S. de; ZANINE, A. de M.; SANTOS, E. M. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes. *REDVET*, v. 6, n. 11, 2005.

OLIVEIRA, M. A.; RIO, P. L. M. Palmeiras da Amazônia. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 9, n. 2, 2014.

PEREIRA, F. A. et al. Características fermentativas do resíduo de açaí ensilado. *Amazônia: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 64, p. 22-30, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ajz/article/view/>

RODRIGUES, L. G. S. Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. IF Goiano, 2021.

SANTOS, F. M. et al. Uso do caroço de açaí na alimentação de suínos. *Revista Sodebras*, v. 12, n. 135, p. 52–59, 2017.

SANTOS, J. F. et al. Utilização de bagaço de laranja na alimentação de ruminantes. *Archivos de Zootecnia*, v. 67, n. 259, p. 435–444, 2018.

- SANTOS, W. N. et al.** Ensilagem de resíduos amazônicos de elevado teor de umidade. *Colóquio Amazônico de Ciência Animal*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1>
- SCHMIDT, P. et al.** Eficiência fermentativa de silagens com aditivos energéticos. *Revista Ciências Agrárias*, v. 43, p. 221-230, 2020.
- SCHMIDT, P.** Perdas fermentativas na ensilagem... Tese (Doutorado) — ESALQ/USP, 2006.
- SCHNEIDER, C.** Aproveitamento de coprodutos da mandioca na alimentação de ruminantes. UFAM, 2018.
- SCHNEIDER, C. B.** Avaliação nutricional de coprodutos na alimentação de ruminantes. UFRGS, 2018.
- SIQUEIRA, G. R. et al.** Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 6, p. 2000–2009, 2007.
- SILVA, M. A. R. et al.** Potencial nutricional do caroço de açaí. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 14, n. 3, 2020.
- SILVA, M. C. et al.** Caracterização e uso de resíduos do açaí na alimentação animal. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 14, n. 3, p. 222–231, 2020.
- SILVA, R. S. da.** Açaí: importância socioeconômica nos estados do Pará e Goiás. IF Goiano, 2021.
- SOARES, M. L. G. et al.** Características e usos das palmeiras amazônicas. *Acta Amazônica*, v. 44, n. 1, p. 89–100, 2014.
- SOUSA, R. M. et al.** Desintoxicação e uso do farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 50, n. 1, p. 1–10, 2021.
- SOUSA, W. H. et al.** Efeito do farelo de mamona como aditivo na ensilagem de forragens. *Revista de Agropecuária Sustentável*, v. 11, n. 2, p. 45–58, 2021.
- SOUZA, F. G. de; LIMA, R. A.** A importância da família Arecaceae para a região Norte. *Revista EDUCamazônia*, v. XXIII, n. 2, p. 100–110, 2019.
- TOSI, P. et al.** Efeito da adição de aditivos na silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 24, n. 6, p. 896–902, 1995.
- TOSI, P. et al.** Avaliação da qualidade de silagens de gramíneas tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 1, p. 55–62, 1999.
- TOWNSEND, C. R. et al.** Utilização de subprodutos e resíduos agrícolas na alimentação de ruminantes. EMBRAPA, 1997.
- YOUNG, C. E. F.; MEDEIROS, R.** Quanto vale o verde. Rio de Janeiro: Conservação Internacional, 2018.

8. APÊNDICE

Figura 1 - A - Organização e higienização dos minisilos; B - Armazenamento e secagem dos minisilos; C - Tampas do mini silos.



A Imagem 1 apresenta etapas do preparo e manejo de mini silos utilizados em experimentos de conservação de forragens. Em **A**, observa-se a organização e higienização dos minisilos, dispostos no chão após o processo de limpeza, garantindo condições adequadas para uso experimental. Em **B**, os minisilos já limpos estão armazenados e posicionados para secagem, acomodados de forma ordenada nas prateleiras para assegurar ventilação e evitar contaminações. Já em **C**, encontram-se as tampas dos minisilos, igualmente organizadas em prateleiras, permitindo facilmente identificação, acesso e manutenção da integridade dos materiais antes do fechamento dos silos.

Figura 2 – A - Coproduto de Açaí com Coproduto da Colheita de Arroz; B - Com o Milho moído; C - Com Resíduo da Casca da Mandioca Desidratado.



A Imagens 2 ilustra o preparo de diferentes combinações de ingredientes utilizados para a formulação de silagem experimental. Em **A**, observa-se a mistura inicial composta pelo coproduto do açaí associado ao coproduto da colheita de arroz, apresentando dois materiais distintos ainda não homogenizados. Em **B**, a mistura passa a incorporar milho moído, que contribui para o ajuste do teor energético e para a melhoria da fermentação. Em **C**, o material já aparece com resíduo de casca de mandioca desidratado, resultando em uma massa mais uniforme, enriquecida e pronta para continuidade do processamento. Essas etapas representam a preparação gradual dos ingredientes até a obtenção de um composto final adequado para ensilagem em estudos de coprodutos amazônicos.

Figura 3 - Silagem compactada, minisilos vedados.



A imagem 3 apresenta mini silos devidamente compactados e vedados, prontos para o processo de fermentação. Cada unidade encontra-se lacrada com fita adesiva nas extremidades, garantindo a vedação hermética necessária para evitar a entrada de ar e assegurar condições adequadas ao desenvolvimento da ensilagem. Os tubos estão organizados verticalmente, identificados com rótulos que indicam os tratamentos e repetições experimentais, demonstrando organização e padronização do procedimento.

Figura 4 - Amostras para secagem após a abertura.



Figura 5 - Aferição de temperatura.



Figura 6 - Aferição de pH.

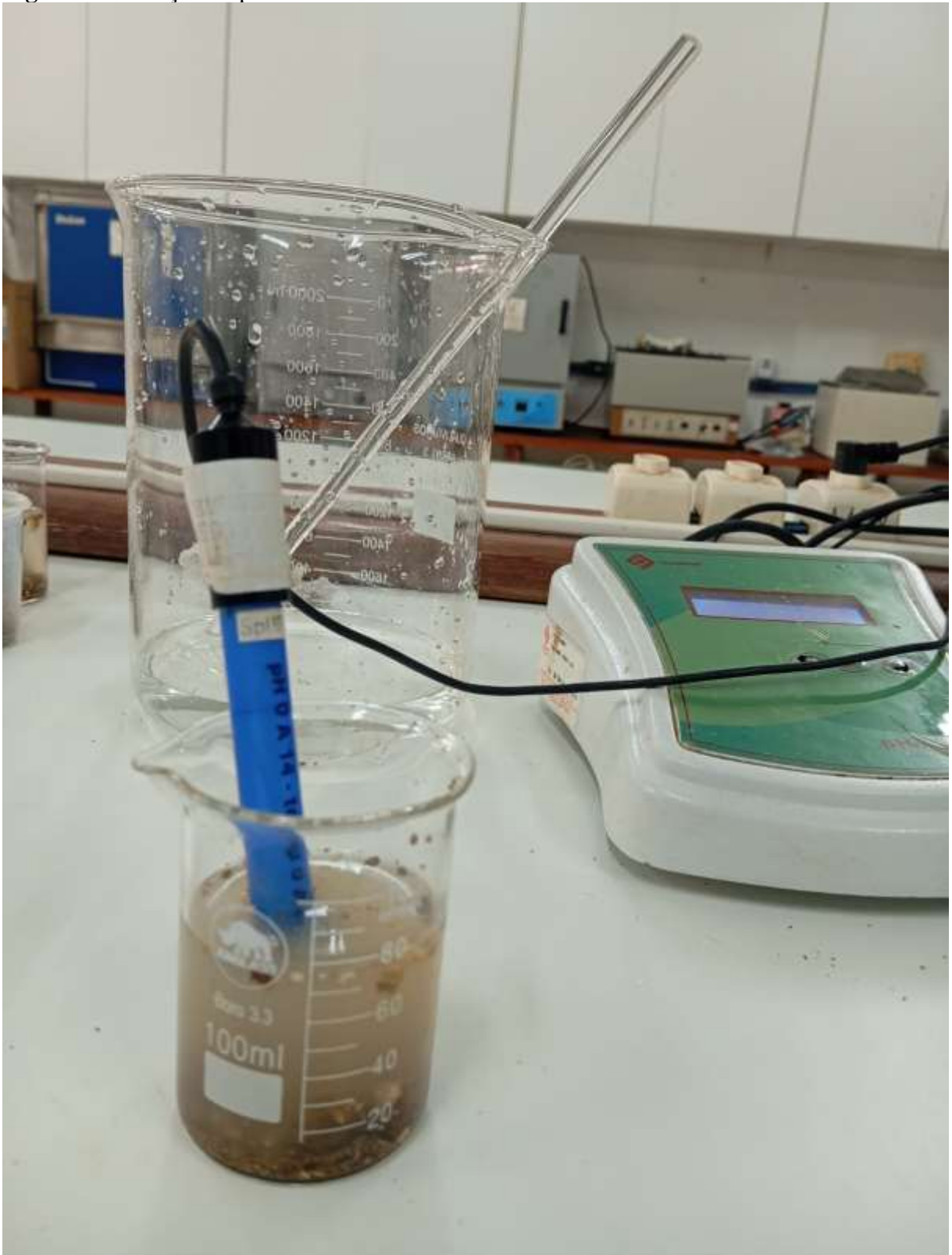


Figura 7 - Amostras para Aferição de pH.



Figura 8 - Moagem das amostras a 1mm no moinho de facas.



F

Figura 9 - Balança analítica de precisão.



Figura 10 - Amostras para análise de matéria seca e matéria mineral.



Figura 11 - Dessecador com amostras.

