

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**ACÚMULO DE FORRAGEM, ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E VALOR
NUTRITIVO DA PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SOB
ESPAÇAMENTOS E MANEJOS DE COLHEITA**

RECIFE

2023

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**ACÚMULO DE FORRAGEM, ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E VALOR
NUTRITIVO DA PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SOB
ESPAÇAMENTOS E MANEJOS DE COLHEITA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. José Valdson da Silva
Coorientadores: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha;
Dr. Jishan Chen

Área de Concentração: Zootecnia

RECIFE

2023

L933a Silva, Lucas Ferreira da Silva

Acúmulo de forragem, armazenamento de água e valor nutritivo da palma orelha de elefante mexicana sob espaçamentos e manejos de colheita / Lucas Ferreira da Silva Silva. - 2023.

38 f.

Orientador: Valdson Jose da Silva.

Coorientador: Jishan Chen.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2023.

1. Composição química. 2. Estoque de água. 3. Frequência de corte. 4. Palma forrageira.
I. Silva, Valdson Jose da orient. II. Chen, Jishan, coorient. III. Título



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ACÚMULO DE FORRAGEM, ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E VALOR
NUTRITIVO DA PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SOB
ESPAÇAMENTOS E MANEJOS DE COLHEITA**

Dissertação elaborada por
LUCAS FERREIRA DA SILVA

Aprovada em 28/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Valdson José da Silva (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profº. Dr. Marcos Neves
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Pio IX

Pesqª. Dra. Maria da Conceição Silva
Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me guiado sempre no caminho certo, e em momentos que tentei fraquejar me deu força para seguir.

À minha mãe, a quem devo minha vida e criação, e que para mim sempre será o sinônimo de força e perseverança.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de ingresso no programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Valdson José da Silva, pela orientação e ensinamentos ao longo desse ciclo.

Aos responsáveis pelo Laboratório de Nutrição Animal-LNA, em especial Vanessa Fitipaldi e Carlos Henrique, pela disponibilidade, ajuda e amizade ao longo desse ciclo.

A Secretária do PPGZ, Cynthia Marino por sua disponibilidade sempre que me foi necessário, além da amizade.

Ao meu amigo Antônio Leopoldino, que se fez presente e apoiou a execução dessa pesquisa.

A Hélia Sharlane de Holanda Oliveira, por sempre ter me ajudado em momentos complicados e pelo carinho que sempre me trata.

Ao meu amigo Cledir Lima, pelo abrigo e amizade que sempre tem por mim.

Aos meus amigos, Abner Fé, Gladinei Nunes e Talita Rulka, por que mesmo com a distância sempre se fizeram presentes na minha jornada.

Aos meus amigos Isaque, Salmo, Luiz, Darlan, Matheus, Gabi, Thiago, que nos momentos de descanso sempre se fizeram presente para que pudéssemos renovar as energias com uma boa conversa e risadas.

GRATO À TODOS!

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do espaçamento de plantio e a frequência e intensidade de colheita sobre o acúmulo de forragem, armazenamento de água, eficiência de uso da água da chuva e valor nutritivo e da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (OEM) [*Opuntia stricita* (Haw) Haw]. O experimento foi conduzido em um palmal situado na estação experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Arcoverde-PE. Os tratamentos foram casualizados em blocos com parcela subdividida, com quatro repetições. A parcela principal foi formada por diferentes densidades de plantio e as subparcelas formadas pelo arranjo fatorial entre duas frequências (colheita anual e bienal) e duas intensidades de corte (preservação de cladódios-mãe ou primários após colheita). Os espaçamentos de plantio testados foram 1,80 m × 0,10 m; 1,80 m × 0,20 m; 1,80 m × 0,40 m; 1,80 m × 0,80 m, correspondendo as densidades de plantio de 55.555, 27.777, 13.888 e 6.944 plantas por ha⁻¹, respectivamente. Foram avaliados acúmulo de matéria verde (AMV), acúmulo de matéria seca (AMS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), estoque de água (EA), eficiência de uso da água da chuva (EUAC), valor nutritivo e fracionamento de proteínas e carboidratos. A colheita bienal favoreceu maior AMV (512.786 kg MV ha⁻¹), AMS (65.505 kg MS ha⁻¹), TAF (95 kg MV ha dia⁻¹) e EA (447213 kg ha⁻¹) da palma OEM. Menor concentração de MS (107 g kg⁻¹) e maior concentração de proteína bruta (95 g kg⁻¹) foi observada quando a colheita anual foi adotada. A densidade de plantio não afetou o AMV, AMS, TAF e EA, e teve efeito limitado no valor nutritivo da forragem colhida. A pequena variação no valor nutritivo e frações de proteínas e carboidratos entre o corte anual e bienal, e as maiores AMV, AMS, TAF e EA observadas na colheita bienal indicam que o aumento da frequência de colheita não contribuiu para otimização do cultivo da palma OEM nas condições estudadas.

Palavras-chave: composição química, estoque de água, frequência de colheita, palma forrageira

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of row spacing and harvest frequency and intensity on forage accumulation, water storage, rainwater use efficiency, and nutritive value of forage cactus [*Opuntia stricta* (Haw) Haw cv. Orelha de Elefante Mexicana (OEM)]. The trial was conducted in a forage cactus area located at the experimental station of the Instituto Agronômico de Pernambuco, in Arcoverde-PE. Treatments were randomized in split-plot blocks, with four replications. The main plot was formed by different Planting density was allocated to main plots and the factorial arrangement between two harvest frequencies (annual and biennial harvest) and intensities (preservation of mother or primary cladodes after harvest) to subplot. The row spacings evaluated were 1.80 m × 0.10 m, 1.80 m × 0.20 m, 1.80 m × 0.40 m, and 1.80 m × 0.80 m, corresponding to planting densities of 55,555, 27,777, 13,888, and 6,944 plants ha⁻¹, respectively. Green matter accumulation (GMA), dry matter accumulation (DMA), forage accumulation rate (FAR), water storage (WS), rainwater use efficiency (RWUE), nutritive value, and proteins and carbohydrates fractionation were evaluated. The biennial harvest contributed to greater GMA (512786 kg MV ha⁻¹), DMA (65505 kg DM ha⁻¹), FAR (95 kg DV ha day⁻¹), and WS (447213 kg ha⁻¹) of OEM. Lower concentration of DM (107 g kg⁻¹) and greater crude protein (95 g kg⁻¹) were observed when the annual harvest was adopted. Planting density did not affect GMA, DMA, FAR, and WS, and had a limited effect on the nutritive value of the harvested forage. The small variation in the nutritive value and fractions of proteins and carbohydrates between the annual and biennial harvest, and the greatest GMA, DMA, FAR, and WS observed when the forage was harvested every two years indicate that the increase in the harvest frequency of harvesting not contribute to the optimization of OEM cactus cultivation in the studied conditions.

Keywords: cactus pear, chemical composition, harvest frequency, water storage

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Dados pluviométricos durante o período experimental em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.21
- Figura 2.** Efeito da frequência de colheita sob o acúmulo de matéria verde (AMV) (A), acúmulo de matéria seca (AMS) (B), taxa de acúmulo de forragem (TAF) (C) e estoque de água (EA) (D) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil25
- Figura 3.** Efeito da intensidade de colheita sob o acúmulo de matéria verde (AMV)(A), acúmulo de matéria seca (MAS) (B), taxa de acúmulo de forragem (TAF) (C) e estoque de água (EA) (D) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil26
- Figura 4.** Efeito da intensidade de colheita sob eficiência de uso da água da chuva (EUAC) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil26

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. Efeito de interação frequência × intensidade sob o AMS da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.....	27
Tabela 3. Efeito de diferentes densidades de plantio (D), frequência (F) e intensidade (I) de colheita sob a composição química da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.....	28
Tabela 4. Efeito da frequência (F) de colheita sob a matéria seca (MS), matéria mineral (MM) proteína bruta (PB) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.....	29
Tabela 5. Efeito de interação frequência × intensidade sob os carboidratos totais da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.....	29
Tabela 6. Efeito da frequência (F) de colheita sob as frações A, B1 + B2 e B3 da proteína da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.....	29

LISTA DE ABREVIÇÕES

A – Fração A da Proteína bruta
AMV – Acúmulo de matéria verde
AMS – Acúmulo de matéria seca
AD – Altura do dossel
B – Fração B dos carboidratos
B1 + B2 – Fração B1 + B2 da proteína bruta
C – Fração C dos carboidratos
CEL – Celulose
CNF – Carboidrato não fibroso
CHOT – Carboidratos totais
DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
EA – Estoque de água
EE – Extrato etéreo
EUAC – Eficiência de uso da água da chuva
FDA – Fibra em detergente ácido
FDN – Fibra em detergente neutro
FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas
HEM – Hemicelulose
IDC – Índice de área de cladódio
IL – Intercepção de luz
LIG – Lignina
MAC – Metabolismo ácido das crassuláceas
MM – Matéria mineral
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
N – Nitrogênio
NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
OEM – Orelha de Elefante Mexicana
P – Fósforo
PB – Proteína bruta
TAF – Taxa de acúmulo de forragem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Importância da palma para resiliência da pecuária no semiárido	14
2.2. Impacto do espaçamento de plantio no crescimento e acúmulo de forragem da palma forrageira	16
2.3. Impacto da frequência de colheita no crescimento e acúmulo de forragem na palma forrageira	17
2.4. Impacto da intensidade de colheita no crescimento e acúmulo de forragem na palma	18
2.5. Valor nutritivo da palma forrageira	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Local do experimento, delineamento e tratamentos experimentais.....	20
3.2 Acúmulo de forragem, armazenamento de água, e eficiência de uso da chuva.....	22
3.3 Composição química	22
3.4. Análise estatística.....	23
4. RESULTADOS	23
4.1. Acúmulo de forragem, estoque de água e eficiência de uso da água da chuva	23
4.2. Valor nutritivo da forragem colhida	27
5. DISCUSSÃO.....	29
5.1 Acúmulo de forragem, estoque de água e eficiência de uso da água da chuva	29
5.2. Valor nutritivo da forragem colhida	32
6. CONCLUSÃO	33
7. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a atividade pecuária é frequentemente afetada pelo baixo nível de planejamento para lidar com a sazonalidade da produção de forragem, o que contribui para obtenção de baixos índices produtivos e redução da sustentabilidade do sistema de produção. Os desafios são ainda maiores nas regiões semiáridas, onde as restrições ao crescimento e acúmulo de forragem são ainda mais severas. Neste sentido, o uso de plantas forrageiras adaptadas pode contribuir para redução da escassez de forragem (Ramos et al., 2011), melhorar os índices produtivos, e reduzir a vulnerabilidade dos sistemas de produção em áreas secas do globo (Mudgal et al., 2018).

A palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Napolea* ssp.) tem sido considerada como um dos mais importantes recursos forrageiros no Semiárido por apresentar tolerância à seca, fácil propagação, persistência do valor nutritivo (menor necessidade de armazenamento para conservação do valor nutricional para uso durante os períodos de seca), além de armazenar elevada quantidade de água nos seus tecidos (reserva hídrica), sendo, inclusive, considerada como a rainha das plantas forrageiras no semiárido (Dubeux Júnior et al., 2014; Rocha Filho et al., 2021). Além disso, possui, elevada capacidade de produção de forragem, com alta aceitabilidade pelos animais em condições onde a produção de outras forrageiras é bastante limitada (Bem Salem et al., 2002).

De acordo com a FAO (2017), a palma forrageira também tem sido considerada como uma das culturas do futuro, devido a necessidade de resiliência às condições de déficit hídrico e elevadas temperaturas diante de cenários de mudanças climáticas. Nos últimos anos, a área de cultivo de palma forrageira vem aumentando no semiárido brasileiro, e também despertado a atenção de outras regiões semiáridas do globo (Basile, 2001; Dubeux Júnior et al., 2021), sendo cultivada para produção de forragem em diversos países.

O uso eficiente desse recurso forrageiro, contudo, depende de estratégias de manejo adotadas desde o plantio até a utilização do material nos sistemas de produção. Entre as variedades de palma forrageira cultivadas, a Orelha de Elefante Mexicana (OEM) tem recebido bastante atenção devido a sua maior tolerância a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), praga que causou grandes prejuízos na produção de forragem pela palma nos cultivos de palma forrageira no Semiárido Nordeste nos últimos anos.

Embora a palma forrageira apresente elevada adaptação às condições áridas e semiáridas, a sua produção e valor nutritivo pode ser afetado por diversos fatores, incluindo fatores ambientais e de manejo como espaçamento de plantio (densidade de plantio), frequência e intensidade de colheita (Oliveira Júnior et al., 2009; Santos et al., 2013; Matos 2020; Dubeux et al., 2021). Trabalhando com diferentes variedades de palma forrageira (Morado, Algerian,

American giant, Roedtan e Cross x) do gênero *Opuntia* na África do Sul, Mokobiki e Sebola (2017) observaram variação do valor nutritivo entre variedades do mesmo gênero. Guevara et al. (2004) indicaram que o valor nutritivo da palma forrageira pode variar em função com fatores ambientais. Estratégias adequadas de manejo são importantes para garantir a longevidade e viabilidade do sistema, incluindo a escolha do espaçamento, frequência e intensidade de colheita (Nunes et al., 2019).

Entre produtores, é comum a associação entre a redução do espaçamento de plantio e aumento da densidade de plantas com o aumento da produção da palma forrageira. Neves et al. (2010) afirmam que na região Nordeste o espaçamento predominante no cultivo da palma é de 1m entre linhas, e a densidade depende do espaçamento adotado. Avaliando o efeito da densidade de plantas (12.500, 25.000, 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) sobre o crescimento e produtividade da palma forrageira OEM no Semiárido brasileiro, Abreu et al. (2021), reportaram que o aumento da densidade de plantas eleva a produção de forragem verde nos dois anos iniciais após o plantio. Densidades de plantio que otimizem a produção de forragem devem ser estudadas, uma vez eleva a necessidade de material para plantio e os custos de estabelecimento do palmal.

A frequência de colheita afeta características morfológicas dos cladódios e estrutura da palma forrageira, podendo impactar o acúmulo e valor nutritivo da forragem colhida. Geralmente, a frequência de colheita bienal tem sido recomendada para variedades de palma forrageira tradicionalmente cultivadas do gênero *Opuntia*, incluindo a OEM (Dubeux Júnior et al., 2021). Estudos mais recentes, indicam que um possível aumento na frequência de colheita pode contribuir para otimização do cultivo da palma forrageira OEM, em função de possível aumento da taxa de crescimento. Ao estudarem características produtivas e estruturais de três genótipos de palma forrageira (orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA 20 (*Opuntia ficus indica* (Mill)) e a miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm. Dyck)) em diferentes frequências de colheita (4, 8, 12 e 16 meses após o plantio), Rocha et al. (2017) observaram que com a redução da frequência de colheita houve aumento na produção de massa verde e seca para todos genótipos.

A intensidade de colheita pode afetar características produtivas e a longevidade do palmal (Lima et al., 2016). Avaliando o efeito de diferentes intensidades de colheita (preservação do cladódio mãe ou cladódio primário) sobre a morfologia e produtividade da palma OEM, Ferreira et al. (2023) concluíram que a preservação dos cladódios primários contribuiu para maior produção de matéria seca (9,2 Mg ha⁻¹ano⁻¹), maior estoque de água (86,6 Mg ha⁻¹ano⁻¹), e maior eficiência do uso da água da chuva (11,4 kg MS mm⁻¹). A colheita da forragem mais

jovem pode contribuir para elevação da participação de frações mais digestíveis, contribuindo para otimizar o uso desse recurso forrageiro na alimentação dos animais.

Dubeux Júnior et al. (2017) afirmaram que a palma forrageira auxilia e melhora o valor nutritivo de dietas de baixa qualidade em função do seu alto teor de carboidratos não fibrosos, aumentando o ganho em pastagens de baixa qualidade desde que em baixos níveis de inclusão e outra fonte de proteína seja adicionada à dieta. Avaliando o consumo, digestibilidade balanço hídrico e o desempenho zootécnico de cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de palma forrageira sob regime de fornecimento intermitente de água (0, 24 e 48 h), Nobre et al. (2023) reportaram que ao utilizar 42% de silagem de palma em substituição ao feno de Tifton e fornecimento de água intervalos de 48 horas melhora o consumo, digestibilidade e o desempenho de cordeiros confinados.

Diante do exposto a hipótese deste trabalho é que independentemente do espaçamento de plantio, intensidade de corte, a frequência de colheita anual resulta em maior taxa de acúmulo de forragem, contribuindo também para a colheita de forragem com melhor valor nutritivo com redução de frações menos digestíveis, além de contribuir para o aumento do armazenamento de água pela palma Orelha de Elefante Mexicana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da palma para resiliência da pecuária no semiárido

Aproximadamente 40% da área terrestre no mundo é ocupada por regiões áridas e semiáridas onde vivem aproximadamente 2 bilhões de pessoas (FAO 2019). No Brasil, de acordo com o Ministério da Integração Nacional (2018), a região definida como semiárido compreende 1.262 municípios, estendendo-se por 1,03 milhões de km², representando 12% do território brasileiro. Nesta área, concentra-se a maior parte do rebanho de caprinos e ovinos do país, e também importantes bacias leiteiras dada a vocação da área para a atividade pecuária. A região apresenta chuvas irregulares, alta evapotranspiração anual, solos rasos com reduzida capacidade de reter a umidade, características que influenciam a produção de forragem (SILVA et al., 2014).

A pecuária persiste como uma das principais atividades econômicas do Nordeste do Brasil. Porém, variações sazonais na distribuição de chuvas faz com que seja difícil a garantia de produção de forragem ao longo do ano, uma vez que a vegetação local tende a diminuir e/ou até mesmo cessar sua produção durante a época seca, afetando a oferta quantitativa e qualitativa de forragens para os animais contribuindo para baixa produtividade do rebanho. O uso de

forageiras adaptadas como a palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) pode contribuir para melhorias no sistema de produção, possibilitando o acúmulo de forragem na época seca, além de uma reserva estratégica de água.

A palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (OEM) [*Opuntia stricita* (Haw) Haw] foi introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) por meio do programa de melhoramento genético da palma forrageira (Silva et al., 2017). A utilização da palma OEM no Nordeste aumentou expressivamente nos últimos anos devido a sua adaptabilidade a região, elevada produção de biomassa, e principalmente devido às estratégias de enfrentamento a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) que vem limitando a produção das variedades Redonda e Gigante em diversas áreas.

Estima-se que no Brasil existem aproximadamente 600.000 ha cultivados com diferentes variedades de palma forrageira, principalmente nos estados de Alagoas, Bahia, Paraíba e Pernambuco, sendo a maior parte da área dedicada à produção de forragem (Dubeux Júnior et al., 2013). Acredita-se que a área de cultivo com palma forrageira deve continuar expandindo nos próximos anos, considerando a adaptação da planta às condições semiáridas e a necessidade do fortalecimento e sustentabilidade da atividade agropecuária (Gomes et al., 2018; Matos et al., 2021). Além disso, a palma forrageira vem recebendo atenção na alimentação humana como planta alimentícia não-convencional por apresentar boas propriedades nutricionais, disponibilidade, adaptação e variedades de uso (Vila Nova, 2018; Azevedo Junior, 2019).

Embora a palma forrageira seja adaptada às regiões áridas, sua produção pode ser afetada por diversos fatores, dentre estes a disponibilidade de nutrientes presentes no solo, o uso de irrigação, temperatura, espaçamento de plantio, frequência e intensidade de colheita, entre outros (Oliveira Júnior et al., 2009; Santos et al., 2013; Matos, 2020). Assim, estratégias de manejo devem ser estudadas, bem como a escolha do material de propagação, escolha e preparo da área, época de plantio, adensamento, controle de invasoras, e a frequência e intensidade de colheita (Nunes et al., 2019).

A palma forrageira pertence à família *Cactaceae*, possui o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), o que lhe confere maior eficiência de uso de água quando comparada com plantas de metabolismo C_3 e C_4 pela sua capacidade de acumular CO_2 no período noturno quando as temperaturas geralmente são mais baixas, reduzindo a perda de água para o ambiente (Pereira et al., 2017; Ferraz et al., 2017). Tais mecanismos adaptativos contribuem para menor taxa de crescimento em comparação com plantas C_3 e C_4 , e também para menor velocidade de perda do valor nutritivo com o avançar da idade da planta (Dubeux Júnior et al., 2021).

Considerando que as regiões semiáridas, devido ao período seco prolongado, acabam

apresentando limitações hídricas (quantitativa e/ou qualitativa) para dessedentação de animais, a palma forrageira pode representar um importante estoque hídrico devido a sua capacidade de acumular grande quantidade de água em seus tecidos (Abidi et al., 2009; Stintzing e Carle, 2005). Trabalhando com a eficiência produtiva de três clones de palma forrageira resistentes a cochonilha do carmim (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana), cultivados em condições de sequeiro no semiárido brasileiro, Silva et al. (2014) reportaram que a OEM e a IPA-Sertânia apresentaram maior eficiência de uso da água considerando a produção de massa verde.

O manejo pode influenciar no armazenamento de água nos tecidos da palma. De maneira geral, maior quantidade de água são armazenadas em estruturas mais jovens das plantas. Avaliando o acúmulo de água na palma OEM cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e com e sem cobertura morta sobre o solo no Semiárido de Pernambuco, Alves et al. (2018), reportaram maior acúmulo de água na cultura, o que poderia favorecer a ingestão de água de boa qualidade por parte dos animais nos períodos de déficit hídrico.

Lopes et al. (2021) indicaram que existem poucos estudos que destacam o armazenamento de água na biomassa aérea da palma forrageira. A participação da palma forrageira pode reduzir consideravelmente o consumo voluntário de água pelos animais (Costa et al., 2012). De acordo com Lima et al. (2014) a substituição do farelo de milho pela palma forrageira resultou em um aumento no consumo de matéria seca e reduziu significativamente o consumo de água, o que indica a sua importância também no estoque e suprimento de água nos períodos de escassez no Semiárido.

2.2. Impacto do espaçamento de plantio no crescimento e acúmulo de forragem da palma forrageira

O desenvolvimento e a produtividade da palma forrageira podem ser afetados pelo espaçamento, que pode modificar a interceptação de luz pela cultura e a sua eficiência fotossintética (Cavalcante et al., 2014). Dubeux et al. (2006) avaliando a produtividade da palma sob diferentes adubações e densidades (5000 e 40000 plantas ha⁻¹), reportaram produção de biomassa seca média de 23,8 t ha⁻¹ para palma forrageira clone IPA 20, com uma população de 40.000 plantas ha⁻¹, em quatro localidades de Pernambuco. Os autores ainda afirmaram que aumentar a população de plantas e adubar com nitrogênio e fósforo resultou em uma maior produtividade. Contudo, o aumento do espaçamento pode facilitar a realização de tratamentos culturais (Oliveira Júnior et al., 2009).

Embora a redução do espaçamento possa contribuir para o aumento do acúmulo de forragem pela palma forrageira, pode contribuir para o aumento da demanda por nutrientes pela cultura uma vez que com uma maior produção há uma maior retirada de nutrientes do solo (Ramos et al., 2011). Dubeux et al. (2021), afirmaram que a competição por nutrientes, água e luz entre as plantas tendem a aumentar com maior densidade de plantas. Melo et al. (2019) indicaram que a competição entre plantas pode diminuir a taxa de crescimento de plantas individuais, aumentando a concentração de nutrientes na biomassa total de forragem.

2.3. Impacto da frequência de colheita no crescimento e acúmulo de forragem na palma forrageira

A frequência de colheita pode afetar o crescimento e características morfológicas de plantas forrageiras (Santos et al., 2013). Galvão Junior et al. (2011) reportaram que, geralmente, a palma forrageira é colhida a cada um ano e meio a dois anos após o plantio, sendo que esse período pode se estender, dependendo do desenvolvimento da cultura e condições de solo e clima. Os autores ainda ressaltam que esse período pode ser reduzido para cortes anuais, dependendo da variedade utilizada e condições de manejo.

Colheitas menos frequentes podem resultar plantas mais altas e largas, com maior número, comprimento, largura e espessura de cladódios, podendo contribuir para um maior acúmulo de forragem e mudança na composição química da palma forrageira (Gomes et al., 2018), devido a deposição de tecidos de sustentação, potencialmente menos digestíveis. Farias et al. (2005) avaliando diferentes frequências de colheita da palma forrageira Gigante, afirmaram que uma menor frequência pode contribuir para manutenção da produtividade.

As condições favoráveis de fertilidade, tratos culturais, precipitação e maior densidade de plantio podem favorecer maiores frequências de colheita devido o maior desenvolvimento da cultura forrageira. Contudo, no Semiárido essas condições geralmente não são frequentemente observadas, sugerindo a necessidade de adequação de manejo à essas diferentes condições. Rocha et al. (2017) avaliaram diferentes genótipos de palma forrageira, incluindo a OEM, IPA 20 e Miúda, em condição irrigada e diferentes intervalos de colheita (4, 8, 12 e 16 meses), e observaram que o intervalo de corte afetou as características produtivas e estruturais da palma forrageira, e que a OEM aos 16 meses apresentou uma maior biomassa de forragem em comparação aos demais genótipos estudados.

Amorim et al. (2017) reportaram que, dependendo das condições de manejo de irrigação, a frequência de colheita da OEM poderia ser aumentada, contrastando com recomendações

técnicas de colheita da palma, que geralmente indicam intervalos de corte de dois anos. O aumento da frequência de colheita, por sua vez, pode permitir a colheita de forragem com melhor valor nutritivo.

2.4. Impacto da intensidade de colheita no crescimento e acúmulo de forragem na palma

Um dos principais condicionadores da arquitetura e estrutura do dossel forrageiro é o manejo, dessa forma, o estudo da interceptação de luz, associado à altura do dossel, índice de área de cladódio, dentre outras características estruturais que contribuem efetivamente para o aumento do grau de conhecimento sobre os fatores limitantes e de desenvolvimento das espécies (Cavalcanti et al., 2018). Neste sentido, Souza et al. (2015) afirmam que reduzida área fotossintética após colheita contribui para que a palma apresente um crescimento inicial lento.

A intensidade de colheita também pode afetar o acúmulo de forragem da palma forrageira. Pereira et al., (2020) avaliando efeitos de diferentes intensidades de colheita (preservando os cladódios mãe, primários e secundários) sobre as respostas morfológicas e produtivas da palma forrageira OEM em um ciclo de cultivo anual, recebendo irrigação suplementar, observaram que as respostas morfológicas e a produção da palma forrageira são influenciadas pela intensidade de colheita, e que colheitas menos intensas promovem plantas mais altas e mais largas resultando em maior produção de forragem, uma vez que a preservação do cladódio mãe, resultou em produção de 29,92 t MS ha⁻¹, enquanto que quando se preservou o primário foi de 37,55 t MS ha⁻¹. Já a preservação do secundário resultou na produção de 33,18 t MS ha⁻¹.

Lima et al., (2016), avaliando o efeito de diferentes intensidades (preservação do cladódio mãe, primário e secundário) e anos de colheita sobre características morfológicas e de produção de matéria verde e seca da palma Gigante sob condições de irrigação, adensamento e adubação, com 12 meses de rebrotação, reportaram que preservando o cladódio secundário obteve-se uma produção média de 27 t ha⁻¹, além de um maior número de cladódios por planta. Os autores ainda afirmaram que a colheita respeitando o cladódio secundário é uma alternativa para a longevidade e estabilidade de produção do palmal. Avaliando diferentes frequências (dois e quatro anos) e intensidades de colheita (preservando cladódio mãe e secundário) da palma forrageira Gigante consorciada com sorgo granífero, Farias et al., (2000) reportaram que a utilização de maiores intensidades de colheita pode ser uma alternativa para situações em que se adota uma frequência de colheita de 2 anos (Farias et al., 2000).

2.5. Valor nutritivo da palma forrageira

A composição química da palma forrageira é geralmente determinada utilizando-se uma amostra formada pela mistura de cladódios de diferentes idades e pode variar de acordo com a estação do ano, cultivar, adubação e manejo de colheita (Dubeux et al., 2021). As diferenças na composição química da palma forrageira podem ser resultado do ajuste fisiológico da planta às condições ambientais (Abidi et al., 2009). Contudo, sabe-se que o manejo do palmal pode modificar o valor nutritivo da palma forrageira (Lira et al., 2005).

Donato et al. (2014), avaliando o valor nutritivo da palma forrageira Gigante manejada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino observaram que as doses de esterco aplicadas ao solo melhoraram o valor nutritivo da palma forrageira enquanto que o espaçamento não apresentou efeito significativo. Gomes et al. (2018) avaliaram o efeito da frequência de colheita (anual e bienal) sobre a composição química de cladódios de palma forrageira Gigante, e observaram que a colheita anual resultou em melhor valor nutritivo de cladódios primários, secundários e terciários. Farias et al. (2000) avaliaram o efeito de diferentes frequências de e intensidade colheita para a palma forrageira Gigante em características produtivas e valor nutritivo da forragem, e observaram que a frequência de colheita teve pouco impacto na composição química. Além disso, a intensidade de colheita não influenciou os teores de proteína bruta. Avaliando a composição os efeitos da adubação e frequências de colheita (anual e bienal) sobre a composição química, mineral e cinética de degradação *in vitro* da palma forrageira cv. Gigante em duas cidades do Ceará, Gomes et al. (2021) indicaram que as doses de adubação associadas as frequências de colheita influenciam a composição química e a digestibilidade da palma forrageira.

Mello et al. (2019) avaliaram a concentração de nutrientes da palma forrageira OEM sob diferentes densidades de plantio (55.556, 27.778, 13.889 e 6.944 plantas ha⁻¹), frequência colheita (anual e bienal) e intensidade de colheita (preservando os cladódios mãe ou primários), e reportaram que a interação entre frequência e intensidade de colheita pode afetar as concentrações de nitrogênio e fósforo da palma OEM.

Em geral, os cladódios da palma forrageira apresentam elevados níveis de água, matéria mineral, carboidratos não fibrosos, vitaminas, alta digestibilidade, e baixos teores de matéria seca e proteína bruta (Gomes, 2011; Lira et al., 2011). Teores consideráveis de carboidratos totais e baixos teores de fibra em detergente neutro e ácido (Ferreira et al., 2009).

Monteiro et al. (2018) avaliando o valor nutritivo da palma OEM em dietas de vacas em lactação, reportaram valores de matéria seca de (123 g kg MS⁻¹), matéria orgânica (914 g kg

MS⁻¹), cinzas (86 g kg MS⁻¹), proteína bruta (55 g kg MS⁻¹), fibra em detergente neutro (259 g kg MS⁻¹), e carboidratos não fibrosos (550 g kg MS⁻¹). Trabalhando com composição química, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, cinética de degradação e fermentação ruminal *in vitro* de genótipos de palma forrageira, Magalhães et al. (2021) observaram que os genótipos de palma forrageira apresentam adequadas características químicas para compor dietas oferecidas aos ruminantes, no entanto é necessária uma suplementação para aumento dos teores de matéria seca e fibra fisicamente efetiva.

Pouco se sabe sobre as frações de proteínas e carboidratos da palma forrageira, porém essas informações podem contribuir para melhorar o uso desse alimento na dieta dos animais e a eficiência da utilização de nutrientes (Santos et al., 2019). Embora a palma forrageira apresente baixas concentrações de FDN, este geralmente apresenta baixa digestibilidade. Além disso, a palma forrageira também apresenta baixos teores de PB, sendo que parte do N está ligado ao componente fibroso. Neste sentido, o detalhamento das frações de carboidratos e proteína em função do manejo pode contribuir para otimização do uso deste importante recurso forrageiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento, delineamento e tratamentos experimentais

A pesquisa de campo foi conduzida em um palmal situado na estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, na cidade de Arcoverde (latitude: 8°25'S, longitude: 37°04'O e altitude: 664 m), região de transição entre o sertão e o agreste pernambucano. A classificação do clima é BSh segundo a Köppen e Geiger a temperatura média anual do ar é de 23,9 °C, e a precipitação média anual é de 731 mm (INMET 2022). A precipitação acumulada durante o período vegetativo até a primeira colheita (novembro de 2019 a novembro de 2020) foi de 1230,5 mm e de 618,0 mm, durante o segundo período vegetativo (novembro de 2020 a novembro de 2021) (Figura 1).

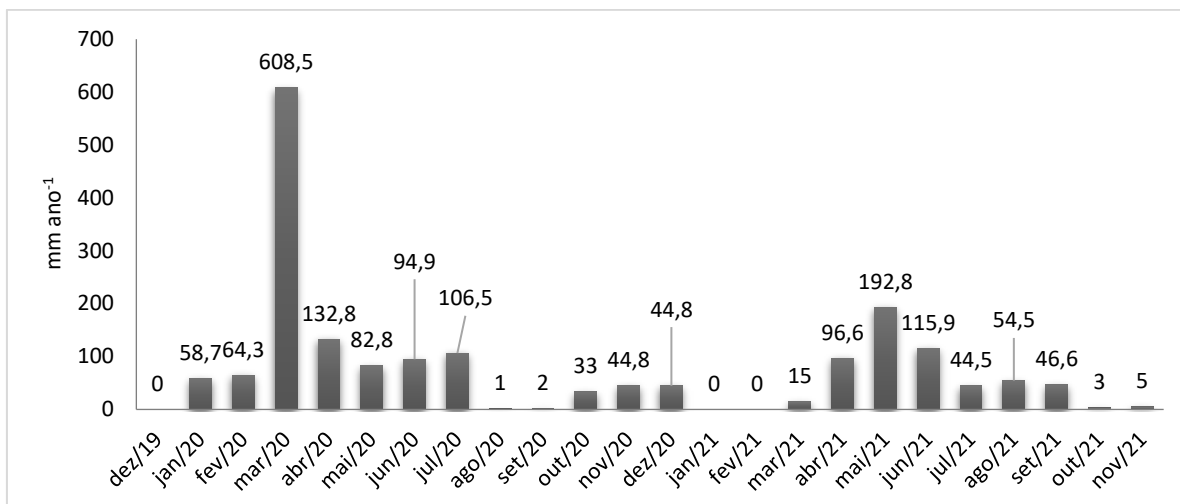


Figura 1. Dados pluviométricos durante o período experimental em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.

O palmar foi estabelecido em junho de 2011, e a partir daí foram realizadas colheitas anuais e bienais. O plantio foi realizado em covas, com um cladódio por cova e um terço do cladódio enterrado. Foi realizada uma adubação com 20 t ha⁻¹ de esterco bovino (base na matéria orgânica) e 200 kg de N ha ano⁻¹ como fonte a ureia, sendo parceladas em duas aplicações, sendo a primeira no início do período chuvoso e a segunda no meio do período chuvoso. O solo da área experimental, na camada de 20 cm de profundidade, possuiu as seguintes características químicas: pH em água = 5,25; P (Mehlich-1) = 132,5 mg dm⁻³; Ca⁺² = 5,4 cmolc dm⁻³; mg⁺² = 1,92 cmolc dm⁻³; N / D+ = 0,1 cmolc dm⁻³; k+ = 0,42 cmolc dm⁻³; al⁺³ = 0,15 cmolc dm⁻³; H⁺⁺al⁺³ = 3,5 cmolc dm⁻³; CTC = 10,4 cmolc dm⁻³; matéria orgânica = 2,5% e saturação de base (V) = 74%.

Os tratamentos foram casualizados em blocos com arranjo de parcela subdividida, onde as parcelas principais foram formadas por diferentes densidades de plantio/espaçamentos e as subparcelas formadas pelo arranjo fatorial entre duas frequências de corte (colheita anual e colheita bienal) e duas intensidades de corte (preservação de cladódios-mãe ou primários após colheita), com quatro repetições.

Os seguintes espaçamentos de plantio foram avaliados: 1,80 m × 0,10 m; 1,80 m × 0,20 m; 1,80 m × 0,40 m; 1,80 m × 0,80 m, correspondendo as densidades de plantio de 55.555, 27.777, 13.888 e 6.944 plantas por ha⁻¹, respectivamente. A parcela principal teve 10,80 m × 8,0 m e a subparcela 5,4 m × 4,0 m. Em cada subparcela foram estabelecidas três fileiras de palma, com o espaçamento de 1,8 m entre fileiras. A forragem foi colhida dentro da área útil da parcela que compreendeu a fileira central. Não foram consideradas as extremidades de cada fileira (1,6 m de cada lado) para evitar o efeito de bordadura.

A colheita da palma ocorreu de acordo com o tratamento aplicado, ou seja, anual ou bienal nos meses de novembro de 2020 e 2021, onde foram preservados os cladódios-mãe ou os cladódios primários, também conforme os tratamentos experimentais. Após cada colheita foi aplicado 20 t ha⁻¹ de esterco bovino (base na matéria orgânica). Os tratos culturais (limpeza do palmar) foram realizados duas vezes por ano com o auxílio de mão de obra manual para a retirada de ervas daninhas e controle de pragas e doenças.

Para determinação das variáveis analisadas foram retiradas uma amostra de cada tratamento, estas foram picadas e acondicionadas em folhas de jornais em seguida secas em estufa de circulação forçada de ar a 55° C até o peso constante. Em seguida foram moídas a 1 e 2 mm em moinhos de faca tipo Willey. As amostras foram acondicionadas em potes de plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados para posteriores análises laboratoriais.

3.2 Acúmulo de forragem, armazenamento de água, e eficiência de uso da chuva

O acúmulo de forragem verde foi estimado pela pesagem das plantas na área útil da parcela experimental, utilizando uma balança. Para a determinação do teor de MS foram retiradas subamostras contendo 1,5 kg, que foram picadas e posteriormente seguiram para pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante (Silva & Queiroz, 2002). A taxa de acúmulo de forragem foi determinada pela divisão entre o acúmulo de forragem pela duração do ciclo de crescimento da palma (anual e bienal) de acordo com os tratamentos estabelecidos.

O estoque de água a partir do cultivo da palma forrageira foi calculado a partir da diferença entre a biomassa fresca e pré-seca. A eficiência de uso da água da chuva foi obtida pela divisão do acúmulo total de matéria seca dividido pelo total pluviométrico (mm) do período de crescimento da planta.

3.3 Composição química

As análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foram realizadas análises de matéria seca (MS) (método 967.03), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) (método 942.05) e proteína bruta (PB) (método 988.05), fracionamento de proteína pelo método proposto por Licitra et al., (1996) e extrato etéreo (EE) (Soxhlet) de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).

O fracionamento de carboidratos foi realizado segundo (Sniffen et al., 1992), onde os

carboidratos totais (CHOt) foram calculados considerando a seguinte equação. $CHOt = 100 - (PB + EE + MM)$. As frações A e B1 (carboidratos não fibrosos e compreende os carboidratos de rápida fermentação ruminal, tais como os açúcares solúveis, amido e pectina) foram obtidos como segue: $CNF = 100 - (PB + (FDNcp) + EE + MM)$, A fração B2 (carboidratos de lenta taxa de degradação ruminal presentes na parede celular) foi obtida através da diferença entre FDNcp e fração C. A fração C (parte fibrosa indigestível) foi obtida como segue: $C = FDN * 0,01 * LIG * 2,4$.

As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e lignina foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991), com modificações propostas por Senger et al. (2008). As frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações: $HEM = FDN - FDA$ e $CEL = FDA - Lignina$, respectivamente. A determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada por meio do método (G-008/1) que consiste na avaliação coletiva de *filter bags* no mesmo ambiente (Camacho, 2021) adaptada por Detmann et al. (2021).

3.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias por meio do SAS[®] On Demand for Academics. Os tratamentos e suas interações foram considerados como efeitos fixos. O efeito de blocos foi considerado como aleatório. A estrutura de covariância foi escolhida com base no critério de Akaike (AIC) (Wolfinger, 1993). As médias foram comparadas por meio do PDIFF ajustado para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS

4.1. Acúmulo de forragem, estoque de água e eficiência de uso da água da chuva

Houve efeito significativo isolado para frequência e intensidade de colheita para acúmulo de matéria verde (AMV), acúmulo de matéria seca (AMS), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e estoque de água (EA). Já a eficiência de uso da água da chuva (EUAC) foi afetada apenas pela intensidade de colheita. A densidade de plantio não afetou nenhuma das variáveis (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de diferentes densidades de plantio (D), frequência (F) e intensidade (I) de colheita sob características produtivas, armazenamento de água e eficiência de uso da água da chuva da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.

Item	Frequência (F)		Intensidade (I)		Densidade (D)				Valor P						
	Anual	Bienal	Mãe	Primário	55555	27777	13888	6944	F	I	D	F × I	F × D	I × D	F×I×D
AMV	228097	512786	273650	467233	367750	397350	403153	313512	<0,0001	<0,0001	0,0796	0,1008	0,6390	0,7344	0,5237
AMS	22290	65505	31143	56452	42517	46918	49283	36471	<0,0001	<0,0001	0,3247	0,0001	0,8045	0,3261	0,5730
TAF	61	95	56	101	76	83	87	66	<0,0001	<0,0001	0,5555	0,5022	0,8480	0,5959	0,8360
EA	205807	447213	242373	410647	325120	350314	353587	277019	<0,0001	<0,0001	0,0660	0,1935	0,5934	0,7916	0,5392
EUAC	25	30	19	36	27	29	31	23	0,0943	<0,0001	0,7854	0,4825	0,3481	0,6092	0,8751

Acúmulo de matéria verde (AMV), acúmulo de matéria seca (AMS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), estoque de água (EA) eficiência de uso da água da chuva (EUAC)

A frequência de colheita bienal contribuiu para um aumento de aproximadamente 125% no AMV, 194 % no AMS, de 56 % na TAF, e 117 % no EA em comparação a colheita anual (Figura 2).

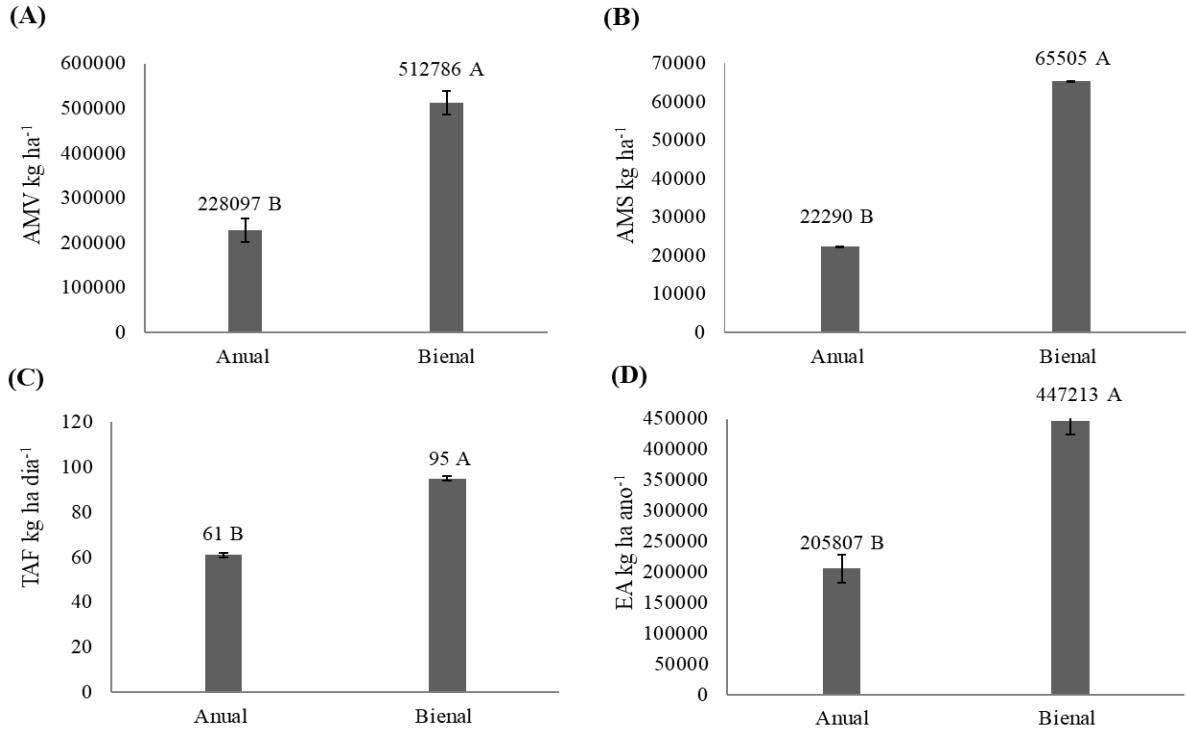


Figura 2. Efeito da frequência de colheita sob o acúmulo de matéria verde (AMV) (A), acúmulo de matéria seca (AMS) (B), taxa de acúmulo de forragem (TAF) (C) e estoque de água (EA) (D) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

A colheita de forragem preservando cladódios primários resultou em aumento de 71% no AMV, 81% na TAF e 69% na EA (Figura 3).

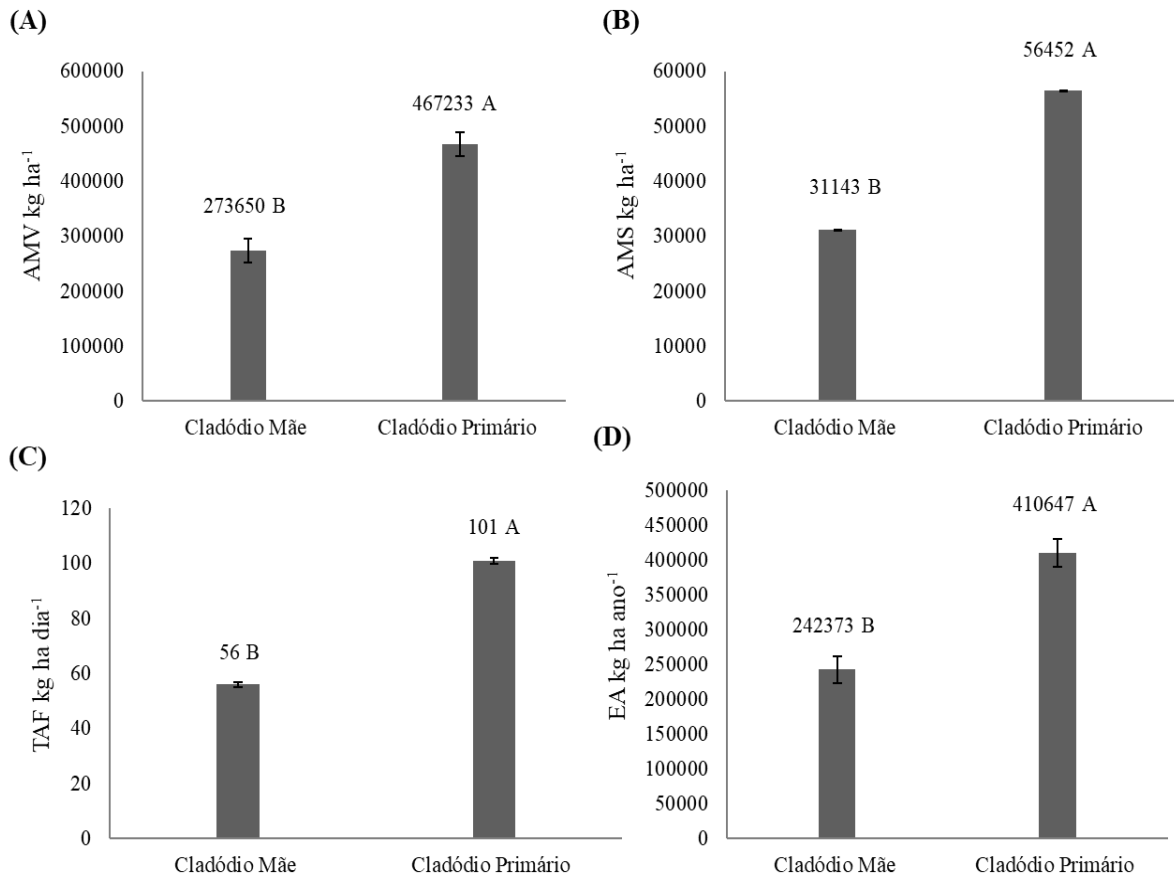


Figura 3. Efeito da intensidade de colheita sob o acúmulo de matéria verde (AMV)(A), acúmulo de matéria seca (MAS) (B), taxa de acúmulo de forragem (TAF) (C) e estoque de água (EA) (D) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

A intensidade de colheita preservando o cladódio primário aumentou a EUAC, sendo 90% superior a intensidade em que foi preservado apenas o cladódio mãe (Figura 4).

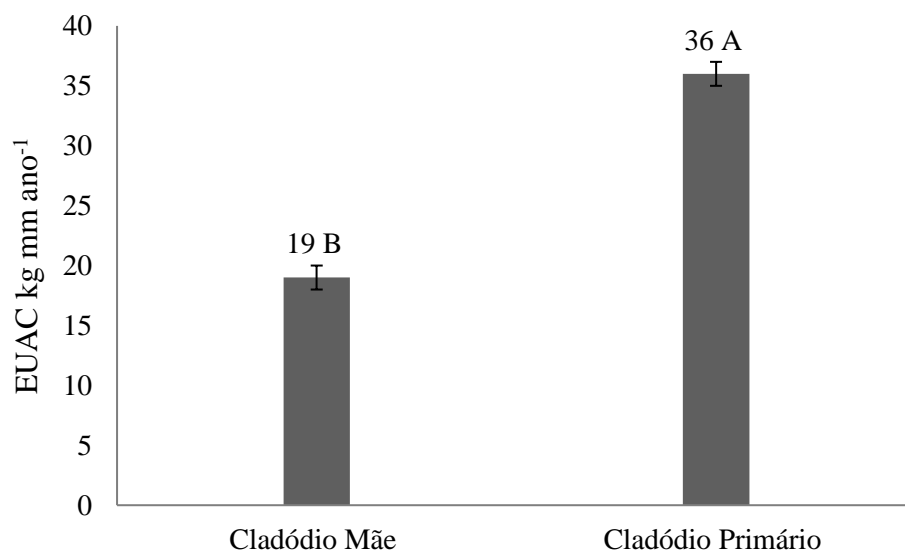


Figura 4. Efeito da intensidade de colheita sob eficiência de uso da água da chuva (EUAC) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

O AMS foi afetado pela interação entre frequência e intensidade de colheita. A colheita

bienal e preservação do cladódio primário resultou em maior AMS (Tabela 2).

Tabela 1. Efeito de interação frequência × intensidade sob o AMS da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

Frequência	Intensidade		Erro Padrão
	Cladódio Mãe	Cladódio Primário	
	AMS (kg MS ha ⁻¹)		
Anual	14794 D d	29795 C c	5857,44
Bienal	47491 B b	83118 A a	6354,16

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não difere entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

4.2. Valor nutritivo da forragem colhida

A frequência de colheita afetou apenas o teor matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) (Tabela 3). A frequência de colheita bienal resultou em maior teor de MS, sendo 12,45% superior a colheita anual. A colheita anual também contribuiu para maior a concentração de MM, sendo 11,69% maior em relação a colheita bienal. Já para a concentração de proteína bruta (PB), esse aumento foi 30,13% maior na colheita anual comparada a bienal (Tabela 4).

Houve efeito de interação entre frequência e intensidade de colheita na concentração de CHOT. (Tabela 3) Não houve diferença na concentração de CHOT quando foi preservado os cladódios primários nas duas frequências de colheita, porém quando foi preservado apenas o cladódio mãe, a CHOT foi maior na colheita bienal (Tabela 5). Não houve diferença na concentração de CHOT para a frequência de corte bienal nas duas intensidades de colheita (Tabela 5). Houve efeito da interação entre frequência, intensidade e densidade plantio na concentração de EE. As concentrações de NIDA, fração C e B dos carboidratos não foram afetadas pelos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 2. Efeito de diferentes densidades de plantio (D), frequência (F) e intensidade (I) de colheita sob a composição química da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

Item	Frequência (F)		Intensidade (I)		Densidade (D)				Valor P						
	Anual	Bienal	Mãe	Primário	55555	27777	13888	6944	F	I	D	F × I	F × D	I × D	F×I×D
g kg MS⁻¹															
MS	108	121	113	115	113	110	116	118	0,0144	0,6573	0,7497	0,7816	0,8025	0,7916	0,9505
MM	117	105	113	109	105	114	110	114	0,0119	0,6777	0,5342	0,2529	1,0000	0,9489	0,3098
PB	95	73	84	83	86	84	81	84	<0,0001	0,8851	0,9232	0,3825	0,3505	0,3571	0,3666
DIVMS	723	708	707	724	702	698	702	760	0,5193	0,3829	0,2670	0,2442	0,2013	0,0940	0,3907
FDN	187	187	186	188	193	184	187	184	0,9982	0,6896	0,4735	0,3233	0,8582	0,9739	0,6864
FDA	81	80	80	81	83	80	81	79	0,5464	0,8694	0,6010	0,2478	0,8806	0,7193	0,7193
LIG	0,43	0,39	0,39	0,44	0,46	0,38	0,42	0,40	0,5109	0,5215	0,8983	0,7159	0,5578	0,4683	0,6688
EE	135	160	147	149	151	192	129	118	0,0140	0,8575	0,0969	0,4712	<0,0001	0,1491	0,0015
FDN cp	145	159	145	160	131	140	170	168	0,4587	0,3597	0,2411	0,5664	0,4617	0,7222	0,6066
CHOT	773	785	787	771	788	765	770	792	0,1191	0,0213	0,3090	0,0016	0,2891	0,8849	0,2432
CNF	630	618	623	624	660	627	592	620	0,5085	0,9575	0,4409	0,3318	0,1834	0,6894	0,2246
Celulose	106	106	105	107	110	104	106	105	0,8037	0,6508	0,5209	0,4934	0,9122	0,7687	0,6103
g kg PB⁻¹															
NIDA	28	28	28	28	28	27	28	30	0,9637	0,9667	0,3385	0,1239	0,8437	0,6788	0,1964
A PB	102	80	89,	93	83	92	97	91	<0,0001	0,4504	0,1717	0,3698	0,4193	0,5667	0,5991
B1+B2	847	890	873	865	878	864	864	870	<0,0001	0,1870	0,3071	0,7642	0,8114	0,2679	0,6053
B3	22	3	10	15	12	15	12	11	<0,0001	0,2185	0,9617	0,3676	0,5475	0,2231	0,6440
g kg CHOT⁻¹															
C	0,019	0,017	0,017	0,019	0,021	0,016	0,018	0,017	0,4258	0,5230	0,7954	0,7749	0,6745	0,4925	0,6302
B	14	16	14	16	13	14	17	17	0,4579	0,3605	0,2411	0,5669	0,4727	0,7216	0,6056

Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN cp), carboidratos total (CHOT), carboidrato não fibroso (CNF), celulose, nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fração A da proteína bruta (A PB), fração B1 + B2 da proteína bruta palma (B1+B2), fração B3 da proteína bruta (B3), fração C dos carboidratos (C), fração B dos carboidratos (B)

Tabela 3. Efeito da frequência (F) de colheita sob a matéria seca (MS), matéria mineral (MM) proteína bruta (PB) da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

Variáveis	Frequência		Erro Padrão
	Anual	Bienal	
	g kg MS ⁻¹		
MS	107 B	121 A	0,53
MM	117 A	105 B	4,77
Proteína Bruta	95 A	73 B	4,19

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não difere entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 4. Efeito de interação frequência × intensidade sob os carboidratos totais da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

Frequência	Intensidade		Erro Padrão
	Cladódio Mãe	Cladódio Primário	
	CHOT (g kg MS ⁻¹)		
Anual	754 B b	793 A a	10,15
Bienal	788 A a	782 A a	12,00

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não difere entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Houve efeito significativo para frequência de colheita para as frações da proteína, A (nitrogênio não proteico), B1 (proteína rapidamente degradada) + B2 (proteína de degradação intermediária) e B3 (proteína de lenta degradação) (Tabela 3). A frequência de colheita anual resultou em maior concentração da fração A, sendo 27,5% maior que na frequência bienal. Enquanto a frequência de colheita bienal resultou em maior concentração da fração B1 + B2, sendo 5% a mais quando comparada à colheita anual, a frequência de colheita anual contribuiu para maior concentração da fração B3 em comparação ao corte bienal (Tabela 6).

Tabela 5. Efeito da frequência (F) de colheita sob as frações A, B1 + B2 e B3 da proteína da palma Orelha de Elefante Mexicana em Arcoverde, Pernambuco, Brasil

Variáveis	Frequência		Erro Padrão
	Anual	Bienal	
	g kg ⁻¹ de PB		
A	102 A	80 B	4,79
B1+B2	848 B	890 A	6,73
B3	22 A	3 B	4,26

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não difere entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

5. DISCUSSÃO

5.1 Acúmulo de forragem, estoque de água e eficiência de uso da água da chuva

A frequência de colheita bienal resultou em maior AMV, se comparada ao corte anual

(Figura 2). Esse resultado pode ser associado com maior número e peso dos cladódios da forragem colhida. Comparando o crescimento e a produtividade de três clones de palma forrageira (IPA Sertânia, Miúda e OEM), resistentes à cochonilha do Carmim, Silva et al. (2015), reportaram que a OEM foi o clone que apresentou maior rendimento de biomassa verde com a preservação do cladódio primário 160,0 t de MV ha⁻¹.

A intensidade de colheita preservando o cladódio primário resultou em maior AMV (Figura 3), quando comparada a preservação do cladódio mãe, também podendo ser associado com maior número de cladódios produzidos com relação a uma maior área fotossintética remanescente favorecido pela colheita menos intensa. Ferreira et al. (2023), avaliando o efeito da intensidade de colheita (preservando cladódio mãe ou cladódio primário) na palma OEM em diferentes densidades de plantio (55.555; 27.777; 13.888 e 6.944 plantas ha⁻¹) e corte anual reportaram que a preservação do cladódio primário promoveu maior PMV 199,4 t MV ha⁻¹, sendo 108,14 % superior a preservação do cladódio mãe.

A frequência de colheita bienal resultou em maior AMS em comparação a colheita bienal (Figura 2), esse aumento é associado com o aumento do tempo de rebrotação, além da maior concentração de MS nos cladódios com o avançar da idade (Tabela 4). Avaliando as características produtivas e estruturais da palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de colheita (4, 8, 12 e 16 meses após o plantio), Rocha et al. (2017) observaram que aos 16 meses a palma OEM apresentou maior AMV (91,74 t MS ha⁻¹) indicando que o aumento da duração do período de rebrotação pode favorecer o AMV.

A intensidade de colheita preservando o cladódio primário resultou em maior AMS em comparação a preservação do cladódio mãe (Figura 3). Esse efeito pode ser associado com maior velocidade de rebrotação em função da maior área de cladódio residual. Ferreira et al. (2023), avaliando o efeito da intensidade de colheita (preservando cladódio mãe ou cladódio primário) sob diferentes densidades de plantio (55.555; 27.777; 13.888 e 6.944 plantas ha⁻¹), observaram que a preservação do cladódio primário, como esperado em função do maior AMV, também resultou em maior AMS.

No presente trabalho a frequência de colheita bienal resultou em maior TAF comparada ao corte anual (Figura 2), esse aumento pode estar relacionado com o aumento do número e peso dos cladódios ao longo do período vegetativo se comparado ao corte anual. Farias et al. (2005) indicaram que uma menor frequência pode contribuir para o aumento da produção de forragem. Avaliando as características produtivas e estruturais da palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de colheita, Rocha et al. (2017) reportaram que a palma OEM apresentou maior valor da TAF 4,22 g de MS por planta por dia.

A preservação do cladódio primário resultou em maior TAF comparada a preservação do cladódio mãe (Figura 3). Esse acúmulo pode ser explicado pela maior área fotossintética remanescente após a colheita em comparação a colheita mais intensa que contribuiu para que a planta apresentasse uma rebrotação mais rápida e conseqüentemente maior produção. Pereira et al. (2020) avaliando os efeitos de diferentes intensidades de colheitas sobre as respostas morfológicas e produtivas da palma OEM com frequência de colheita anual, recebendo irrigação suplementar, reportaram valores de 37,55 t de MS ha⁻¹ ano⁻¹ com a preservação do cladódio primário. Os autores afirmaram que a produção da palma forrageira é influenciada pela intensidade de colheita, e que em colheitas menos intensas promovem plantas mais altas e largas resultando em maior produção de forragem.

Maior capacidade de EA foi observada na frequência de colheita bienal (Figura 2). Esse aumento pode ser associado a maior aumento do tamanho e peso dos cladódios e AMV. A intensidade de colheita preservando o cladódio primário também resultou em maior estoque de água (Figura 3) indicando que a intensidade de colheita além de impactar respostas produtivas, pode reduzir a contribuição da palma em estocar água.

Segundo Lopes et al. (2021) existe uma escassez de estudos sobre o armazenamento de água na biomassa aérea da palma forrageira, entretanto, a sua utilização pode reduzir consideravelmente o consumo voluntário de água pelos animais a depender do nível de participação da dieta (Costa et al., 2012). De acordo com Lima et al. (2014) a substituição do farelo de milho pela palma forrageira resultou no aumento do consumo de matéria seca e reduziu significativamente o consumo de água, o que reforça ainda mais a importância da contribuição da palma forrageira em ambientes semiáridos.

Maior eficiência de uso da água da chuva (EUAC) observada com a preservação do cladódio primário em comparação a preservação do cladódio mãe (Figura 4). Esse aumento pode estar relacionado ao metabolismo de síntese de tecidos da palma, que faz com que o aproveitamento de água aumente, e por conseqüência associado a uma melhor área fotossintética remanescente aumentasse seu desenvolvimento e acúmulo de forragem. Trabalhando com três clones de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) cultivados em condição de sequeiro no semiárido brasileiro, Silva et al., (2014) reportaram que a OEM possui uma maior eficiência de uso da água comparadas as variedades Miúda e IPA 20.

5.2. Valor nutritivo da forragem colhida

A frequência de colheita normalmente exerce influência nas respostas morfológicas, produtivas e nutricionais da palma forrageira, de forma que colheitas tardias ou em intervalos maiores promovem plantas mais altas e largas, com maior número, comprimento, largura e espessura de cladódios, características que podem resultar em maior AMV, AMS e mudança na composição química da palma forrageira (Gomes et al., 2018).

A frequência de colheita bienal resultou em maior teor de MS (Tabela 4). Esse aumento pode ser associado a maior idade da planta, com aumento do espessamento da parede celular, reduzindo a capacidade de armazenamento de água no interior das células em comparação com estruturas mais jovens colhidas com o corte anual. Resultados inferiores foram observados por Silva et al. (2013) avaliando as características bromatológicas da palma forrageira Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) cultivada sob diferentes tipos de adubação e espaçamento, que reportaram valores médios de 82,30 g kg MS⁻¹. Já Monteiro et al. (2018), avaliando o valor nutritivo da palma OEM reportaram valores superiores (123 g kg MS⁻¹).

A colheita anual resultou em maior concentração de MM em comparação ao corte bienal (Tabela 4). Donato et al. (2014), trabalhando com o valor nutritivo da palma forrageira Gigante cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio e doses de esterco bovino, observaram valores de MM de 141,0 g kg⁻¹, próximos ao encontrado nesse trabalho.

A palma forrageira caracteriza-se por apresentar baixa concentração de proteína e grande parte dela está disponível para a degradação microbiana. No presente trabalho, a colheita anual resultou em maior concentração de PB em comparação a colheita bienal (Tabela 4). Esse aumento pode estar relacionado com o aumento da participação cladódios jovens na massa de forragem. Geralmente estruturas mais jovens possuem maior quantidade de PB em comparação às de estágio vegetativo mais avançado, como é o caso das plantas colhidas a cada dois anos. Avaliando as características bromatológicas da palma forrageira cultivada sob diferentes tipos de adubação e espaçamento, Silva et al. (2013) reportaram teor de PB de 97,40 g kg MS⁻¹, próximo ao observado neste trabalho na colheita anual. Menores teores de PB (55 g kg MS⁻¹) foram reportados por Monteiro et al. (2018), avaliando o valor nutritivo da palma OEM. Contrastando com os resultados deste trabalho, Gomes et al. (2021), avaliando a composição química da palma forrageira cv. Gigante manejada sob diferentes doses de adubação com base em nitrogênio e fósforo e frequência de colheita (anual e bienal), reportaram maiores teores de PB com a colheita bienal.

A concentração de CHOT constituem mais de 75% da MS da palma forrageira e incluem

açúcares solúveis, amido e fibras apresentou aumentou com a preservação dos cladódios mãe em relação a preservação dos cladódios primários (Tabela 3). Donato et al., (2014), trabalhando com palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino, reportaram valores inferiores de CHOT (734,0 g kg⁻¹). De maneira geral, menor concentração de CHOT foi observada na colheita anual com a preservação do cladódio mãe (Tabela 5).

Não houve efeito de tratamentos para as concentrações de FDN, FDA, lignina, FDNcp, CNF, celulose e DIVMS (Tabela 2), indicando que mesmo com maior período de rebrotação a palma consegue manter o valor nutritivo da forragem colhida. Resultados semelhantes foram encontrados por Donato et al. (2014), o que mostra a baixa modificação dessas variáveis independente do manejo adotado.

As frações da proteína A, fração B1 + B2 e a fração B3 foram influenciadas pela frequência de colheita (Tabela 6). Donato et al. (2014) avaliando a o valor nutritivo da palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino reportam valores inferiores da fração B1+B2 (495 g kg⁻¹). Sniffen et al. (1992), afirmam que a fração B1 + B2, por apresentar rápida taxa de degradação ruminal em relação à fração B3, tende a ser extensivamente degradada no rúmen, contribuindo para o atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos ruminais.

A fração B que são os carboidratos de digestão lenta, que geralmente estão presentes na parede celular, e C que representam as frações indigestíveis dos carboidratos não foram influenciadas por nenhum dos fatores estudados, indicando que mesmo com a colheita bienal não resultou no aumento da participação de frações menos digestíveis na palma forrageira.

6. CONCLUSÃO

A colheita bienal resulta em maior acúmulo de forragem e estoque de água.

A manutenção dos cladódios primários durante a colheita favorece o acúmulo de forragem, estoque de água e a eficiência de uso da água da chuva.

A colheita anual reduziu o teor de MS da forragem colhida e elevou o teor de MM e PB.

A colheita anual não contribuiu para otimizar o acúmulo de forragem e melhorar o valor nutritivo da palma OEM nas condições estudadas.

7. REFERÊNCIAS

ABIDI, S. et al. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep

- and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, p. 9-16, 2009.
- ABIDI, S. et al. Ruminal fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica f. inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, n. 3-4, p. 333-340, 2009.
- AMORIM, D. M. et al. Fenofases e épocas de corte da palma forrageira sob sistemas de irrigação e cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 62-71, 2017.
- ALVES, H. K. M. N. et al. Acúmulo de água na palma forrageira em decorrência de práticas de resiliência no Semiárido pernambucano. 2018.
- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis: Changes in Official Methods of Analysis Made at the Annual Meeting. Supplement**. Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- AZEVEDO, Júnior et al. Produtividade e teor de nutrientes da palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico. **Irriga**, v. 24, n. 4, pág. 830-842, 2019.
- BASILE, Philadelphia. Economic aspects of Italian cactus pear production and market. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 4, p. 31-46, 2001.
- CAVALCANTE, L. A. D. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 424-433, 2014.
- CAVALCANTE, F. S. et al. Frequência de colheita em pastos de *Megathyrus maximus* cv. Sempre-Verde. 2018.
- COSTA, R. G. et al. Consumo de água de ovinos alimentados com diferentes níveis de nopal (*Opuntia ficus indica*) em Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, p. 301-304, 2012.
- DETMANN, E.; COSTA E SILVA, L.F.; ROCHA, G.C.; PALMA, M.N.N.; RODRIGUES, J.P.P. **Métodos para análises de alimentos-INCT-Ciência Animal**, 2ª ed. Visconde do Rio Branco, Minas Gerais: Suprema, 2021, 350p.
- ABREU, F. E. R. et al. Crescimento e produtividade da palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em função da densidade de plantas no semiárido piauiense. 2021.
- DONATO, P.E.R. et al. Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, p. 151-158, 2014.
- DONATO, P.E.R. et al. Valor nutritivo da palma forrageira 'Gigante' cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 163-172, 2014.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.129-135, 2010.

- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Potential of cactus pear in South América. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero, v. 13, p. 29-40, 2013.
- DUBEUX JR, J. C. B. et al. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SALEM, H.B.; NEFZAOU, A. Forage Production and supply for animal nutrition. In: Food and agriculture organization of the United Nations. Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear. International **Center for Agricultural Research in the Dry Areas Rome**, p.73-90, 2017.
- DUBEUX JR, J. C. B et al., Cactus (*Opuntia e Nopalea*) valor nutritivo: Uma revisão. **Ciência e Tecnologia da Alimentação Animal**, v. 275, p. 114890, 2021.
- FARIAS, I. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 341-347, 2000.
- FARIAS, I.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JR, J.C.B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C. et al. (eds). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 81-103
- FERRAZ, R. L. S. et al. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (*Cactaceae*) in climate change scenarios and its potential for wastewater bioremediation in Semi-arid Regions: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 18, p. 1-11, 2017.
- FERREIRA, C. M. et al. Effect of plant spacing and cutting intensity on the morphology and productivity of forage cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.]. **African Journal of Range & Forage Science**, p. 1-10, 2023.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014.
- GUEVARA, J.C.; SILVA-COLOMER, J. H.; ESTEVEZ, O. R. Nutrient content of *Opuntia* forage clones in the Mendoza plain, Argentina. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 6, p. 62-77, 2004.
- GOMES, J.B. et al. Adubação orgânica na produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) no Cariri paraibano. 2011.
- GOMES, G.M.F et al. Composição química de cladódios de palma forrageira sob diferentes manejos de adubação e colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 221-228, 2018.
- GOMES, G. M. F. et al. Nutritional value of cactus pear grown under different levels of nitrogen

- and phosphorus and two harvest frequencies. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, 2021.
- GOERING, H.K. VAN SOEST, P.J. (1970). Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA. (Agricultural Handbook, 379).
- HOLDEN, L.A. Comparison of in vitro dry matter digestibility methods for ten foods. **Journal of dairy products**, v. 82, pg. 1791-1794, 1999.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inmet?r=bdmep/bdmep>. 2022.
- JÚNIOR, J.G.B.G. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasílica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.
- LEEGOOD, R. C. Strategies for engineering C4 photosynthesis. **Journal of plant physiology**, v. 170, no. 4, pg. 378-388, 2013.
- LICITRA G, Hernandez TM, Van Soest P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *An. Feed Sci. Techn.* 1996; 57(4):347-358.
- LIMA, M. S. et al. Predadores associados a *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: *Dactylopiidae*) em palma forrageira no estado de Pernambuco, Brasil. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.
- LIMA, G.FC. et al. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 481-488, 2016.
- LIRA, M.A. et al. Utilização da palma forrageira na pecuária leiteira do Semiárido. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v.2, p.107-120, 2005.
- LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C. Genética e melhoramento da palma forrageira. In: **Congresso Brasileiro de palma e outras cactáceas**. 2011.
- LOPES, E.B. et. al. Efeito do período de cura de cladódios da Palma Gigante na emissão de raízes em Neossolo no município de Lagoa Seca, Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v.6, p. 231- 31 239, 2009.
- LOPES, M. N. et al. Forage biomass and water storage of cactus pear under different managements in semi-arid conditions. **Brazilian Journal of Zootechnics**, v. 50, 2021.
- MAGALHÃES, A.L.R. et al. Composição química, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, cinética de degradação ruminal e produção de gases in vitro de genótipos de palma forrageira. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, 2021.
- MATIAS, A.G.S., et al. Fermentative profile and nutritional quality of silages composed of cactus pear and maniçoba for goat feeding. **The Journal of Agricultural Science**, vol. 158,

- no. 4, pg. 304-312, 2020.
- MATOS, L.V., et al. Structural characteristics and yield of 'gigante' cactus pear in agroecosystems in the semi-arid region of Bahia, Brazil. **Revista Caatinga**, v.33, p.1111-1123, 2020.
- MATOS, Laudiceio Viana et al. Soil attributes and the quality and yield of 'Gigante' cactus pear in agroecosystems of the semiarid region of Bahia. **Journal of Arid Environments**, v. 185, p. 104325, 2021.
- MELLO, A.C.L. et al. Concentração de nutrientes em palma forrageira submetida a diferentes densidades de plantio e manejo de colheita. In: **IX Congresso Internacional de palma forrageira e cochonilha: Culturas CAM para um mundo mais quente e seco 1247**. 2019. pág. 137-142.
- MONTEIRO, C. C. F., et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, p.479-485, 2018.
- MOURA, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira Zootecnia**, v.38, p.827-831, 2012.
- MOKOBOKI, K., SEBOLA, N. Chemical composition and feed intake of *Opuntia* cladodes varieties offered to goats. **J. Anim. Plant Sci.** 32, 5096–5103, 2017.
- MUDGAL, V.; MEHTA, M. K.; RANE, A. S. Palha de lentilha (*Lens culinaris*): um recurso alimentar alternativo e nutritivo para crianças. **Nutrição Animal**, v. 4, n. 4, pág. 417-421, 2018.
- NEVES, A. L. A. et al. Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros no semiárido brasileiro. **Embrapa Gado de Leite**, p. 7, 2010.
- NOBRE, I. S. et al. Cactus pear silage to mitigate the effects of an intermittent water supply for feedlot lambs: Intake, digestibility, water balance and growth performance. **Ruminants**, v. 3, n. 2, p. 121-132, 2023.
- NUNES, J.S.L; Silva, T.G.F.; SOUZA, L.S.B. de; Jardim, A.M. da R.F.; Alves, H.K.M.N.; Cruz Neto, J.F. da; Leite, R.M.C.; Pinheiro, A.G, Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros** 27, 367-375, 2019.
- OLIVEIRA, F. T. S., et al. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, v.5, p.27-37, 2010
- OLIVEIRA JÚNIOR, S. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, p.7-12, 2009.

- PEREIRA, J. S. et al. Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 21, 2020.
- RAMOS, J.P.F., et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio, **Revista Caatinga**, v.24, p.41-48, 2011.
- ROCHA FILHO, R.R., et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas. **Journal of Arid Environments**, v.186, p.104426, 2021.
- ROCHA, R.S. et al. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, p. 363-371, 2017.
- SANTOS, D.C., et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, p.111-121, 2013.
- Santos C.B. et al. Protein and carbohydrates fractionation in Paiaguas palisade grass intercropped with grain sorghum in pasture recovery. **Acta Scient. An. Sci.** 2019
- SENGER, C.C.D et al. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage rations and concentrates. **Animal feed science and technology**, v. 146, p. 169-174, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, E.T.D.S. et al. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.52, p.761-767, 2017.
- SILVA, J. A. et al. Cultivares e manejo de palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v.38, p.34-45, 2017
- SILVA, L.M. et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, p.2064-2071, 2014.
- SILVA, T.G.F et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, p.633-641, 2014a.
- SILVA, T. G. F. et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 73, p.184-191, 2014b.
- SILVA, T. G. F. et al. 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.
- SILVA, E. C. B et al. Efeito da Irrigação Suplementar na Produtividade e Eficiência no uso de água da palma forrageira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2744-

- 2759, 2020.
- SOUZA, T. C. de et al. Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). 2015.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular nutrition & food research**, v. 49, p. 175-194, 2005.
- TILLEY, J.M.A; TERRY, D.R.A. Uma técnica de duas etapas para a digestão in vitro de culturas forrageiras. **Ciência de gramíneas e forrageiras**, v. 18, pág. 104-111, 1963.
- THEODOROU, M. K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine fermentation kinetics of ruminant feed. **Animal feed science and technology**, v. 48, pg. 185-197, 1994.
- VAN SOEST, P.J., et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, pág. 3583-3597, 1991.
- VASCONCELOS, A.G.V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- VILA NOVA, S.R.M.s et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*): prospecção das tecnologias e potencialidades de inovação. 2018.