



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Armazenamento pós-colheita afeta a digestibilidade *in vitro* e a produção de gases de cládódios de cultivares de palma forrageira?

Claudenice da Cunha Barbosa

Recife – PE
Setembro/2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Armazenamento pós-colheita afetam a digestibilidade *in vitro* e a produção de gases de cládódios de cultivares de palma forrageira?

Claudenice da Cunha Barbosa
Graduanda

Profa. Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos - Orientadora
Me. Natália Viana da Silva - Coorientadora

Recife – PE
Setembro/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Ana Catarina Macêdo – CRB-4 1781

B238a Barbosa, Claudenice da Cunha.
Armazenamento pós-colheita afeta a digestibilidade *in vitro* e a produção de gases de cládios de cultivares de palma forrageira? / Claudenice da Cunha Barbosa. - Recife, 2024.
58 f.; il.

Orientador(a): Mércia Virginia Ferreira dos Santos.
Co-orientador(a): Natália Viana da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Cactos. 2. Rúmen - Fermentação . 3. Palma forrageira - Armazenamento . I. Santos, Mércia Virginia Ferreira dos, orient. II. Silva, Natália Viana da, coorient. III. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CLAUDENICE DA CUNHA BARBOSA
Graduanda

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovada em 24/09/2024.

EXAMINADORES

Mércia Virginia Ferreira dos Santos (Doutora)
Orientadora

Márcio Vieira da Cunha (Doutor)
Examinador

Dayanne Camelo (Doutora)
Examinadora

DEDICATÓRIA

À Anna Luz, Joaquim Emanuel e os dois pequenos presentinhos que estão a caminho, e os demais sobrinhos que ainda estão por vir. Vocês são inspiração diária e a lembrança constante de que o futuro é brilhante. Que vocês sempre acreditem no poder da Fé, dos sonhos e do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força, fé, saúde e a oportunidade de realizar este curso.

Aos meus pais, Claudio e Raimunda; às minhas irmãs, Claudilene, Claudenilma e Claudia, aos meus cunhados Bruno, Carlos e Claudio; às minhas avós Maria e Zita, pelo apoio recebido de uma vida toda.

À Dayse Patrícia, minha parceira e grande incentivadora em todas as situações.

Aos amigos conquistados no decorrer do curso, nosso eterno Clã “Ninguém solta a mão de ninguém!”, José Gildo, Isaque Cavalcanti, Manuele Dantas, Helena Oliveira, Thiago Garcia, Maria Silva, Vinícius Santos, Lucas Lemos, Silas Boaventura e Beatriz Amaral.

Aos colegas que também nos ajudaram a transpor obstáculos ao longo do curso, em especial a Rafael, Daniele, Eduarda, Renata, Eric Alexandre, Airton, Rebeca e Gleyce.

Aos professores que tiveram um papel importante para minha formação acadêmica, cada um de sua forma: Luciana Felizardo, Valdson Silva, Ygor Jacques, Alessandra Ceolin, Elayne Soares, Norma Ribeiro, Andreia Fernandes, Juliana Dadalto, Carlos Boa Viagem, Ângelo Alves, Fernanda Leite, Camilla Mendonça (GAPS), João Paulo Monnerat, Francisco Carvalho, Hugo Nascimento, Márcio Vieira, Hélio Manso, Ricardo Pessoa, Tayara Lima, Marcelo Andrade, Maria do Carmo Ludke, Darcllet Souza, Kelly Santos e Paulo Afonso (*in memoriam*).

À Profa. Helena Emilia Manso, que me proporcionou as ricas experiências de monitoria e PIBIC.

À Keity, Carol Jones, Larissa, Rodrigo Siqueira, Camila Valadares, Dayane Silva, Herbert, Michelle e Monica Hunka, pelas experiências acadêmicas.

À Alana Queiroz, que nos permitiu desenvolver as primeiras práticas do curso no setor de caprinos, após um longo período de pandemia.

Aos colaboradores do Departamento de Zootecnia: Lucinha, Rose, Dandara, Luciana Valença, Raquel, Silvana, Rafaela, Pedro, Edson e às tias da limpeza.

A Daniel Nascimento e Tuany Epaminondas, pela acolhida e auxílio no experimento.

À Dayanne Camelo, Williane Diniz e Maria Nágila, pelo acolhimento e apoio dentro do grupo da Forragicultura.

À Natália Viana, minha coorientadora, por todas as orientações, dedicação e paciência ao longo desta construção.

À professora Mércia Virginia dos Santos, por ter sido minha orientadora com dedicação, cuidado, paciência, aconselhamentos e muitos compartilhamentos de conhecimentos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para essa conquista.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1. Palma forrageira no Mundo e no Brasil: importância e histórico.....	13
3.2. Importância e Caracterização da Palma Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i> [Haw.] Haw.)	18
3.3. Importância e Caracterização da Palma Miúda (<i>Opuntia cochenillifera</i> (L.) Mill)	19
3.4. Armazenamento pós-colheita	22
3.5. Composição Química da Palma Forrageira	24
3.6. Digestibilidade e Produção de gás <i>in vitro</i>	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1. Palma Orelha de Elefante Mexicana	38
5.2. Palma Miúda.....	43
6. CONCLUSÃO.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE TABELAS

Página

- Tabela 1.** Composição química da palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. e *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill, conforme diferentes autores28
- Tabela 2.** Temperaturas interna, externa e umidade relativa do ar ao longo do experimento..34
- Tabela 3.** Fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) de Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE..... 38
- Tabela 4.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE..... 40
- Tabela 5.** Produção de gás *in vitro* de Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE.....41
- Tabela 6.** Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi) de Palma Miúda submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE.....43
- Tabela 7.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da Palma Miúda submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE.....44
- Tabela 8.** Produção de gás *in vitro* de Palma Miúda submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE..... 45

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Panorama do bioma Caatinga no Brasil.....	14
Figura 2. Palma Orelha de Elefante Mexicana, Garanhuns-PE, 2022.....	18
Figura 3. Palma Miúda, Garanhuns-PE, 2022.....	20
Figura 4. Esquema representativo da colheita, transporte e armazenamento pós-colheita da palma forrageira.....	23
Figura 5. Fazenda Didática da UFRPE, Garanhuns-PE, 2022.....	31
Figura 6. Palmal com aproximadamente 12 meses de idade, Fazenda Didática da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE.....	32
Figura 7. Croqui do galpão de armazenamento.....	33
Figura 8. Empilhamento de cladódios de palma sobre paletes, durante os períodos de armazenamento pós-colheita.....	34
Figura 9. (A) Homogeneização e pesagem dos cladódios cortados manualmente; (B) Secagem em estufa a 55°C; (C) Pesagem pós secagem e (D) Moagem das amostras.....	35
Figura 10. Análise de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca de cladódios de palma.....	36
Figura 11. Análise de produção total de gás <i>in vitro</i> de amostras de palma, Laboratório de Nutrição Animal-UFAPE.....	36
Figura 12. Produção acumulada de gases de Orelha de Elefante Mexicana, em função dos tempos de incubação, Garanhuns-PE.....	42
Figura 13. Produção acumulada de gases de Palma Miúda, em função dos tempos de incubação, Garanhuns-PE.....	47

RESUMO

A palma forrageira desempenha papel fundamental na alimentação animal, especialmente durante os períodos de estiagem no Nordeste do Brasil. No entanto, o cultivo e a utilização dessa forrageira demandam um investimento significativo em mão de obra ao longo de todo o cultivo, desde o plantio até o corte e o transporte diário para alimentação animal. Este trabalho teve como hipótese que o armazenamento pós-colheita das cultivares de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) e Miúda (*Opuntia cochenillifera* (L.) Mill) até 56 dias, pode reduzir os teores de digestibilidade e produção de gás da forragem. Objetivou-se avaliar o efeito dos diferentes tempos de armazenamento pós-colheita sobre a digestibilidade *in vitro* e os parâmetros de produção de total de gás *in vitro* das cultivares de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana e Miúda. O experimento foi realizado na Fazenda Didática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, localizada em Garanhuns - PE, Brasil. A palma forrageira utilizada foi obtida a partir de palmal com um ano de idade estabelecido na própria fazenda, preservando-se o cladódio mãe durante a colheita. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo e quatro repetições. Foram realizados dois experimentos, sendo cada cultivar de palma avaliada independentemente. Avaliaram-se oito tratamentos experimentais: 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48 e 56 dias de armazenamento pós-colheita. Durante o armazenamento, buscou-se manter os cladódios sem lesões durante o período experimental, sendo realizado em armazém coberto e aberto lateralmente. As amostras para análise foram compostas por cladódios de diferentes ordens e de diferentes partes dos montes. Avaliou-se Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS), Fibra em Detergente Neutro indigestível e a Produção Total de Gases *in vitro* (PTGIV). Foi realizada análise de variância, utilizando-se teste de Tukey com nível de significância de 5%. A forragem da Orelha de Elefante Mexicana apresentou alta DIVMS, sendo 823,1 g/kg no tempo 0 (sem armazenamento), e média de 660,2 g/kg dos 8 aos 56 dias pós-colheita. Para FDNi, observou-se altos teores para a palma Orelha de Elefante Mexicana à medida que o tempo de armazenamento aumentou, sendo os tempos 40 e 56 dias de armazenamento pós-colheita estatisticamente superior ao tempo 0 (sem armazenamento). E para a palma Miúda, a FDNi nos dias 32, 40 e 48 de armazenamento pós-colheita apresentou-se 43% superior que o tempo 0 (sem armazenamento). Para a produção de gás e degradação de carboidratos fibrosos, observou-se valores de 251,5 e 153 mL/g MS, respectivamente. A forragem da Miúda apresentou alta DIVMS nos tempos 0 e 8 (738,4 e 726,4 g/kg), e maior produção de gás nos tempos 0 e 8 de 267,7 e 179,9 mL/g MS, respectivamente. Ambas as palmas podem ser armazenadas pós-colheita por até 56 dias, sem comprometimento significativo nos teores de digestibilidade e produção de gás.

Palavras-chave: conservação, fermentação ruminal, Miúda, Orelha de Elefante Mexicana.

ABSTRACT

The forage cactus plays a fundamental role in animal feed, especially during drought periods in Northeastern Brazil. However, the cultivation and use of this forage require significant labor investment throughout the entire process, from planting to harvesting and daily transport for animal feeding. This study hypothesized that post-harvest storage of the forage cactus cultivars ‘Orelha de Elefante Mexicana’ (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) and ‘Miuda’ (*Opuntia cochenillifera* (L.) Mill), for up to 56 days, may interfere by reducing the digestibility levels and gas production of the forage. The objective was to evaluate the effect of different post-harvest storage times on the *in vitro* digestibility and *in vitro* total gas production parameters of the forage cactus cultivars ‘Orelha de Elefante Mexicana’ and ‘Miuda’. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, located in Garanhuns - PE, Brazil. The forage cactus used was obtained from a one-year-old cactus plantation established on the farm, preserving the mother cladode during harvest. The experiment was conducted in a completely randomized design, with repeated measures over time and four replicates. Two experiments were carried out, with each cultivar of forage cactus evaluated independently. Eight experimental treatments were evaluated: 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, and 56 days of post-harvest storage. During storage, the aim was to maintain the cladodes without damage throughout the experimental period, with storage taking place in a covered warehouse open on the sides. The samples for analysis were composed of cladodes of different orders and from different parts of the piles. The variables evaluated were *in vitro* Dry Matter Digestibility (IVDMD), Indigestible Neutral Detergent Fiber (iNDF), and *in vitro* Total Gas Production (TGP). An analysis of variance was performed, using Tukey’s test with a significance level of 5%. The forage from Orelha de Elefante Mexicana showed high IVDMD, being 823.1 g/kg at time 0 (no storage), and an average of 660.2 g/kg from 8 to 56 days post-harvest. For iNDF, high levels were observed for Orelha de Elefante Mexicana as the storage time increased, with the 40 and 56-day post-harvest times being statistically superior to time 0 (no storage). For Miúda, iNDF on days 32, 40, and 48 of post-harvest storage was 43% higher than at time 0 (no storage). For gas production and fiber carbohydrate degradation, values of 251.5 and 153 mL/g DM were observed, respectively. The forage from Miúda presented high IVDMD at times 0 and 8 (738.4 and 726.4 g/kg), and higher gas production at times 0 and 8 (267.7 and 179.9 mL/g DM, respectively). Both forage cactus cultivars can be stored post-harvest for up to 56 days without significant compromise in digestibility levels and gas production.

Keywords: Conservation, ruminal fermentation, ‘Miuda’, ‘Orelha de Elefante Mexicana’.

1. INTRODUÇÃO

As cactáceas apresentam notável importância para o Nordeste Brasileiro, em especial para a região Semiárida, caracterizada em grande parte pelo bioma Caatinga, o qual é composto por uma diversidade de espécies vegetais (Pessoa et al., 2023), sendo algumas dessas comprovadamente passíveis de serem utilizadas como fonte para alimentação animal.

Apesar da elevada variedade das espécies nativas da Caatinga, ocorre variabilidade na sua produção e qualidade da biomassa ao longo do ano. A pecuária é uma das principais atividades desenvolvidas na região Nordeste do Brasil, os rebanhos de bovinos leiteiros, ovinos e caprinos, presentes na região são criados geralmente de forma extensiva, com o auxílio da vegetação nativa como alimento para os animais, mas com reduzidos índices produtivos (Barbosa et al., 2018). Tal situação, evidencia a necessidade de implantação de culturas vegetais alternativas para suprir a demanda de alimentos exigidos pelas atividades pecuárias da região (Ferreira et al., 2022), minimizando a aquisição de grãos ou concentrados de elevado custo financeiro para os produtores do Semiárido.

Neste sentido, a palma forrageira surge como uma solução indispensável, tendo em vista que muitos pecuaristas fazem uso desta forrageira na dieta de seus animais de forma contínua durante todo o ano, independente da estação do ano. A palma forrageira é uma cactácea originária do México (Santos & Sousa, 2022), que se adaptou muito bem ao clima e solos do Nordeste brasileiro. A palma apresenta alta palatabilidade, que estimula o consumo dos animais, boa rusticidade, com produtividade média $34,7 \text{ t/ha}^{-1} \text{ MS}$ (Mendonza et al., 2020), e adaptabilidade as condições edafoclimáticas do semiárido com resistência a longos períodos de seca (Rufino et al., 2023). Apesar das limitações físico-químicas dos solos e fatores climáticos adversos existentes na região semiárida, a palma forrageira desponta como excelente indicação para a inclusão na dieta animal (Rodrigues et al., 2021).

A palma forrageira tem sido fundamental para a sustentação alimentar da pecuária leiteira no Nordeste brasileiro, pois permanece verde e succulenta quando a maioria das forrageiras do semiárido perde suas folhas ou morre durante o período seco. Mas já é também uma forrageira utilizada no dia-a-dia de muitas propriedades como principal alimento da dieta, porém não o único, tendo em vista que há necessidade de inclusão de fibra efetiva (Oliveira, 2019).

Atualmente, há indicação de cultivares de palmas forrageiras resistentes a praga cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) para implantação no Semiárido e

Agreste, uma vez que os palmais da região passaram por uma dizimação ocasionada por este inseto (Mello et al., 2022). Neste sentido, as cultivares Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw), e cv. Miúda *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck atualmente *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill, são cultivares resistentes à cochonilha do carmim (Vasconcelos et al., 2009).

Por outro lado, em situações de produção e utilização de palma como alimento para os animais, há custos adicionais com mão-de-obra e o transporte que são requeridos neste sistema, uma vez que geralmente o corte ocorre de forma manual e diária, para só então disponibilização em cocho (Herrera-Ângulo et al., 2022), o que justifica a necessidade da estratégia de armazenamento deste material por um maior período pós-colheita.

Assim, pesquisas vêm sendo desenvolvidas objetivando avaliar a influência do tempo de armazenamento pós-colheita da palma forrageira, em sua composição química e qualidade nutricional dos cladódios ao longo do armazenamento pós-colheita. Santos et al. (1992) observaram que a palma forrageira cultivares Redonda, Miúda e Gigante não apresentaram alteração na composição química até 16 dias de armazenamento pós-colheita em galpão coberto e aberto lateralmente. Por sua vez, a cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*O. stricta*) manteve seu valor nutricional até os 21 dias de armazenamento pós-colheita (Silva et al., 2017). Carvalho et al. (2021) avaliaram a palma Doce e Orelha de Elefante Mexicana até os 60 dias de armazenamento pós-colheita, sem alteração nos teores de composição química, bem como constatação da manutenção de água em sua composição. Também foi observado por Santos et al. (1998) que a palma armazenada por até 21 dias, quando fornecida para vacas de leite, não comprometeu a produção leiteira destes animais. Para *O. ficus-indica* Mill cv. IPA-20 e *O. cochenillifera* cv. Miúda avaliadas até 56 dias de armazenamento pós-colheita no Agreste de Pernambuco, não se observou redução nos teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro (Santos et al., 2024).

Neste contexto, além das estimativas da composição da palma forrageira, outro parâmetro crucial para compreender os efeitos do tempo de armazenamento pós-colheita sobre a qualidade da palma forrageira oferecida aos animais após períodos específicos de estocagem é a cinética ruminal. Essa análise, permite ao pesquisador(a) estimar os níveis de fermentação ruminal, proporcionando uma avaliação mais precisa dos possíveis impactos do armazenamento sobre a forragem.

A hipótese deste trabalho é que o armazenamento pós-colheita das cultivares de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) e Miúda (*Opuntia cochenillifera* [L.] Mill) até 56 dias, pode interferir reduzindo os teores de digestibilidade e produção de gás da forragem.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito dos diferentes tempos de armazenamento pós-colheita sobre a digestibilidade *in vitro* e a produção de total de gás *in vitro* das palmas forrageiras *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cv. Orelha de Elefante Mexicana e *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill cv. Miúda.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das cultivares Orelha de Elefante Mexicana e Miúda submetidas a diferentes tempos de armazenamento pós-colheita;
- Avaliar a fibra em detergente neutro indigestível das cultivares Orelha de Elefante Mexicana e Miúda submetidas a diferentes tempos de armazenamento pós-colheita;
- Estimar a produção total de produção de gás *in vitro* e parâmetros da degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos das cultivares Orelha de Elefante Mexicana e Miúda submetidas a diferentes tempos de armazenamento pós-colheita.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Palma forrageira no Mundo e no Brasil: importância e histórico

A palma forrageira disseminou-se por todo o mundo (Silva e Sampaio, 2015), em especial em regiões áridas e semiáridas, mas trata-se de uma cultura oriunda do México. A palma tem multiusos, além do uso na alimentação animal (Nunes et al., 2016), a depender da localidade, como para a alimentação humana na forma de hortaliça ou seu fruto na Bolívia Itália, Espanha e outros (Barbera, 2001;Potgieter e D'Aquino, 2017), para fins medicinais na Argentina e México (Hernández-Urbiola et al., 2010;Nazareno et al., 2022) e na produção de corante ou para recuperação de microbiota na Bolívia (Galindo et al., 2005), dentre outras formas de utilização desta versátil cactácea.

No Brasil, a palma foi introduzida a partir do período colonial (Alves et al., 2008), mas não como planta forrageira para alimentação animal, mas com a intenção de servir de

hospedeira para extrair-se o corante da cochonilha em 1877, quando dois grandes empresários da indústria têxtil, Delmiro Augusto da Cruz Gouveia e Herman Theodor Lundgren, resolveram trazer a palma para estabelecer criação de cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), visando o suprimento de corante para indústrias em Pernambuco (Frota et al., 2015). Introduzida no Brasil por meio desta ação, a cochonilha do carmim, anos depois tornou-se uma praga, responsável pela dizimação de inúmeros palmais na região.

O bioma da Caatinga, unicamente brasileiro, abrange aproximadamente 862.652 km² (IBGE, 2024), fazendo parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Sendo o bioma que ocupa a maior parte da área com clima semiárido da região Nordeste do Brasil (Figura 1).

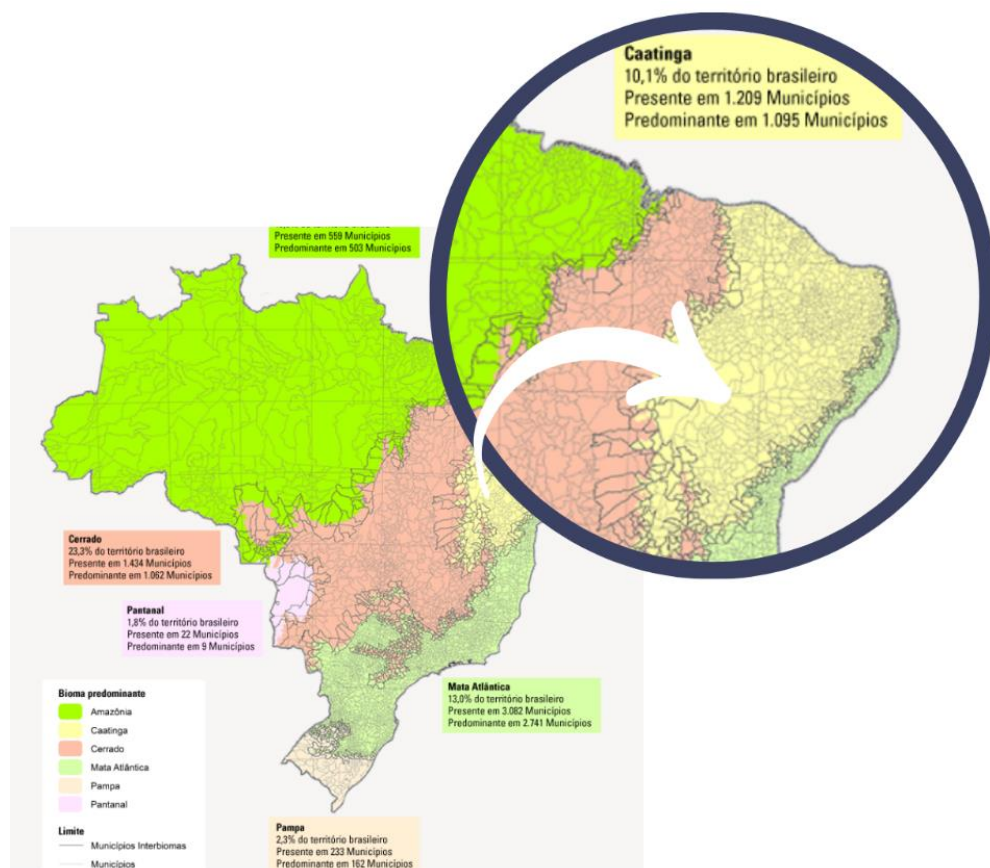


Figura 1. Panorama do bioma Caatinga no Brasil.

Fonte: Adaptado de IBGE (2024).

O bioma Caatinga é caracterizado por apresentar variação em relação: 1) à composição do solo, caracterizados em grande parte como pobres em matéria orgânica e baixa capacidade de acúmulo de água, se sobressaindo em percentual de potássio e cálcio, aspectos que podem variar dependendo da localização e elevação do terreno (Mendes, 1997); 2) às condições

climáticas que favorecem secas periódicas tendo em vista a ocorrência de chuvas irregulares e mal distribuídas geograficamente (Moura et al., 2007); 3) à ocorrência de manejo inadequado do solo causando erosão, perda de componentes e favorecendo a desertificação (Accioly, 2000); ao tipo de plantas próprias ou não para consumo de acordo com a categoria biológica a qual se enquadram, com predominância de plantas do tipo arbustivo-arbórea, com dois aspectos bem evidentes que são a presença de espinhos e a queda de folhas no período seco de cada ano, o que lhes dá o nome de caducifólias (Embrapa, 2007).

As espécies nativas que são encontradas nestas regiões pertencem dentre outras, às famílias das leguminosas, como exemplos: *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira), *Croton sonderianus* Muell. Arg. (marmeleiro), *Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret. (jurema preta); euforbiáceas: *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill (pinhão-bravo), cactáceas: *Pilosocereus gounellei* A. Webwr ex K. Schum. (xique-xique), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Pilosocereus pachycladlls* Ritter (facheiro), *Melocactus zehntneri* Britton & Rose Luetzelb (coroa-de-frade); e bromeliáceas: *Bromelia laciniosa* (macambira) (Giulietti et al., 2004).

Essa vegetação representa alternativa importante na alimentação animal, principalmente na época chuvosa. Entretanto, na época seca essa vegetação apresenta baixa disponibilidade de forragem (Paula et al., 2020). Assim, plantas forrageiras adaptadas as condições de semiárido são importante alternativa para manter sustentabilidade do sistema de produção ao longo do ano. Neste contexto, a palma forrageira se destaca, considerando o metabolismo fotossintético dessa planta, que confere elevada resistência as condições edafoclimáticas do semiárido nordestino (Lenzi & Orth, 2012).

Em 1932, a palma passou a ser administrada também como planta forrageira com objetivo de sanar ou reduzir a fome dos animais, em especial os ruminantes das regiões do semiárido, assim como já era utilizada em outras partes do mundo cujo clima é equivalente ao do Nordeste brasileiro. Segundo Lira et al. (2017), neste ano de 1932, a palma começou a ser percebida e produzida como um alimento alternativo para os animais da região do semiárido tendo em vista suas condições de resistência e adaptabilidade, em detrimento do plantio de outras culturas forrageiras que não teriam tanto sucesso nas condições climáticas desta região.

A palma forrageira pode ser utilizada enquanto reserva forrageira estratégica destinadas aos períodos da seca, e dependendo de cada realidade financeira e climáticas, a frequência de

colheita poderá sofrer variações (Santos et al., 2022), variando de um a dois anos (Dubeux Junior et al., 2022), a depender da escolha do produtor de acordo com a necessidade do rebanho. A menor frequência de corte utilizada é devido ao seu metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) que acarreta velocidade de crescimento lenta quando comparada às plantas dos demais tipos de metabolismo (Souza, 2023). É indispensável o planejamento para que sejam implantados os palmais em período propício, sendo indicado o terço final do período seco (Dubeux Jr. et al., 2017), e que na época da necessidade ele estará disponível, tendo em vista que esperar-se-á pelo menos um ano até o primeiro corte.

Além das palmas forrageiras exóticas trazidas para o Brasil, as cultivares IPA-20 e a IPA Sertânia, foram desenvolvidas no Brasil após anos de estudos, principalmente pela EMBRAPA, Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (Rocha, 2012), por acreditarem no potencial forrageiro da palma. A palma se adapta muito bem as condições de semiárido, e apresenta elevada persistência vegetativa, mesmo em períodos de longa restrição hídrica, característica marcante desta região brasileira, que determina que quanto maior o período de seca, menor a produção de forragem quando nos referimos a maioria das leguminosas, gramíneas e grãos cultivados, mas que não atinge com tanta intensidade a palma forrageira (Edvan et al., 2020).

A palma forrageira não é só um alimento, como também uma fonte de água para o animal, tendo em vista que sua ingestão ameniza a necessidade de água nos bebedouros, por ser um alimento com alto teor de água em sua composição, chegando a ser composta por 89% de água (Magalhães et al., 2021).

Quando comparada às gramíneas e leguminosas, a palma forrageira requer um tempo maior entre o plantio e a utilização como alimento para os animais, mesmo assim é considerada “tábua de salvação” para muitos produtores das regiões semiáridas, principalmente pela característica de conservar água, devido ao mecanismo de abertura dos estômatos ao longo da noite, e fechamento de estômatos no decorrer do dia. A cerosidade existente em sua superfície também caracteriza uma maior resistência em períodos de seca. Apresentando-se ainda como uma distinta fonte energética, de minerais e vitaminas (Dubeux Jr. et al., 2022).

Porém, uma das dificuldades em relação à palma forrageira é a oneração em relação a sua produção e manejo, uma vez que a mão-de-obra requerida desde a implantação, colheita, transporte, até a oferta para o animal, apresenta alto custo (Santos et al., 2022). Neste contexto,

buscar alternativas que tornem esta produção mais viável financeiramente, reduzindo-se os custos com mão-de-obra, sem perder as características de resistência aos períodos de seca, e os componentes nutricionais presentes nesta forrageira, se fizeram extremamente necessários.

Em 1992, estudo pioneiro sobre os efeitos do armazenamento pós-colheita da palma forrageira foi realizado por Santos et al. (1992), utilizando as cultivares de palma forrageira Redonda e Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e Miúda (*Opuntia cochenillifera* [L.] Mill), tendo em vista que para a época estes cultivares eram as mais utilizadas, pois eram observados ainda casos de infestação cochonilha do carmim no estado de Pernambuco.

Ao longo do tempo, cresceu o interesse pelas palmas *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cv. Orelha de Elefante Mexicana e *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill cv. Miúda, em especial em Pernambuco, Paraíba e Ceará, devido à grande devastação de palmais ocasionadas pela cochonilha-do-carmim. Assim, busca-se utilizar palmas forrageiras resistentes à cochonilha, deixando de contemplar as cultivares Redonda e Gigante por não serem resistentes a esta espécie de cochonilha, buscando-se materiais que garantam a manutenção da variabilidade genética para aspectos ambientais (Santos et al., 2022).

A existência das cochonilhas do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, (Hemíptera: Dactylopiidae) e de escamas (*Diaspis echinocacti* Bouché) (Hemíptera: Diaspididae) (Warumby et al., 2005), começou a afetar de forma negativa os sistemas de produção de palma se tornando uma praga no final do século XX, consequentemente ocasionando grandes perdas aos palmais nordestinos, e cuja erradicação ainda não foi estabelecida definitivamente até os dias de hoje. Especialmente a cochonilha do carmim que tem grande poder de devastação por ter como marca: alimentar-se da seiva da planta e injetar toxinas e/ou vírus, o que pode ocasionar em pouco tempo a disseminação do palmal (Bezerra, 2018).

Neste sentido, foram desenvolvidos estudos buscando-se novas alternativas de cultivares que não sofressem os impactos das infestações por estes insetos, e que suprissem as necessidades dos produtores nordestinos. Neste contexto, Santos et al. (2013) afirmam que no ano de 2005 o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) intensificaram os estudos com o intuito de identificar cultivares que se apresentassem resistentes as cochonilhas, identificando em especial como resistentes a cochonilha do carmim e suscetíveis a cochonilha de escama a cultivar Miúda (Vasconcelos et al., 2009) e Orelha de Elefante Mexicana.

3.2. Importância e Caracterização da Palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.)

A palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) é resistente à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, Hemíptera, Dactylopiidae), e por isto tem sido amplamente difundida no Semiárido Nordeste (Figura 2).



Figura 2. Palma Orelha de Elefante Mexicana, Garanhuns-PE, 2022.

Foto: Nascimento, D. B.

Ao avaliar as diferentes ordens de cladódios da palma Orelha de Elefante Mexicana, concluiu-se que os cladódios mãe e de terceira ordem demonstraram características esperadas para uma palma forrageira de boa qualidade, com produtividade de 38,61 e 30,84 t/ha⁻¹ MS, respectivamente, e apresentação de menor quantidade de espinhos, além de serem menores e menor presença de gloquídeos, quando comparadas aos cladódios de segunda ordem (Mendonza, et al., 2020). Ao mesmo tempo que apresenta maior perímetro, largura, espessura de cladódios, ou seja, o que se busca na maioria dos estudos de melhoramento genético para a palma.

A Orelha de Elefante Mexicana apresenta cladódios grandes com comprimento e largura que variam de 20 a 40 cm (Menezes et al., 2005), apresenta quase 1 kg de peso fresco em cada cladódio. Anatomicamente apresenta espinhos verdadeiros, porém são menos presentes que na

Orelha de Elefante Africana, apresentando também gloquídios de poucos milímetros. Os encontros entre os cladódios são bem resistentes, sendo necessário o uso de ferramenta cortante para realização de sua retirada. Os cladódios possuem uma cutícula de 1 a 5 milímetros que as tornam impermeáveis (Ramos et al., 2011) que protege dos microrganismos além de refletir os raios, o que reduz a absorção de calor pela planta ao mesmo tempo que a protege de maiores perdas de água (Sampaio et al., 2022).

Barros et al. (2018) demonstram alguns valores nutricionais da palma Orelha de Elefante Mexicana, tendo matéria seca variando de 94 a 112 g/kg na matéria natural, proteína bruta de 51 a 60 g/kg na MS, e fibra em detergente neutro de 257 a 262 g/kg na MS. Em estudo desenvolvido por Silva et al. (2017), a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana armazenada até 21 dias pós-colheita, apresentou persistência em seu valor nutritivo e aceitabilidade por parte de vacas Girolando.

De acordo com Carvalho (2021), este período de armazenamento pode exceder os 21 dias, chegando até 60 dias para este cultivar sem perdas nutricionais significativas, com mínima perda de água, e pouca alteração na composição química em especial para os teores de matéria seca com média de 110,52 g/kg MS sem variações significativas no período de 0 a 60 dias de armazenamento pós-colheita. Para proteína bruta obteve-se um teor médio de 54,22 g/kg MS, representando estatisticamente um aumento linear em todos os períodos de armazenamento e aumento linear no teor de Extrato Etéreo com média de 13,63 g/kg MS.

3.3. Importância e Caracterização da Palma Miúda (*Opuntia cochenillifera* (L.) Mill)

A palma Miúda tem porte arbóreo, com cladódios oblongos e estreitos, com disposição de 9 a 10 séries espirais, praticamente não apresenta espinhos, apenas em cladódios mais envelhecidos com cerca de 1 cm de comprimento. As flores são tubulares, e os frutos são obovalados, tuberculados, sem espinhos, apenas com presença de gloquídios, com cladódios de aproximadamente 0,5 kg (Menezes et al., 2005), e comprimento de 10 a 25 cm, largura de dois terços do comprimento, espessura de 1 a 5 cm (Silva, 2015). A ligação entre os cladódios é menos resistente, sendo facilmente quebrada, além da superficialidade das raízes, características estas pelas quais se evita de ofertar a palma forrageira aos animais diretamente no pasto, isto ocasionaria quebra e virada das plantas, oportunizando entrada de microrganismos e perdas do alimento. A palma Miúda apresenta maior número de estômatos que a palma Orelha de Elefante Mexicana (Sampaio et al., 2022), estes estômatos possuem ostíolos, responsáveis

pelas trocas gasosas da planta com o ambiente (Hills, 2001), desencadeando o processo fotossintético da palma (Gonçalves et al., 2022).

A palma Miúda (Figura 3) demonstra um grande potencial produtivo para o semiárido nordestino (Rego et al., 2014).



Figura 3. Palma Miúda, Garanhuns-PE, 2022.

Foto: Nascimento, D. B.

Um exemplo muito claro deste potencial para o setor leiteiro foi evidenciado por Valverde (1967) e ratificada por Santos et al. (2022), que afirmam a importância da inserção da palma como forrageira no Agreste de Pernambuco e Alagoas, que expandiu as oportunidades dos produtores rurais da área com a criação de indústria de laticínios que escoavam o leite produzido na região. Até os dias atuais ainda há grande produção de leite neste perímetro, e presença de indústria de laticínio, sendo referência como bacia leiteira em Pernambuco.

Independente do cultivar, o comprimento e a largura dos cladódios têm tendência de diminuir quando as plantas permanecem por períodos mais prolongados de restrição hídrica. Porém, observou-se que ao aumentar a densidade de plantio, a palma Miúda tende a aumentar sua produção (Silva et al., 2014).

A palma Miúda, também conhecida como palma doce tem porte pequeno, caule ramificado, é considerada mais nutritiva do que outros cultivares, pois possui maiores teores de matéria seca e carboidratos, chegando à 171 g/kg MS e 852 g/kg MS, respectivamente (Fotius et al., 2014), enquanto outros cultivares como exemplo a *Opuntia ficus-indica* Mill cv. Gigante apresenta máximas de 94 g/kg MS e 841 g/kg MS para as mesmas variáveis (Pessoa et al., 2013). A palma Miúda é mais exigente em relação à fertilidade, umidade e temperatura, porém menos resistente à seca (Albuquerque, 2000), se comparada a outras cultivares. No entanto, é resistente à cochonilha de carmim, principal praga da cultura da palma no Nordeste do Brasil (Silva, 2015).

De acordo com Domingues (1963), a palma Miúda era predominantemente cultivada no estado de Alagoas, enquanto as variedades Gigante e Redonda eram mais comuns nos demais estados do semiárido nordestino. A variedade gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) que antes era bem mais utilizada na região, embora seja resistente a seca e tenha uma boa produção de matéria verde, é mais suscetível ao ataque da cochonilha do carmim quando, comparada a cultivar Miúda que embora apresente uma menor produção de matéria verde, possui uma maior resistência ao ataque deste inseto (Vasconcelos et al., 2009). Comparando-se aos dias atuais, a palma Miúda tem sido menos disseminada no semiárido do que a Orelha de Elefante Mexicana, por ser mais susceptível aos efeitos da seca. Mesmo assim, Saraiva et al. (2021) indicam a palma Miúda como excelente alternativa a integração de leguminosas no plantio de palma uma vez que estas auxiliarão na disponibilidade de Nitrogênio no sistema produtivo, contribuindo para maior desenvolvimento da palma forrageira.

Na região de produção leiteira de Alagoas, a palma Miúda já foi amplamente usada como em áreas de pastagem e tem-se como prática neste estado o fornecimento da planta inteira, direto no campo (Amorim, 2011). Já em Pernambuco, a oferta é mais comum na forma picada, seja com utilização de faca, ou auxílio de máquina forrageira (Santos et al., 2005). No primeiro caso há grande tendência de perdas porque os animais acabam optando pelos segmentos mais macios da planta, e desperdiçando os cladódios mais velhos. Já no segundo caso, há maior custo com mão-de-obra, mas evita-se o desperdício da forragem, uma vez que a picagem quase que homogeneizará o alimento ofertado, minimizando a possibilidade de seleção do alimento.

Há ainda alguns produtores que ofertam a palma forrageira como alternativa de pasto, mas não parece interessante, uma vez que o animal acaba desperdiçando ainda mais, virando as plantas, mordendo parte dos cladódios jovens e já alternando para outra planta sem ter

consumido uma por inteira, o que pode ocasionar perda por podridão ou facilidade de contaminação por microrganismos (Santos et al., 2020).

Neste sentido, a oferta da palma no cocho, sendo moída ou cortada é uma estratégia que leva a um maior aproveitamento do alimento pelo animal. Entretanto, há a necessidade de corte e colheita, transporte, trituração ou corte, disponibilização no cocho, ou seja, mais atividades que demandam mão-de-obra diária para atendimento das necessidades alimentares da propriedade. Evidenciando mais uma vez o armazenamento como estratégia menos onerosa para o produtor.

3.4. Armazenamento pós-colheita

Quando colhida a palma passa por fechamento dos estômatos, e com isto a perda de água por transpiração se torna ainda menor. Esta capacidade que auxilia a perda mínima de água do cladódio na ocasião de plantação até que as raízes se formem (Scalisi et al., 2016), pode ser também uma característica favorável para o armazenamento dos cladódios.

Uma desvantagem do uso da palma forrageira tem sido o manejo para disponibilização deste alimento para os animais, uma vez que no geral o sistema de corte e oferta diários é a forma mais utilizada para a colheita da cactácea. Este sistema visivelmente é onerado com transporte e mão-de-obra, tornando a exploração menos interessante para aqueles que já buscam alternativas de minimizar os custos de produção. Surge então a opção de armazenamento da palma forrageira (Figura 4) como uma estratégia em prol do produtor no intuito de amenizar os custos provenientes da produção, do corte e transporte quando fracionados diariamente.



Figura 4. Esquema representativo da colheita, transporte e armazenamento pós-colheita da palma forrageira.

Fonte: Adaptada de Santos et al. (2024).

Até o início da década de 90 não havia ainda estudos voltados para o armazenamento de palma forrageira, pois ainda não se tinha atentado para esta alternativa, porém, Santos et al, (1992) verificaram o efeito do período de armazenamento sobre a palma Miúda (*Opuntia cochenillifera* (L.) Mill), chegando a teores que demonstraram não haver perdas significativas dos componentes nutricionais quando a cultivar Miúda foi submetida a armazenamento pós-colheita de até 16 dias, como descritos na obtenção de teores médios de: matéria seca (MS) 233,9 g/kg; proteína bruta (PB): 22,1 g/kg; fibra bruta (FB): 109,3 g/kg; e carboidratos solúveis: 579,4 g/kg.

Trabalhos mais recentes já indicam o armazenamento da palma forrageira de diferentes cultivares pós-colheita como uma realidade mais recorrente trazendo também aspectos não só bromatológicos, mas também fisiológicos, e testes que simulam o efeito da palma forrageira em organismo animal, após o armazenamento em diferentes tempos (Carvalho et al., 2021; Santos et al., 2024), mas ainda são bem restritos se comparado ao benefício que este mecanismo proporciona para os produtores do semiárido.

Diante destas informações sobre o armazenamento da palma Orelha de Elefante Mexicana até os 60 dias sem grandes perdas, Carvalho (2020) já havia justificado que o

armazenamento *in natura* pode ser viável em pequenas propriedades onde não há maquinário disponível para o processamento de silagem. Afirmado que a silagem também é uma boa alternativa para armazenagem da palma Orelha de Elefante Mexicana, em especial para as propriedades que já dispõem de máquinas adequadas.

Em estudo publicado por Santos et al. (2024), avaliando tempos de armazenamento pós-colheita, observaram que na cultivar Miúda, a concentração de matéria seca (MS) variou de 141 a 196 g/kg na matéria natural aos 16 e 48 dias de armazenamento nos cladódios terciário e primário, respectivamente. Considerando-se não ter havido efeito quadrático ou linear, independente do cladódio verificado, para os valores obtidos de matéria seca. Neste sentido, a variação nestes teores pode estar associada ao processo de evapotranspiração ocorrido no período de armazenamento da planta dentro do galpão. Quanto a estratégia de armazenamento da palma forrageira pós-colheita, é preciso observar as especificidades de cada espécie, uma vez que uma cultivar pode se mostrar mais resistente a diferentes períodos de armazenamento que outros. Assim, o armazenamento da palma Miúda recomendado por Santos et al. (2024) foi de até 32 dias, tendo em vista que se observou em período superior a este, elevada perda dos carboidratos solúveis em água, ou seja, apresenta elevação nas taxas de deterioração com o passar do tempo, podendo comprometer o valor nutricional da forragem. Apesar de não ter comprometimento significativo nos teores de PB e FDN no decorrer dos 56 dias de armazenamento pós-colheita.

Recomenda-se que quando utilizada a estratégia do armazenamento pós-colheita é indicado que seja realizado em galpão com entrada de ar constante, ou debaixo de árvore com sombra vigorosa, com cladódios separados ou plantas inteiras amontoadas, realizando-se o fracionamento apenas no momento do uso, no intuito de diminuir a ação de microrganismos (Carvalho, 2018; 2021).

3.5. Composição Química da Palma Forrageira

A palma forrageira apresenta características que lhe conferem a capacidade de alta produção de massa de forragem, desde que bem manejada, além do eficiente uso da água em sua composição. Isto ocorre especialmente por possuir o metabolismo Ácido Crassuláceo que evita a perda de água por transpiração no decorrer do dia, através do fechamento dos estômatos, e devido a sua capacidade de fixar CO₂ atmosférico no período noturno (Nunes et al., 2020). A palma forrageira auxilia na redução voluntária de água no bebedouro (Batista et al., 2022),

ou seja, é uma fonte hídrica para os animais, isto porque o metabolismo da palma faz com que sua composição seja em grande parte de água, mesmo em climas tão limitados em quantidade e qualidade hídrica, tornando a palma ainda mais importante nas regiões de semiárido.

A palma forrageira apresenta teores de proteína bruta de 45 g/kg MS e fibra digestível total de aproximadamente 250 g/kg MS, podendo ainda variar de acordo com a fertilidade do solo, adubação, idade do cladódio e manejo, o que torna no geral necessária a adição de fontes proteicas e fibrosas para suprir os requerimentos nutricionais dos animais para manutenção e produção (Inácio et al., 2020), o intervalo de corte (Rocha et al., 2017), o clima e solo da região, a idade da planta (Farias et al., 2000), fertilizantes utilizados, sistema e manejo de cultivo, espaçamento de plantio, a recomposição de nutrientes para o solo (Saraiva et al., 2021), a época em que é manejada, a utilização de estratégias como adubação, irrigação, dentre outros fatores que podem contribuir para alterar a composição química do alimento (Pessoa et al., 2020). No entanto, há uma composição básica em termos de nutrientes e outros componentes importantes neste contexto. Um exemplo muito evidente é a evolução na produção obtida ao longo dos anos, investindo-se em melhoramento genético e a otimização do manejo da palma que passou de produção estimada de 4 t/ha/ano MS para 53 t/ha/ano MS num intervalo de 50 anos (Santos et al., 2005).

Santos et al. (1994) observaram que a produção de MS possui correlação positiva com os teores de MS, FB e Ca ao avaliarem clones da palma forrageira, em relação aos parâmetros genéticos. Foi verificada correlação negativa, em relação aos teores de PB, P e K, ou seja, a produtividade foi proporcionalmente inversa a essas variáveis. Foi verificado ainda, limitações para a atuação no melhoramento genético em relação a composição química da palma forrageira, em termos de qualidade nutricional. Porém, características produtivas como tamanho dos cladódios e redução na quantidade de espinhos foram consideradas aspectos alcançáveis pelo melhoramento genético.

Em números gerais, a matéria seca da palma forrageira pode variar entre 100 e 150 g/kg MN. Com teor de água de 800 a 900 g/kg MN. O teor de proteína bruta varia em média de 40 a 80 g/kg MS, o que representa um baixo teor de proteína. A fibra é essencial para o funcionamento do sistema digestivo dos ruminantes, na palma forrageira os teores de fibra em detergente neutro variam de 210 a 338 g/kg MS (Pessoa et al., 2022). Grande parte dessas fibras é de fácil digestão, devido à alta concentração de fibras solúveis, como a pectina, que favorecem a absorção de nutrientes. A palma forrageira apresenta baixo conteúdo de fibra em detergente

neutro (FDN) (Rocha Filho, 2012), indicando baixa efetividade física, sendo indicada a associação com fontes de fibra, com adição média de 15 a 20% na dieta dos ruminantes (Ferreira et al., 2009).

Em relação aos níveis de FDN para palma Orelha de Elefante Mexicana, observou-se teores de 263,2 (Carvalho et al., 2021) e 154,8 g/kg MS (Magalhães et al., 2021). E para a palma Miúda, verificou-se 19,73% de variação nos valores, 311,8 g/kg MS para Silva et al. (2022), e 114,5 g/kg MS (Tabela 1). Os carboidratos não fibrosos podem variar entre 530 e 700 g/kg MS (Costa et al., 2012). Os teores de energia metabolizável podem ir de 1,5 a 2,1 Mcal/kg. O extrato etéreo varia de 10 a 30 g/kg MS. Cinzas de 150 a 220 g/kg MS. O cálcio de 20 a 35 g/kg MS.

Neste sentido, independente da espécie de palma forrageira a ser analisada, é possível afirmar que é um alimento que apresenta baixos valores de PB e FB, como apresentados na Tabela 1, na qual há variação de 39 g/kg de MS para PB, sendo para a palma Orelha de Elefante Mexicana os valores extremos 74,3 g/kg MS (Magalhães et al., 2021) e 35,0 g/kg MS (Guerreiro, 2017). Já para a Miúda, a variação é em média 3,72%, sendo os valores de 25,8 g/kg MS (Silva et al., 2022), e 63,0 g/kg MS (Maciel et al., 2015) representantes do mínimo e máximo teores de proteína bruta.

Elevados teores de energia e água são conferidos às palmas forrageiras, características estas que lhes conferem ainda mais valor diante das condições de baixos índices pluviométricos típico do Semiárido. A Orelha de Elefante Mexicana apresenta assim um teor de matéria seca que varia de 52,5 a 130 g/kg matéria natural (MN), registrados por Magalhães et al. (2021) e Guerreiro (2017), respectivamente. E a palma Miúda com 92,0 a 138,1 g/kg MN (Maciel et al., 2015; Magalhães et al., 2021). Foi observado que os teores de matéria seca do alimento, referem-se à porção da planta que permanece após a remoção de toda a água, considerando que todos os autores elencados demonstraram ser o teor de MS igual ou menor a 138,1 g/kg MN, é possível afirmar que a proporção de água da palma é de fato bem elevada (Tabela 1).

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) que é um parâmetro bastante utilizado na nutrição de ruminantes, cujo intuito é estimar o valor energético de um alimento, apresentaram-se semelhantemente elevados na literatura, todos excedendo os 60% de NDT em suas análises químicas (Tabela 1).

Existe uma perceptível variação entre os valores obtidos por cada pesquisador para determinado aspecto químico e/ou nutricional, mesmo, quando comparada a palma forrageira dentro do mesmo gênero (Tabela 1). Estas variações podem ocorrer por diferentes motivos, podendo ser pela época do ano em que o palmal foi estabelecido, ou mesmo quando foi colhido; pelo período fenológico da palma; pela ordem de cladódios avaliados; ou mesmo pelos insumos ou componentes utilizados ao longo do estabelecimento do palmal que possam ter interferido nos aspectos nutricionais da palma.

Tabela 1. Composição química da palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. e *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill, conforme diferentes autores

Palma forrageira	MS	PB	FDN	DVIVMS	CNF	NDT	Idade de colheita	Local	Autores
	g/kg (MN)	g/kg (MS)	g/kg (MS)	g/kg (MS)	g/kg (MS)	g/kg (MS)			
<i>O. stricta</i>	110	54	263	-	524	-	2 anos	Alvorada de Gurguéia, PI-BR	Carvalho et al. (2021)
	52	74	155	821	602	651	2 anos	São Bento do Una, PE-BR	Magalhães et al. (2021)
	140	33	202	-	667	-	4 anos	Arcoverde, PE-BR	Silva et al. (2017)
	135	35	198	746*	641	-	-	Ielmo Marinho, RN-BR	Guerreiro (2017)
	97	53	210	889	617	-	-	Arcoverde, PE-BR	Pessoa et al. (2022)
	89	63	372	776	-	-	1 ano	Tigré- Etiópia	Teklu (2023)
<i>O. cochenillifera</i>	138	38	114	826	708	709	2 anos	São Bento do Una, PE-BR	Magalhães et al. (2021)
	118	26	312	665*	518	697	-	Macaíba, RN-BR	Silva et al. (2022)
	110	55	373	-	424	-	2 anos	São Bento do Una, PE-BR	Torres et al. (2009)
	109	40	255	885	-	-	-	Arcoverde, PE-BR	Pessoa et al. (2022)
	123	45	224	706*	606	-	-	Ielmo Marinho, RN-BR	Guerreiro (2017)

MN – Matéria natural; MS – Matéria seca; PB -Proteína bruta; FDN - Fibra em Detergente Neutro; DVIVMS – Digestibilidade verdadeira *in vivo* na matéria seca; CNF – Carboidratos não fibrosos; NDT – Nutrientes digestíveis totais. *Valor para digestibilidade aparente.

3.6. Digestibilidade e Produção de gás *in vitro*

A digestibilidade *in vitro* da palma forrageira é um aspecto de grande relevância na avaliação de sua eficiência como alimento para pequenos e grandes ruminantes. A digestibilidade da matéria seca da palma pode ser considerada alta (Tabela 1). A digestibilidade dos alimentos está intimamente relacionada às interações entre os nutrientes e os microrganismos ruminais, afetando os processos de digestão, absorção e utilização de metabólitos (Martins et al., 2000). Uma das características que está diretamente relacionada à digestibilidade são os elevados teores de carboidratos não fibrosos e ao baixo teor de lignina presente na palma, que contribuem para uma degradação eficiente no rúmen (Cavalcante et al., 2014).

Guerreiro (2017) avaliou as cultivares Miúda e Orelha de Elefante Mexicana em dietas de ovinos. Foi observado que os coeficientes da digestibilidade da MS foram maiores quando os animais consumiam a palma Orelha de Elefante Mexicana (74,62%), em comparação com a Miúda (70,63%).

A técnica de produção de gás *in vitro* surgiu a partir da necessidade de ampliação de estratégias para verificações mais aprofundadas sobre o potencial de utilização de plantas forrageiras na dieta de ruminantes, buscando-se avaliações que pudessem simular o mais equivalente possível as condições ruminais do animal, se colocando além das opções *in situ* e *in vivo*, nas quais se estimavam apenas valores estimados de digestibilidade a nível gastrintestinal, sem levar em consideração os aspectos de fermentação ruminal (Oliveira et al., 2014).

A palma forrageira apresenta em sua composição elevado nível de carboidratos não fibrosos, que elevam a taxa de fermentação do alimento. Estudos demonstram que a produção de gás *in vitro* para a palma forrageira pode variar em função da cultivar de palma utilizado. Parâmetros avaliativos comparativos entre palmas forrageiras, referentes à produção de gás *in vitro* demonstraram que a palma Miúda apresentou destaque dentre as demais cultivares avaliadas, quando comparado o volume máximo de gás para os carboidratos não fibrosos (220,6 mL/g MS), superando estatisticamente à Orelha de Elefante Mexicana (193,2 mL/g MS). A mesma relação ocorreu para o volume máximo de gás para a fração de lenta degradação, ou seja, os carboidratos fibrosos, sendo para a Miúda (115,4 mL/g MS) e Orelha de Elefante Mexicana (99,4 mL/g MS) (Magalhães et al., 2021).

Os teores de produção em gás podem variar de acordo com o estágio de vida da planta. Cladódios mais jovens apresentam maiores teores de carboidratos não fibrosos (570,0 g/kg MS), conseqüentemente elevam os níveis de produção de gás (323,6 mL/g MS), quando comparado à cladódios mais maduros de CNF (425,8 g/kg MS) e produção de gás *in vitro* (301,8 mL/g MS) (Ribeiro & Santos et al., 2019).

Neste contexto, a avaliação da produção de gás *in vitro* pode ser utilizada como alternativa para simular a digestão da palma forrageira no organismo do ruminante, comparando os diferentes tempos de armazenamento pós-colheita, tendo em vista que os resultados obtidos neste tipo de análise são diretamente proporcionais ao nível de concentração de carboidratos não fibrosos presentes do alimento, que quanto maior, mais contribui para a disponibilização de energia para o animal que dela se alimenta. E quanto maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais, maior o volume de gás produzido pela degradação da amostra (Muniz et al., 2011).

A curva de degradação é obtida a partir da quantidade de gás que é produzida, estimada em tempos já definidos em metodologia (Theodorou et al., 1994). A produção total de gás *in vitro* é o acúmulo destas medidas ao longo do tempo. A produção de gases poder indicar a degradabilidade, a densidade de energia na composição da dieta, podendo sofrer variações independentes dos teores concentração de proteínas, de fibras, e até de taninos (Cordova-Torres et al., 2015).

Sales (2018) avaliou palma dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estágios fenológicos. Foi observado que para as características da produção de gás, só não houve diferença ($P>0,05$) no parâmetro da taxa de degradação (A+B1), sendo os maiores volumes de produção de gás total (Vt1) observado para *Opuntia ficus-indica* Mill cultivar Orelha de Onça, também chamada de palma Redonda, com 333,86 mL.g⁻¹ MS. Dentre os cultivares, a Orelha de Onça foi a que menos se destacou quanto aos carboidratos fibrosos e pectina, tendo se sobressaído pelo teor de carboidratos não fibrosos, que influenciaram na cinética de produção de gás *in vitro*, demonstrando maior disponibilidade de nutrientes no rúmen. Os estágios fenológicos (jovem, intermediário e maduro) dos cultivares de palma forrageira não influenciaram a digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Didática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (URFPE) Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes (Figura 5), situada no município de Garanhuns, região Agreste de Pernambuco, localizada a 8° 53' 25'' de latitude Sul e 36° 29' 34'' de longitude Oeste, 896 m acima do nível do mar.



Figura 5. Fazenda Didática da UFRPE, Garanhuns-PE, 2022.

Foto: Silva, N. V.

O clima do local é classificado como tropical tipo Aw' segundo classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013), com regime de chuvas de outono-inverno. A temperatura média anual é de cerca de 21,2 °C, possui verões quentes e secos e invernos amenos e úmidos. O solo é classificado como Argissolo Amarelo, de textura franco-argiloarenoso. Os resultados obtidos na caracterização química do solo da área de cultivo da palma são apresentados a seguir: Matéria orgânica: 15,3 g/kg; P-Mehlich (Fósforo): 4,2 mg.dm³; Fe²⁺ (Ferro): 199,4 mg.dm³; Cu²⁺ (Cobre): 0,2 mg.dm³; Zn²⁺ (Zinco): 2,4 mg.dm³; Mn²⁺ (Manganês): 1,0 mg.dm³; Ca²⁺ (Cálcio): 0,68 cmol_c.dm³; Mg²⁺ (Magnésio): 0,53 cmol_c.dm³; Na²⁺ (Sódio): 0,042 cmol_c.dm³; K⁺ (Potássio): 0,32 cmol_c.dm³; Al³⁺ (Alumínio): 0,00 cmol_c.dm³; S (Soma de bases): 1,58 cmol_c.dm³; H⁺ + Al³⁺ (Hidrogênio + Alumínio): 2,18 cmol_c.dm³; CTC (Capacidade de troca catiônica): 3,76 cmol_c.dm³; m (Saturação por alumínio): 0,0%; V (Saturação por bases): 42,07; pH (Potencial hidrogeniônico): 6,15; CE (Condutividade elétrica): 0,77 ds.m⁻¹.

O material vegetal utilizado no armazenamento de palma pós-colheita foi oriundo de uma área de palma instalada na Fazenda Didática da UFRPE em 2021 (Figura 6), com duas cultivares de palma forrageira resistentes a cochonilha-do-carmim, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cv. Orelha de Elefante Mexicana e *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill cv. Miúda (Vasconcelos et al., 2009), sendo um cladódio plantado por cada cova em posição verticalizada, em espaçamento de $3,0 \times 1,0 \times 0,5$ m. A palma foi colhida em outubro de 2022, com um ano de idade, sendo o corte realizado com auxílio de um facão, preservando-se o cladódio mãe. Durante o primeiro ano de cultivo a precipitação total registrada foi de 1.429,6 mm.



Figura 6. Palmal com aproximadamente 12 meses de idade, Fazenda Didática da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE.

Após o processo de colheita, as palmas foram armazenadas em galpão de alvenaria, coberto, e aberto lateralmente (Figura 7), conforme metodologia proposta por Santos et al. (1992).

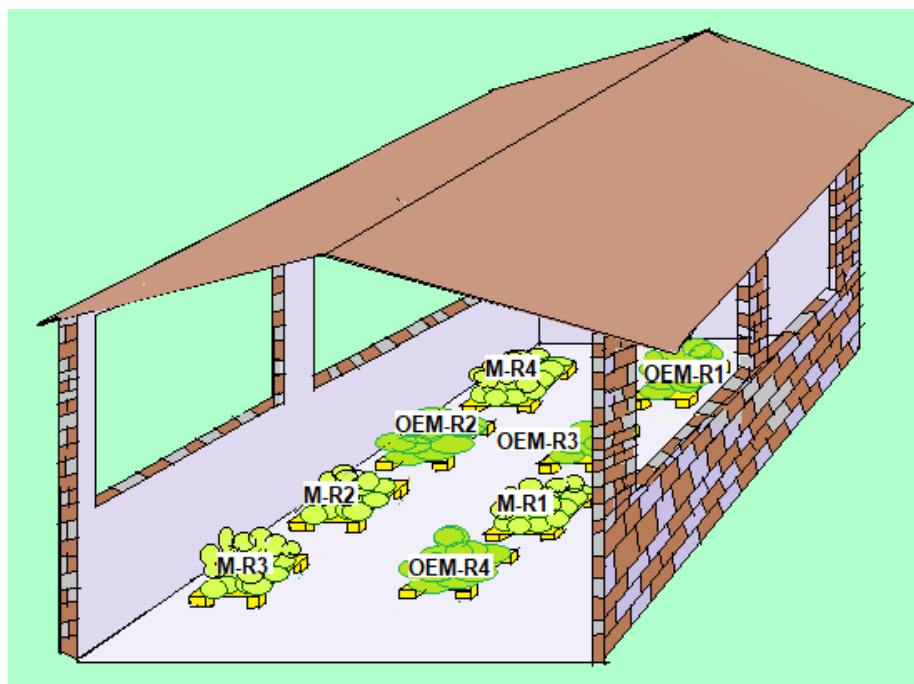


Figura 7. Croqui do galpão de armazenamento.
OEM: Orelha de Elefante Mexicana; M: Miúda; R: Repetição.

Os cladódios foram empilhados sobre paletes de madeira para evitar o contato direto da palma forrageira com o piso do galpão e propiciando maior circulação de ar dentre os cladódios, tendo em vista que o contato com umidade do solo ou abafamento poderia ocasionar apodrecimento e/ou mofo no produto armazenado. Durante o período de armazenamento dos cladódios, buscou-se mantê-los intactos, e evitar lesões na colheita e empilhamento com intuito de dificultar o acesso de microrganismos.

O armazenamento pós-colheita foi composto por dois experimentos com cada cultivar avaliada, de forma independente. O empilhamento da cv. Orelha de Elefante Mexicana foi realizado utilizando-se aproximadamente 640 kg de cladódios, sendo 160 kg por pilha, e da cv. Miúda com 480 kg, sendo 120 kg por pilha.

Durante o período experimental entre os meses de outubro a dezembro de 2022, realizou-se o acompanhamento da temperatura interna e externa, bem como da umidade relativa do ar, com uso do equipamento termohigrômetro digital J.Prolab Modelo 1566-1. A temperatura interna variou entre 23,2 e 27,1°C, e externa de 23,8 e 28,7°C, com umidade relativa do ar média de 73% (Tabela 2).

Tabela 2. Temperaturas interna, externa e umidade relativa do ar ao longo do experimento

Tempo (dias pós-colheita)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Umidade relativa do ar (%)
0	23,2	25,3	78
8	24,8	26,6	74
16	27,1	28,7	64
24	26,5	28,0	73
32	25,2	26,7	68
40	23,3	23,8	76
48	24,1	24,5	79
56	25,3	25,8	72

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo e quatro repetições, para cada cultivar. Os tratamentos experimentais foram compostos por oito períodos de armazenamento pós-colheita, sendo T1- 0 dias de armazenamento, T2- 8 dias, T3- 16 dias, T4- 24 dias, T5- 32 dias, T6- 40 dias, T7- 48 dias e T8- 56 dias de armazenamento pós-colheita.

A coleta dos cladódios foi realizada em cada período experimental estabelecido, sendo coletados aproximadamente 3 kg de cladódios de forma aleatória em cada pilha (Figura 8).

**Figura 8.** Empilhamento de cladódios de palma sobre paletes, durante os períodos de armazenamento pós-colheita.

As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). Em seguida, os cladódios foram cortados manualmente, homogeneizados, pesados e levados para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C, até peso constante. Após secagem as amostras

foram pesadas, e posteriormente moídas em moinhos de faca (tipo Willey), com peneira com malha de 1 e 2 mm para proceder as análises (Figura 9).



Figura 9. (A) Homogeneização e pesagem dos cladódios cortados manualmente; (B) Secagem em estufa a 55°C; (C) Pesagem pós secagem e (D) Moagem das amostras.

As análises foram realizadas no laboratório de Forragicultura Prof. Iderval Farias, pertencente ao Departamento de Zootecnia – UFRPE. Para determinação da matéria seca (MS) (método 930.15) utilizou-se metodologia da AOAC (2019). Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), método G-008/1) seguiu-se o método proposto por Detmann et al. (2021), utilizando incubadora artificial DAYSE^{II} (ANKOM[®] Technology) (Figura 10). O inóculo ruminal foi obtido imediatamente antes do início da incubação, a partir de amostras compostas das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal de bovino (fêmea) da raça Girolando com fístula ruminal (Comissão de Ética No Uso de Animais da UFRPE sob licença n° 23082.02493/2019-16), com peso corporal vivo de 480 ± 10 kg, sendo a dieta composta por capim-elefante picado no cocho e concentrado, na relação volumoso:concentrado de 90:10 com base na MS, com acesso irrestrito a água.



Figura 10. Análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cladódios de palma.

O teor de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi, método F-009/2) foi determinado por meio da incubação de amostras *in situ* em ovino macho, fistulado, atendendo exigências da (Comissão de Ética No Uso de Animais da UFRPE sob licença n° 88112.90322/001020), durante o período de 288 horas (Detmann et al., 2021), cuja dieta era composta por concentrado, feno de Tifton 85, mistura mineral para bovino e sal comum.

A análise de produção total de gás *in vitro* (Figura 11) foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). Realizou-se a incubação de 1,0 g de amostra moída a 2 mm em frascos de 160 ml, adicionando-se 90 mL do meio nutritivo de Goering & Van Soest (1970), e 10 mL de inóculo ruminal.



Figura 11. Análise de produção total de gás *in vitro* de amostras de palma, Laboratório de Nutrição Animal-UFAPE.

Posteriormente, cada frasco passou por aspersão de gás carbônico (CO₂), e foram devidamente vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio, seguido da incubação em estufa com temperatura constante de 39 °C, realizando-se agitações manuais dos frascos após cada aferição. A pressão produzida pela fermentação dentro de cada frasco foi mensurada por meio de um transdutor de pressão (Datalogger Universal Logger AG100 – Agricer), de acordo com metodologia de Theodorou et al. (1994), utilizando uma conexão de agulha (0,7 x 25 mm). As leituras foram aferidas nos tempos: T0 (momento que zerou a pressão dos jarros), T2, T4, T6, T8, T10, T12 (aferindo-se a pressão a cada 2 horas), T15, T18, T21, T24 (com aferição a cada 3 horas), T30, T36, T42, T48, T54, T60, T66, T72 (medindo-se a cada 6 horas). Para cada leitura foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra.

Os dados de pressão foram obtidos em psi (pressão por polegada) e foram convertidos em volume de gases (V), adotando-se a equação $V = 5,1612P - 0,3017$, $R^2 = 0,9873$, gerada no Laboratório de Produção de Gases da UFAPE (-8° 90' 77" S, -36° 49' 49" W, altitude de 844 metros).

Para determinação dos parâmetros de produção de gás foi utilizado o modelo logístico bicompartimental (Schofield et al., 1994):

$$V_t = \frac{V_{f1}}{1+e^{[2-4k_1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1+e^{[2-4k_2(t-\lambda)]}} + \varepsilon$$

onde, V_{t1} = volume (mL) total observado, V_{t2} =volume (mL) total encontrado a partir do modelo, V_{f1} = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), V_{f2} = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação, de lenta degradação, k_1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF), k_2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF), t = tempo de fermentação, λ = Lag time, e = exponencial e ε = erro experimental associado a cada observação.

Os dados foram submetidos a análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e realizado a análise de variância (ANOVA), as amostragens em cada período de armazenamento foram consideradas medidas repetidas no tempo, utilizando-se o programa PROC MIXED do software SAS (SAS® On Demand). Quando houve efeito significativo dos fatores estudados

no teste F na ANOVA, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para a determinação dos parâmetros de produção de gás foi utilizado o modelo logístico bicompartimental com auxílio do PROC NLIN do software SAS. Após os parâmetros foram analisados através do PROC MIXED do SAS. As médias foram comparadas usando o procedimento PDIFF ajustado para o teste de Tukey. Diferenças significativas foram consideradas quando $P \leq 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Palma Orelha de Elefante Mexicana

Para os teores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), observou-se efeito dos tempos de armazenamento, elevação nos níveis de FDNi nos maiores tempos de armazenamento dos cladódios de palma Orelha de Elefante Mexicana, sendo de 66,9 g/kg de MS aos 56 dias de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) de Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE

Tempo de armazenamento pós-colheita (dias)	Fibra em Detergente Neutro Indigestível (g/kg MS)
0	37,1 c
8	43,8 bc
16	48,9 bc
24	56,3 ab
32	53,9 ab
40	67,1 a
48	57,5 ab
56	66,9 a
EPM	4,3703
<i>P</i>	<0,0001

EPM: Erro Padrão de Média. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados para fibra em detergente neutro indigestível (Tabela 3) se invertem, quando comparamos a degradação de carboidratos fibrosos (Tabela 5). Enquanto o parâmetro de degradação de carboidratos fibrosos diminuiu ao longo do período de armazenamento pós-colheita, a fibra em detergente neutro indigestível aumentou, registrando-se maior teor aos 40 e 56 dias pós-colheita.

Esta estimativa pode sofrer variações principalmente quando há comparação de ordens e idades de cladódios, tendo em vista que a palma forrageira já é uma planta com baixo teor de fibra (Amorim, 2011), em especial dos cladódios mais jovens, porém neste experimento não houve seleção de cladódios por ordenamento, as amostras foram obtidas ao acaso dentro da pilha.

Quando mais velhos os cladódios, maior a tendência de possuírem fibras indigestíveis em sua composição, principalmente os cladódios que dão estrutura e sustentação à planta, a exemplo do cladódio mãe (Oliveira, 2016). Uma possível redução de teor de água da palma forrageira ao longo do período de armazenamento, poderá influenciar a lignificação dos cladódios, e elevar o teor de fibra indigestível no alimento (Carvalho, 2021).

A presença de Fibra indigestível no alimento poderia expressar uma relação inversa à digestibilidade, sendo esta fração indigestível uma limitante de consumo para o animal, uma vez que a fibra ocasiona enchimento no organismo do ruminante (Oliveira et al., 2011). Porém, nos casos de fibra em detergente neutro indigestível encontrados na palma forrageira, não há interferência no teor de digestibilidade, porque mesmo em valores crescentes, a fibra indigestível é considerada baixa quando comparada a outros tipos de forrageiras (Batista et al., 2003).

Silva et al. (2018) encontraram 118,3 g/kg MS para fibra em detergente neutro indigestível da palma Orelha de Elefante Mexicana sendo este teor de fibra indigestível em detergente neutro 76,83% mais elevado que os valores encontrados neste trabalho. Já Pessoa et al. (2020), observaram que para este parâmetro, existe uma elevada variação decorrente das diferentes fases da palma forrageira, jovem, intermediária e madura, com teores crescentes à medida que o tempo avança, com a digestibilidade nas referidas às fases fenológicas de 78,6; 94,0 e 170,8 g/kg MS, respectivamente.

Para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cv. Orelha de Elefante Mexicana (Tabela 4), observou-se diferença significativa entre os períodos de armazenamento pós-colheita.

Tabela 4. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE

Tempo de armazenamento pós-colheita (dias)	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (g/kg)
0	823,1 a
8	694,2 b
16	650,1 bc
24	656,7 b
32	646,7 bc
40	598,5 c
48	681,2 b
56	694,2 b
EPM	17,2122
<i>P</i>	<0,0001

DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; EPM: Erro Padrão da Média. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palma forrageira no tempo 0, ou seja, no período em que não houve armazenamento efetivo dos cladódios, alcançando maior valor, mostrando-se superior estatisticamente a todos os demais tempos com armazenamento ($P < 0,0001$). Porém, é possível afirmar que mesmo apresentando uma redução dos teores de digestibilidade nos demais tempos de armazenamento, a digestibilidade observada para a Orelha de Elefante mexicana é considerada elevada, característica importante na avaliação nutricional da palma forrageira. Magalhães et al. (2021) observaram digestibilidade de 821 g/kg de MS para a Orelha de Elefante Mexicana aos dois anos de dias de idade após o plantio. Guerreiro (2017) observou maior digestibilidade para palma Orelha de elefante 74,62% em comparação com 70,63% para a Miúda, mas esta diferença na digestibilidade da forragem não refletiu nos teores de consumo de matéria seca, e no ganho de peso diário dos cordeiros avaliados.

Houve diferença significativa para o volume de gás observado e o volume de gás estimado pelo modelo bicompartimental, degradação de carboidratos fibrosos e latência, enquanto para taxa de degradação de carboidratos fibrosos, degradação de carboidratos não fibrosos e taxa de degradação não foram observadas diferenças significativas (Tabela 5).

Tabela 5. Produção de gás *in vitro* de Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE

Tempo (dias)	VGO (mL/g MS)	VGE (mL/g MS)	DCF (mL/g MS)	TDCF (%/h)	DCNF (mL/g MS)	TDCNF (%/h)	Latência (h)
0	296,8 a	296,2 a	192,5 a	0,029	104,3	0,122	3,9 d
8	254,4 ab	253,5 ab	153,9 ab	0,027	100,5	0,094	5,0 c
16	257,7 ab	256,8 ab	148,6 ab	0,027	109,1	0,092	4,5 cd
24	254,6 ab	253,8 ab	166,5 ab	0,028	88,2	0,101	5,9 ab
32	250,1 ab	248,9 ab	141,7 ab	0,026	108,4	0,082	6,5 a
40	238,7 b	237,4 b	149,4 ab	0,026	89,3	0,083	6,6 a
48	235,9 b	235,4 b	145,4 ab	0,029	90,5	0,132	4,6 cd
56	251,2 ab	249,9 ab	126,0 c	0,025	125,2	0,086	5,1 bc
EPM	14,5122	14,4019	15,4094	0,0015	14,0262	0,0214	0,2425
P	<0,0136	<0,0119	<0,0146	<0,1058	<0,1751	<0,2218	<0,0001

VGO: Volume de gás observado; VGE: Volume de gás estimado pelo modelo bicompartimental; DCF: Degradação de carboidratos fibrosos; TDCF: Taxa de degradação de carboidratos fibrosos; DCNF: Degradação de carboidratos não fibrosos; TDCNF: Taxa de degradação. EPM: Erro Padrão da Média. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao volume de gás observado (VGO), obteve-se para o período 0 (sem armazenamento), uma produção total de gás a produção de gás mais elevada, em comparação aos demais tempos de armazenamento, chegando aos períodos de 40 e 48 dias de armazenamento a apresentar o menor volume de gás produzido, 238,7 e 235,9 mL/g MS, respectivamente (Tabela 5). O volume de gás para a Orelha de Elefante Mexicana foi estimado pelo modelo bicompartimental (VGE) para a palma Orelha de Elefante Mexicana.

A degradação de carboidratos fibrosos passou por significativa alteração ao longo dos períodos de armazenamento, sendo constatado redução nos teores expressados dos tempos 0 a 16 dias, com elevação aos 24 dias, com elevação no tempo seguinte, e novo decréscimo quase que constante a partir de então.

Já o *lag time* ou período de latência que representa o tempo de colonização dos microrganismos, apresentou diferença significativa quando comparados os períodos de 32 e 48 dias de armazenamento 6,5 e 6,6 horas, respectivamente, com tratamento sem armazenamento 3,9 horas de latência. Esta relação é explicada por Azevedo et al. (2003), que afirmam que um menor *lag time* ocorre em dietas com menor teor de FDN, a exemplo da palma forrageira, exigindo menos tempo de ação dos microrganismos, resultado em uma rápida degradação do substrato no rúmen, e um consequente aumento na produção de gás. Neste sentido, observou-se maior produção de gás no tempo 0, com menor *lag time* para este mesmo período (Tabela

5). Enquanto a produção de gás expõe significativa redução no tempo em que o período de latência sofre significativa elevação, quando comparado aos demais períodos de armazenamento.

Na Figura 12 são apresentados os teores de produção de total de gás obtida ao longo de 72 horas de incubação das diferentes amostras obtidas em cada período de armazenamento pós-colheita da palma Orelha de Elefante Mexicana.

Observou-se que todos os frascos tiveram pressão nula no momento 0 (zero) desta análise, prosseguindo-se com as aferições 2 horas depois, passando à espaçamento de 3 horas após as 12 horas, de 6 horas após as 24 horas de incubação. É possível afirmar que o material que não passou por armazenamento, apresentou um maior volume de gás ao longo das 72 horas de análise, quando comparado aos demais tratamentos desta cultivar que foram submetidos ao armazenamento em tempos determinados. Porém, todos os tempos avaliados tenderam a seguir a mesma linha de forma sigmoide, chegando a uma estabilização a partir das 36 horas de avaliação de produção de gás (Figura 12).

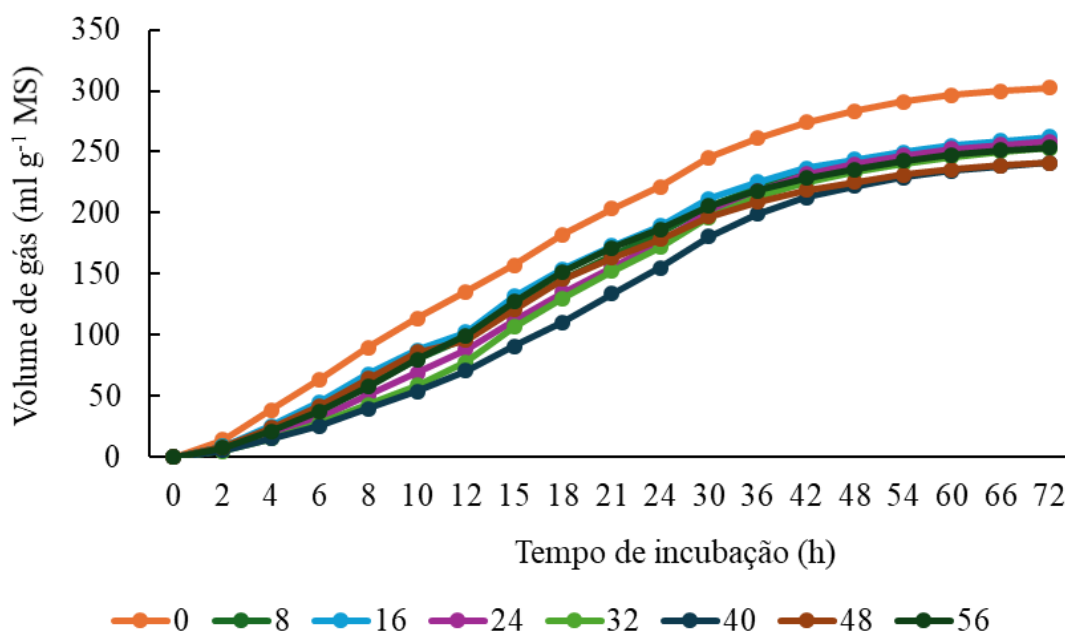


Figura 12. Produção acumulada de gases de Orelha de Elefante Mexicana, em função dos tempos de incubação, Garanhuns-PE.

5.2. Palma Miúda

Para os teores de fibra em detergente neutro indigestível da palma Miúda, foram observados efeitos dos períodos de armazenamento estudados ($P < 0,0001$) (Tabela 6), verificando-se maiores teores aos 32, 40 e 48 dias pós-colheita em comparação com o dia 0 (sem armazenamento), diferindo do tempo controle que apresentou menor teor, sendo 43% inferior, quando comparado a média dos tempos 32, 40 e 48 dias pós-colheita.

Tabela 6. Fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) de Palma Miúda submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE

Tempo de armazenamento pós-colheita (dias)	Fibra em Detergente Neutro indigestível (g/kg MS)
0	36,0 b
8	51,5 ab
16	53,4 ab
24	59,7 ab
32	63,4 a
40	63,7 a
48	63,1 a
56	45,6 ab
EPM	7,3696
<i>P</i>	<0,0079

EPM: Erro Padrão da Média. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto mais velhos os cladódios, maior a tendência de possuírem fibras indigestíveis em sua composição, pois a fibra bruta aumenta de 9 a 20% de matéria seca à medida que se passa a idade do cladódio de 1 aos 5 anos (Azócar, 2001), situação observada na Tabela 6, com elevação não significativa de FDNi em todos os tempos, exceto no tempo 56 de armazenamento pós-colheita, cujo valor foi abaixo dos demais, superando apenas o tempo 0 (zero) de armazenamento. Os carboidratos são as principais fontes de energia para os microrganismos ruminais, transformando-se em ácidos graxos de cadeia curta para o ruminante (Gonçalves et al., 2022). Os carboidratos fibrosos são vitais para a dieta dos ruminantes, tendo em vista que estimulam a ruminação e a secreção de saliva, mantendo o pH adequado no rúmen e garantir uma digestão eficiente dos alimentos (Oliveira, 2016). A palma forrageira por sua vez apresenta poucos carboidratos fibrosos (Ferreira et al., 2022), e rica em carboidratos não fibrosos (Marques et al., 2017), precisa ser acompanhada de uma fonte de fibra para o animal (Batista et al., 2009).

A baixa concentração de fibras indigestíveis que seriam menos degradáveis, pode ser a justificativa para os elevados valores de digestibilidade de outros carboidratos fibrosos (Singh et al. 2018). Isto porque a lignina dificulta a atuação microbiana e enzimática sobre os componentes fibrosos, o que reduz a digestibilidade total da fibra (Magalhães et al., 2021).

Para fibra em detergente neutro indigestível da palma Miúda, Conceição et al. (2016) obtiveram o teor de 118,3 g/kg MS ao avaliar a composição nutricional de ingredientes utilizados em diferentes níveis de substituição de farelo de trigo por palma Miúda com um ano de estabelecimento, em dieta a base de cana-de-açúcar para novilhos mestiços. O teor obtido por estes autores em relação a fibra em detergente neutro indigestível foi superior aos encontrados no presente trabalho, porém ainda inferiores ao teor de 133,4 g/kg MS encontrado por Silva et al. (2018).

Na Tabela 7 apresenta-se os valores referentes a digestibilidade *in vitro* da matéria seca para a cultivar Miúda submetida aos diferentes períodos de armazenamento pós-colheita.

Tabela 7. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da Palma Miúda submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE

Tempo de armazenamento pós-colheita (dias)	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (g/kg)
0	738,4 a
8	726,6 a
16	654,7 c
24	695,9 abc
32	710,7 ab
40	702,9 ab
48	691,3 abc
56	668,5 bc
EPM	16,1143
<i>P</i>	<0,0001

DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; EPM: Erro Padrão da Média; Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não foi observada diferença significativa para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palma armazenada nos tempos 0 e 8 dias pós-colheita, com teores de 738,4 g/kg e 726,6 g/kg, respectivamente. No entanto, aos 16 dias pós-colheita, observou-se menor DIVMS, sendo aproximadamente 11% inferior às duas primeiras semanas do armazenamento pós-colheita, enquanto, para os demais tempos de armazenamento, a DIVMS não apresentou diferenças significativas, quando comparada aos tempos 0, 8 e 16 dias pós-colheita. Os dados obtidos são próximos aos valores observados por diferentes autores, tais como Silva et al. (2022) e Guerreiro (2017), com teores de DIVMS de 665,5 e 706,3 g/kg MS, respectivamente. Porém

com algumas variações que podem ser justificadas pela diversidade de cladódios utilizados para a análise, tendo em vista que não foram selecionadas ordens específicas de cladódios.

A digestibilidade *in vitro* da palma Miúda é de 774 g/kg de matéria seca (Santos et al., 1990). Em comparação com outras forrageiras que não pertencem ao grupo das palmas forrageiras, essa diferença é notável. O teor de digestibilidade apresentado pelos autores corrobora com os valores para a mesma variável dentre os autores apresentados na Tabela 1, e se equipara aos valores obtidos para a variável digestibilidade da palma Miúda no presente trabalho (Tabela 7).

Na Tabela 8 observa-se os teores de produção de gás *in vitro* com diferentes aspectos verificados, sendo verificado efeito dos períodos de armazenamento para os parâmetros de volume de gás, degradação de carboidratos fibrosos, taxa de degradação de carboidratos fibrosos e latência para a palma Miúda. Porém, para os parâmetros de degradação de carboidratos não fibrosos, e para taxa de degradação de carboidratos não fibrosos não houve efeito dos períodos de armazenamento.

Tabela 8. Produção de gás *in vitro* de Palma Miúda submetida a diferentes períodos de armazenamento pós-colheita, Garanhuns-PE

Tempo (dias)	VGO (ml g ⁻¹ MS)	VGE (ml g ⁻¹ MS)	DCF (ml g ⁻¹ MS)	TDCF (%/h)	DCNF (ml g ⁻¹ MS)	TDCNF (%/h)	Latência (h)
0	240,5 a	240,2 a	152,9 ab	0,031	87,5	0,104	4,3 b
8	229,2 a	229,0 a	148,8 ab	0,033	80,4	0,126	5,0 ab
16	224,9 ab	217,9 ab	166,1 a	0,037	58,8	0,139	5,9 a
24	194,3 abc	193,7 ab	117,1 abc	0,029	77,1	0,104	5,8 a
32	177,0 c	176,5 b	92,7 c	0,027	84,3	0,088	5,4 a
40	178,5 bc	178,2 b	123,8 abc	0,032	54,7	0,141	5,4 a
48	211,6 abc	211,3 ab	123,6 abc	0,031	88,0	0,135	5,0 ab
56	216,0 abc	215,6 ab	108,8 bc	0,028	107,2	0,096	5,0 ab
EPM	14,4412	14,5258	15,7472	0,0028	21,7770	0,0296	0,3001
P	<0,0009	<0,0013	<0,0015	<0,0678	<0,3450	<0,4556	<0,0006

VGO: Volume de gás observado; VGE: Volume de gás estimado pelo modelo bicompartimental; DCF: Degradação de carboidratos fibrosos; TDCF: Taxa de degradação de carboidratos fibrosos; DCNF: Degradação de carboidratos não fibrosos; TDCNF: Taxa de degradação. EPM: Erro Padrão da Média. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o volume de gás observado (VGO), obteve-se para os períodos de 0 (sem armazenamento) e 8 dias de armazenamento, uma produção total de gás de 240,5 e 229,2 mL/g MS, não diferindo estatisticamente entre si. Porém, aos 32 dias de armazenamento foi observado o menor volume de gás produzido, sendo assim os tempos 0 e 8 superiores estatisticamente ao tempo de 32 dias de armazenamento pós-colheita. Os dados obtidos atendem estatisticamente ao volume de gás estimado pelo modelo bicompartimental (VGE) para a palma Miúda. Batista et al. (2003), ao realizarem estudo comparativo de produção de gás *in vitro*, obtiveram para a palma Miúda (202 mL/g de MS), teor inferior aos volumes de produção de gás gerados neste trabalho.

A degradação de carboidratos fibrosos passou por alteração, sendo constatado teor de 166,1 mL/g MS no tempo de 16 dias, e 92,7 mL/g MS no tempo de 32 dias, sem diferenças significativas nos períodos que compreendem os tratamentos de 7 aos 48 dias de armazenamento pós-colheita. Enquanto o *lag time* apresentou diferença significativa quando comparados os períodos de 16, 24, 32 e 40 dias de armazenamento (Tabela 8). Observou-se maior produção de gás no tempo 0, e decréscimo na produção ao longo do período de experimento, sendo diretamente proporcional aos dados obtidos no *lag time* para este mesmo período.

Na Figura 13 é apresentada a produção acumulada de gases de palma Miúda, em função do tempo e incubação, obtida ao longo de 72 horas em cada período de armazenamento pós-colheita da palma Miúda.

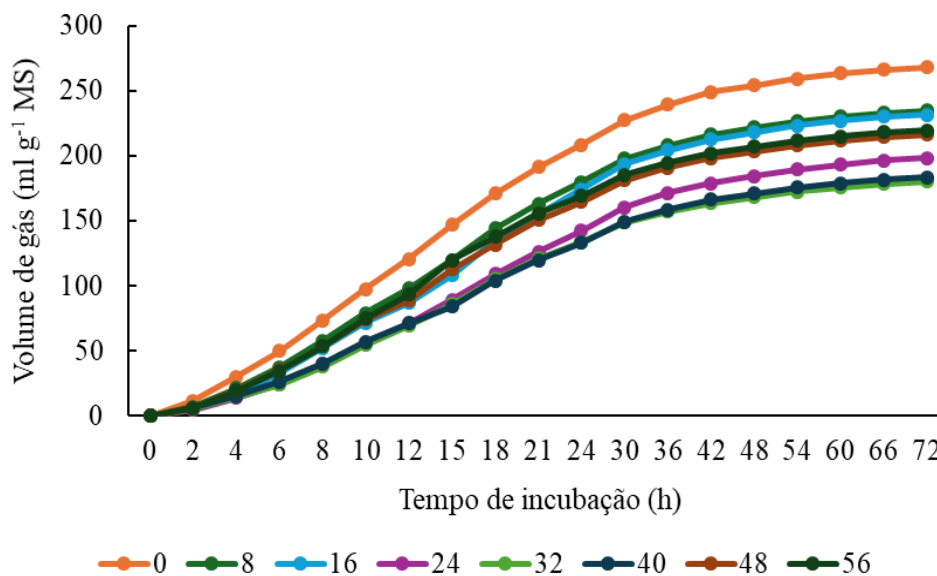


Figura 13. Produção acumulada de gases de Palma Miúda, em função dos tempos de incubação, Garanhuns-PE.

Observa-se na Figura 13, que no momento 0 (zero), todos os frascos tiveram a pressão igualada a zero, e só a partir das 2 horas posteriores iniciaram-se as aferições das pressões obtidas. É possível afirmar que o material que não passou por armazenamento, apresentou maior volume de gás ao longo de todo o experimento, quando comparado aos demais tratamentos desta cultivar. Chegando o tempo 0 (sem armazenamento), a uma produção total de gás de 267,7 mL/g MS, aos 32 dias de armazenamento uma produção total de 179,9 mL/g MS, e elevação para o período de 56 dias, registrando-se produção total de gás *in vitro* de 219,5 mL/g MS aos 56 dias de armazenamento pós-colheita. Sendo os 32 dias de armazenamentos, o período de registro de menor produção de gás da forragem armazenada. Vale ressaltar que em simbiose com o ruminante a atividade de bactérias, protozoários e fungos que se estabelecem no rúmen promovem a fermentação ruminal (Santos, 2018). Estes microrganismos utilizam energia proveniente da fermentação dos carboidratos presentes no alimento ingerido pelo animal transformando até a disponibilização de energia para o animal (Sales, 2018).

Além dos aspectos de digestibilidade e produção de gases da forragem, outras características como composição química, apodrecimento dos cladódios e desempenho animal, devem ser levadas em consideração para escolha do tempo adequado de armazenamento pós-colheita, para cada cultivar de palma forrageira.

6. CONCLUSÃO

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana é uma excelente fonte de alimento a disposição dos produtores do Semiárido nordestino, especialmente por sua resistência aos ataques da cochonilha do carmim e sua elevada digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A forragem dessa cultivar de palma forrageira apresenta resultados promissores na produção de gás *in vitro* e na degradação de carboidratos fibrosos, fornecendo matéria-prima de qualidade para a ação dos microrganismos do rúmen.

A cultivar Miúda também se destaca pela sua alta digestibilidade, boa proporção de carboidratos não fibrosos, os quais rapidamente são convertidos em energia no ambiente ruminal. Além disso, apresenta elevada produção de gás *in vitro*, o que reflete uma intensa atividade microbiana, fundamental para a eficiência da fermentação no rúmen.

Embora o tempo de armazenamento pós-colheita aumente o teor de fibra indigestível, afetando parcialmente a digestibilidade, e com maior impacto na forragem da palma Orelha de Elefante Mexicana, em relação a Miúda, essas mudanças químicas não comprometem significativamente a qualidade nutricional destes cultivares de palma forrageira, permitindo o armazenamento seguro por até 56 dias sem prejuízos nutricionais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L.J. O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.23-25, 2000.

ALBUQUERQUE, S. G. Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco. (Embrapa Semi-Árido. **Comunicado técnico**, 91), 2000. 6p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEKA, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p.711-728, 2013.

ALVES, M. A.; SOUZA, M.; CARLA, A; GUILLERMO, G. R.; NONETE, B. G. Fruto de palma [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae]: morfologia, composição química, fisiologia, índices de colheita e fisiologia pós-colheita. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 9, n. 1, p.16-25, 2008.

AMORIM, P. L. **Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. 2011, 55p.

AOAC - Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21st ed. AOAC, Washington DC, 2019. 3390p.

AZEVEDO, R. A.; BICALHO, F. L.; ARAÚJO, L.; RIBEIRO JR., C. S.; SANTOS, A. C. R.; JAYME, D.G.; GERASEEV, L. C. Análise técnica e econômica de diferentes níveis de torta de macaúba em dietas para vacas leiteiras. **Archivos de Zootecnia**. v. 62, n. 237, p. 147-150. 2003.

AZÓCAR, P. *Opuntia* como alimento para ruminantes no Chile. Universidade do Chile. In: Cacto (*Opuntia spp.*) como forragem. (**Documento 169** da FAO sobre produção e proteção de plantas). 2001.

BARBERA, G. F. História e importância econômica e agroecológica. In: BARBERA, G. F.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Ecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE/FAO, p.1-11 (Estudo da FAO em produção e proteção vegetal, 132), 2001.

BARBOSA, V. V.; SOUZA, W. M.; GALVÍNIO, J. D.; SOBRAL, M. C. M. Influência da variabilidade climática na produção de leite na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.23, p.244-266, 2018.

BARROS, L. J. A.; FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. V.; SANTOS, D. C.; CHAGAS, J. C. C.; ALVES, A. M. S. V.; SILVA, A. E. M.; FREITAS, W. R. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical Animal Health Production**. v. 50, p.149-154, 2018.

BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; CARVALHO, F. F. R.; SILVA, T. G. P.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N. Utilização de palma forrageira na dieta de pequenos ruminantes: implicações nutricionais, metabólicas, histológicas e produtivas. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.185-240, 2022.

BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; SANTOS, G. R. A.; CARVALHO, F.F.R.; DUBEUX JR, J. C. B.; LIRA, M. A.; BARBOSA, S. B. P. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal Agronomy & Crop Science**. v.189, p.123-126, 2003.

BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX Jr. J. B. MUSTAFA, A. F. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in northeastern Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 62, p.297-301, 2009.

BEZERRA, J. D. C. **Mecanismos de resistência em genótipos de palma forrageira à infestação por *Dactylopius opuntiae* associados ao perfil metabólico**. (Tese de doutorado). Areia, 2018. 150p.

BRASIL. **Bioma predominante por município para fins estatísticos**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024. 39p.

CARVALHO, C. B. M. et al. Methods of storing cactus pear genotypes for animal feeding. **African Journal of Range & Forage Science**, v.37, n.2, p.173-179, 2020.

CARVALHO, C. B. M.; EDVAN, R. L.; CARVALHO, M. L. A. M.; REIS, A. L. A.;

NASCIMENTO, R. R. Uso de cactáceas na alimentação animal e seu armazenamento após colheita. **Archivos de Zootecnia**. v.67, p.440-446, 2018.

CARVALHO, C. B. M.; EDVAN, R. L.; NASCIMENTO, R. R.; NASCIMENTO, K. S.; LACERDA, J. J. J.; ARAÚJO, M. J.; BARROS, L. S. Water loss and chemical composition of cactus pear genotypes submitted to post-harvest storage periods. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo**, v.53. p.261-270, 2021.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CONCEIÇÃO, M. G.; FERREIRA, M. A. et. al. Replacement of wheat bran with spineless cactus in sugarcane-based diets for steers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.4, p.158-164, 2016.

CORDOVA-TORRES, A. V.; MENDOZA-MENDOZA, J. C.; BERNAL-SANTOS, G.; GASCA, T. G., KAWAS, J.; COSTA, R. G.; MONDRAGON JACOBO, C.; ANDRADEMONTMAYOR, H. Nutritional composition, *in vitro* degradability and Gas Production of *Opuntia ficus indica* and Four Other Wild Cacti Species. **Life Science Journal**. v.12, n.2, 2015. 14p.

COSTA, S. B. M.; FERREIRA, M. A.; PESSOA, R. A. S.; BATISTA, Â. M. V.; RAMOS, A. O.; CONCEIÇÃO, M. G.; GOMES, L. H. S. Tifton hay, soybean hulls, and whole cottonseed as fiber source in spineless cactus diets for sheep. **Tropical animal health and production**, v.44, n.8, p.1993-2000, 2012.

DETMANN, E.; SILVA, L. F. C.; PALMA, M. N. N.; ROCHA, G. C. RODRIGUES, J. P. P. **Métodos para análise de alimentos**. 2. ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2ªed. 2021. 350p.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisa Sociais, 1963. 73p.

DUBEUX Jr. J. C.B.; BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A. Forage production and supply for animal nutrition. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear. **Proceedings of IX International congresso on cactus pear and cochineal CAM crops for hotter and drier World**, Chile, p.73-92, 2017.

DUBEUX Jr., J. C. B; CAMELO, D.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; SANTOS, D. C. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M.A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.111-130, 2022.

EDVAN, R. L.; MOTA, R. R. M.; DIAS-SILVA, T. P.; NASCIMENTO, R. R.; SOUSA, S. V.; SILVA, A. L.; ARAÚJO, M. J.; ARAÚJO, J. C. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific reports**, v.10, n.1, p.1-10, 2020.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. Preservação e uso da Caatinga. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. **ABC da Agricultura Familiar**, n.16, 2007. 39p.

FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo granífero no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.341-347, 2000.

FERREIRA, M. A.; CONCEIÇÃO, M. G.; MONTEIRO, C. C. F.; MORA-LUNA, R. E.; BISPO, S. V. Utilização da palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.241-282, 2022.

FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009.

FOTIUS, A. C. A.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L.; BISPO, S. V. Estratégia de nutrientes para ovinos em distintas sequências de fornecimento alimentar em dieta a base de palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n. 2, p. 504-516, 2014.

FROTA, M. N. L.; CARNEIRO, M. S. S.; CARVALHO, G. M. C.; NETO, R. B. A. Palma forrageira na alimentação animal, Embrapa Meio-Norte, **Documento 233**, 2015. 47p.

GALINDO, I. C. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Uso da palma na conservação do solo. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária, p. 163-176, 2005.

GIULIETTI, A. M.; NETA, A. L. B.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VINGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HERLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. UFPE, cap.2, p.47-90, 2004.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. United States Department of Agriculture. p. 387–598, 1970.
GONÇALVES, G. D.; ARRUDA, E. C. P.; SANTOS, M.V. F.; SILVA, D. K. A.; SOUZA, R. T. A. Aspectos morfoanatômicos e químicos da palma forrageira. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.87-110, 2022.

GUERREIRO, A. L. **Palma Miúda e Orelha de Elefante Mexicana em dietas para cordeiros de dois grupamentos genéticos**. 41p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

HERNÁNDEZ-URBIONA, M. I.; CONTRELAS-PADILLA, M.; PÉREZ-TORRERO, E.; HERNANDÉZ-QUEVEDO, G.; ROJAS-MOLINA, J. I.; CORTES, M. E.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. Study of nutritional composition of nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda) at different maturity stages. **The Open Nutrituin Journal**, v.4, p.1-6, 2010.

HERRERA-ÂNGULO, A. M.; FERREIRA, M. A.; MELLO, A. C. L. Viabilidade econômica do cultivo da palma forrageira Orelha-de-elefante-mexicana em Pernambuco. In: SANTOS, M.

V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.357-384, 2022.

HILLS, F. S. Anatomia e morfologia. In: INGLESE, G. B. P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE, Roma, p.28-34, 2001.

INÁCIO, J. G.; CONCEIÇÃO, M. G.; SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, J. C. V.; CHAGAS, J. C. C.; MORAES, G. S. O.; SILVA, E. T. S.; FERREIRA, M. A. Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with different concentrate levels for Girolando lactating dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 35–43, 2020.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Mixed reproduction systems in *Opuntia monacantha* (Cactaceae) in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v.35, n. 1, p.49-58, 2012.

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DIAS, F. M.; FERRAZ, A. P. F.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; DUBEUX Jr., J. C. B. Palma forrageira: cultivo e usos. **Cadernos do Semiárido: Riquezas e Oportunidades**, n.7, p.19-72, 2017.

MACIEL, M. V.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, Â. M. V.; GUIM, A.; SOUZA, E. J. O.; MACIEL, L. P. A. A.; PEREIRA NETO, J. D.; LIMA Jr., D. M. Carcass and non-carcass characteristics of sheep fed on cassava (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & K. Hoffm.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 75, n. 3, p. 307-312, 2015.

MAGALHÃES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; OLIVEIRA, L. P.; GOIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; ANDRADE, A. P.; MELO, A. A. S. de; NASCIMENTO, D. B.; SILVA, W. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, cinética da degradação ruminal e produção de gás *in vitro* de genótipos de palma forrageira. **Revista Brasileira de Ciência Animal**, v.22, 2021.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; NETO, O. S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.9, p.75-93, 2017.

MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.260-277, 2000.

MELLO, A. C. L.; ANDRADE, D. E. G. T.; ASSIS, T. C.; LACERDA, C. A.; COITINHO, R. L. B. C. Pragas e doenças da palma. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.151-184, 2022.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido**. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108p.

MENDOZA, P. V.; SANTOS, M. V. F.; SOUSA, T. C.; DUBEUX Jr. J. C. B.; SANTOS, D. C.; MARIN, J. M. C. Clones de nopal Oreja de Elefante Mexicana com potencial forrajero. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v.Especial, n.24, p.231-237, 2020.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S.B.; SALCEDO, I. H. SOUZA, F. J. Produtividade da palma em propriedades rurais. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S.

B. A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife, Editora Universitária, p.129-141, 2005.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**, cap.2, p.37-59, 2007.

MUNIZ, E. B.; MIZUBUTI, I. Y.; PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; RIBEIRO, E. L. A., JUNIOR, J. N. R.; CAPELARI, M. G. M.; BRITO, V.M. Cinética de degradação ruminal de carboidratos de forrageiras secas e úmidas: técnica de produção de gases. **Semina Ciências Agrárias**, v.32, p.1191-1200, 2011.

NAZARENO, M. A.; LAVAISSÉ, L. M.; SANTOS, M. V. F.; HERRERA-ÂNGULO, A. M. Outros usos da palma. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.341-356, 2022.

NUNES, A. T.; CABRAL, D. L. V.; AMORIM, E. L. C.; SANTOS, M. V. F.; ALBUQUERQUE, U. A. Plants used to feed ruminants in semi-arid Brazil: a study on nutritional composition guided by local ecological knowledge. **Journal of Arid Environments**, v.135, p.96-103, 2016.

NUNES, J. S. L.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H. K. M. N.; NETO, J. F. C.; LEITE, R. M. C. PINHEIRO, A. G. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Revista Agrometeoros**, v.27, n.2, p.367- 375, 2020.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. O.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA Jr., E. B. Palma Forrageira: Adaptação e Importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, v.5, n.4, p. 27-37, 2010.

OLIVEIRA, V. S.; FAGUNDES, J. L.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. L.; SANTOS, A. C. P.; RANGEL, J. H. A. Comportamento ingestivo diurno de bovinos em sistema silvipastoril na Região do Sertão Sergipano. **Revista Científica de Produção Animal**, v.13, n.1, p.1-6, 2011.

OLIVEIRA, V. S.; VALENÇA, R. L.; NETO, J. A. S.; SANTANA, J. C. S.; SANTOS, C. B.; LIMA, I. G. S. Utilização da técnica de produção de gás *in vitro* para estimar a digestibilidade dos alimentos. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v.12, n.23, 2014.

OLIVEIRA, V. S.; NETO, J. A. S.; VALENÇA, R. L.; SILVA, B. C. D.; SANTOS, A. C. P. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**, v.22, n.2, p.1-18, 2016.

OLIVEIRA, J. F. F. **Crescimento e composição químico-bromatológica da palma forrageira e do algodão sob irrigação suplementar**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019. 135p.

PAULA, T. A.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. Utilização de pastagens em regiões semiáridas: aspectos agrônômicos e valor nutricional – artigo de revisão. **Arquivos do Mudi**, v.24, n.2, p.140-163, 2020.

PESSOA, D. V.; ANDRADE, A. P.; MAGALHÃES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; SANTOS, D. C.; ARAÚJO, G. G. L.; MEDEIROS, A. N.; NASCIMENTO, D. B.; VALENÇA, R. L.; CARDOSO, D. B. Diferenças nutricionais da forragem dentro do gênero *Opuntia*. **Jornal de Ambientes Áridos**, v.181, 2020.

PESSOA, D. V.; ANDRADE, A. P.; TEODORO, A. L.; MAGALHÃES, A. L. R.; VALENÇA, R. L.; CARDOSO, D. B.; BARBOSA, S. N.; MACÊDO, L. P. C. A.; MELLO, S. A. F.; ARAÚJO, F. S. Composição química e digestibilidade *in vitro* de cladódios de cactos dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. **Sociedade Internacional de Ciências Hortícolas**, n.1343, p.81-86, 2022.

PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; WANDERLEY, W. L.; VASCONCELOS, P. C. Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.508-517, 2013.

PESSOA, V. G.; SILVA, T. G. P., OLIVEIRA, P. V. C.; FERNANDES, G. S. T. Conhecendo as cactáceas do Nordeste do Brasil: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.16, n.6, p.3020–3041, 2023.

POTGIETER, J.; D'AQUINO, S. Fruit production and post-harvest management. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOUIM A; SÁENZ, C. Crop ecology cultivation and uses of cactus pear. Roma: **Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Center for Agricultural Research in the Dry Areas**, p. 51-69, 2017.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia fícus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.41-48, 2011.

REGO, M. M. T.; LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; GUEDES, F. X.; DANTAS, F. D. G.; LOBO, R. N. B. Morfologia e rendimento de biomassa da palma miúda irrigada sob doses de adubação orgânica e intensidades de corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v.16, n.2, p. 118-130, 2014.

RIBEIRO, J. C.; SANTOS, C. A. (Orgs.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e biodiversidade**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. 72p.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. (Tese) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012. 74p.

ROCHA, Juliana Evangelista da Silva. Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte. (Embrapa Caprinos e Ovinos. **Documentos 106**), 2012. 40p.

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C. A. T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.66, p.363-371, 2017.

RODRIGUES, P.G.; GARCEZ, D. S. M.; SILVA, C. M.; SANTANA, C. C. S.; SANTANA, J. C. S.; LOPES, C. D. C., MUNIZ, E. N., OLIVEIRA JÚNIOR, G.M.; MOURA, R. S., SOUZA, J.C. Use of palm bran (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) in partial replacement of concentrate in maintenance equine diets - a pilot study. **Archives Animal Breeding**, v.21, n.64, p.273-282, 2021.

RUFINO, L. D. A.; OLIVEIRA, P. M.; SOUSA, K. F. T. Palma Forrageira – Segurança produtiva no Semiárido Mineiro, (Cartilha), **EPAMIG Norte**, 2023. p.20.

SALES, T. B. **Caracterização químico-bromatológica, digestibilidade e produção de gases in vitro da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos.** (Dissertação) Universidade Federal da Paraíba, 2018. p.56.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALES, A. T.; DUTRA, E. D.; MENEZES, R. S. C. Morfologia e fisiologia das palmas forrageiras. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas.** 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.63-86, 2022.

SANTOS, A. S.; SANTOS, E. M.; RAMOS, J. P. F.; SANTOS, B. R. C.; NASCIMENTO, J. F.; SÁ, R. P. Sistema de produção, valor nutricional e eficiência da palma forrageira no semiárido: uma revisão. **Nucleus Animalium**, v.12, n.2, p.99-110, 2020.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dick. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1947-1957, 1994.

SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FERRAZ, A. P. F.; DUBEUX Jr., J. C. B.; TABOSA, J. N. Importância da Palma Forrageira para o Semiárido. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas.** 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.19-42, 2022.

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; DUBEUX Jr., J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013.

SANTOS, M. F. R.; SOUSA, R. C. P. Prospecção da cultura da palma forrageira: uma planta exótica fonte de conhecimento. **Revista Portuguesa Interdisciplinar**, v.3, n.01, p.17-36, 2022.

SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas.** 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, 2022. 384p.

SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SILVA, M.C.; SOUZA, T. C. Plantio e Cultivo da Palma Forrageira. In: SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R. de; FERREIRA, M. de A. (Orgs.). **Palma forrageira: potencial e perspectivas.** 2.ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, p.131-150, 2022.

SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; FERREIRA, M. A. DUBEUX Jr. J. C. B.; LIRA. M. A. Palma Forrageira. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras.** 2ed. Viçosa: Editora UFV, 2022. 591p.

SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) cv. gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.33-39, 1998.

SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Editora Universitária da UFPE, p. 143-162, 2005.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A. TAVARES FILHO, J. J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) a produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, p.504-511, 1990.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; TAVARES FILHO, J. J. Efeitos do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.6, p.777-783, 1992.

SANTOS, M. V. F.; SILVA, N. G. M.; DUBEUX Jr., J. C. B.; CUNHA, M. V.; SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; SILVA, N. V.; LEÃO NETO, J. M. C. Effect os post-harvest storage on chemical composition and deterioration of cactos cladodes [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill and *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck]. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.19, n.1, 2024.

SANTOS, M. V. **Microbiota ruminal de novilhos mantidos a pasto suplementados com quitosana e digestibilidade *in vitro* de diferentes dietas para ruminantes**. (Dissertação) Universidade Federal de Grande Dourados, 2018. 51p.

SARAIVA, F. M.; DUBEUX, Jr. C. B.; CUNHA, M. V.; MENEZES, R. S. C.; SANTOS, M. V. F.; CAMELO, D.; FERRAZ, I. Manure source and cropping system affect nutrient uptake by Cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick). **Agronomy**, v.11, n.8, p.1512. 2021.

SCALISI, A.; MORANDI, B.; INGLESE, P.; BIANCO, R. Cladode growth dynamics. In. *Opuntia ficus-indica* under drought. **Environmental and Experimental Borany**, v.122, p.158-167, 2016.

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.

SILVA, D. D.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; ALVES, F. A. L.; VALENÇA, R. L.; ARAÚJO, F. S.; VIEIRA, M. F.; SANTOS, D. C. Mineral composition of *Opuntia atropes* rose at different phenological stages. **Acta Horticulturae**, v.1, p.181–186, 2022.

SILVA, E. T. S.; MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. C. V.; SANTOS, D. C.; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. Acceptbily by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear etored for diferente periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.761-767, 2017.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014.

SILVA, M. V. S.; AGUIAR, E. M.; SILVA, J. G. M.; MELO, A. A. S.; CARDOSO, D. B.; COSTA, M. G.; COSTA FILHO, J. H.; RAMALHO, A. M. Z. Intake, digestibility, and ingestive behavior of sheep fed with thornless Mandacaru, cactus pear genotypes Orelha de Elefante Mexicana and Miúda. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v.45, n.1, 2022.

SILVA, P. F. Características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral em Campina Grande – PB. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.11 n.21; p.387-397, 2015.

SILVA, R. R.; SAMPAIO, E. V. B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **Revista GEAMA**, v.1, n.2, p.151-161, 2015.

SILVA, R. C.; FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. C. V.; SANTOS, D. C.; GAMA, M. A. S.; CHAGAS, J. C. C.; INÁCIO, J. G.; SILVA, E. T. S.; PEREIRA, L. G. R. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v.48, n.3, 2018.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, C. M. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**. v.28, n.2, p.10-18, 2015.

SINGH, B. S.; BHAT, V.; SHUKLA, G. P.; SINGH, K.K.; GEHRANA, D. Variation in carbohydrate and protein fractions, energy, digestibility and mineral concentrations in stover of sorghum cultivars. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v.6, n.1, p.42-52, 2018.

SOUZA, J. T. A.; ARAÚJO, J. S.; FÉLIX, E. S.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA FILHO, T. J.; LIRA, E. C.; MEDEIROS, G. R.; BATISTA, F. R. C. Growth and physiology of three forage cactus genotypes intercropped with legumes and irrigated with reuse water. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v.14, n.2, p.352-365, 2023.

TEKLU, G. W.; AYIMUT, K. M.; ABERA, F. A.; EGZIABHER, Y. G.; FITIWI, I. Nutritive and chemical composition and *in vitro* digestibility of cladodes of the *Opuntia* species. **Sustainability**, v.15, n.6624, 2023.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; McALLAN, A. B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TORRES, L.C.L., FERREIRA, M.A., GUIM, A., VILELA, M.S., GUIMARÃES, A.V., SILVA, E.C. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. n.38, p.2264–2269, 2009.

VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, v.2, n.4, p.244-261, 1967.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, R. 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, p.3586-3597, 1991.

VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M. de A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F. dos; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.

WARUMBY, J. F.; ARRUDA FILHO, G. P.; CAVALCANTI, V. A. L. B.; ARRUDA, G. P. Pragas da Palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil**: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, p.65-80, 2005.