

NATÁLIA ALVES SANTOS

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA *Opuntia*  
DESENVOLVIDOS PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Serra Talhada- PE

2024

S  
A  
N  
T  
O  
S

N  
A

A  
V  
A  
L  
I  
A  
Ç  
Ã  
O  
D  
E  
G  
E  
N  
Ó  
T  
I  
P  
O  
S  
D  
E  
P  
A  
L  
M  
A  
F  
O  
R

·  
·  
·

2  
0  
2  
4

NATÁLIA ALVES SANTOS

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA *Opuntia*  
DESENVOLVIDOS PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Eugênio de França

Coorientador: Prof. Dr. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite

Serra Talhada- PE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S237a

Santos, Natália Alves

Avaliação de genótipos de palma forrageira *Opuntia* desenvolvidos para o semiárido brasileiro / Natália Alves Santos. - 2024.  
64 f. : il.

Orientador: Jose Geraldo Eugenio de Franca.  
Coorientador: Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite.  
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Serra Talhada, 2024.

1. desempenho agrônômico. 2. análise fenotípica. 3. melhoramento vegetal. 4. seleção de clones. 5. bromatologia. I. Franca, Jose Geraldo Eugenio de, orient. II. Leite, Mauricio Luiz de Mello Vieira, coorient. III. Título

CDD

---

NATÁLIA ALVES SANTOS

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA *Opuntia* DESENVOLVIDOS  
PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestra em Produção Vegetal.

APROVADA em 23/07/2024.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 JOSE GERALDO EUGENIO DE FRANÇA  
Data: 12/09/2024 13:50:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. JOSE GERALDO EUGENIO DE FRANÇA, UFRPE

Examinador interno

Documento assinado digitalmente  
 JOSE EDSON FLORENTINO DE MORAIS  
Data: 12/09/2024 14:20:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. JOSE EDSON FLORENTINO DE MORAIS

Examinador externo à Instituição

Documento assinado digitalmente  
 MONALISA ALVES DINIZ DA SILVA  
Data: 13/09/2024 10:31:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. MONALISA ALVES DINIZ DA SILVA

Examinadora externa ao Programa

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos e ser minha força e proteção.

Ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST), pela oportunidade de realizar o mestrado, e ao Instituto Agrônomo de Pernambuco em Arcoverde pela infraestrutura e suporte na realização do trabalho.

À minha família: ao meu esposo, João Inaldo, que me apoiou em todos os momentos durante a realização do curso; ao meu filho, Pedro Miguel, por me dar forças todos os dias para não desistir, apesar de todas as dificuldades enfrentadas; aos meus pais, Ana Maria e Manoel, por todo o amor, apoio e incentivo em todos os momentos vividos, por cuidarem tão bem do meu filho para que eu conseguisse estudar; e à minha irmã, Naiara, por sempre estar comigo.

Aos meus sogros, Massunila e José Lopes, que, assim como meus pais, me deram um grande apoio cuidando do meu filho para que eu pudesse frequentar a universidade e estudar.

Ao Prof. Dr. José Geraldo Eugenio de França, pela orientação, pela oportunidade de desenvolver este projeto e pela disponibilidade em sempre me levar até a área de estudo. A Djalma Cordeiro dos Santos, Agrônomo do IPA de Arcoverde, que muito me ensinou sobre a palma forrageira.

A Clovis, que me ensinou a manusear e coletar os dados da palma forrageira, e aos colegas que me ajudaram nas coletas de dados: Lara, Bianca, Angela, Mateus, Tania e Liliane.

Aos docentes, pelos conhecimentos partilhados nas disciplinas que tive a oportunidade de cursar.

À minha grande amiga Angela, que esteve comigo desde a graduação e continuou ao meu lado no mestrado. À minha amiga e colega de pesquisa Bianca, com quem compartilhei momentos felizes e difíceis.

Aos meus colegas de classe Angela, Antônio Marcos, Luiz Filipe e Lucas, que me apoiaram e estiveram comigo durante o curso. No início foi difícil por conta da minha gestação, mas com eles tudo ficou mais leve.

À minha excepcional amiga Gabrielly, que está comigo desde o ensino fundamental. Apesar da distância que nos separa atualmente, ela continuou me incentivando.

Aos órgãos de fomento, FACEPE, pela bolsa, e à fundação DryGrow, pelo custeio das despesas na condução do experimento.

E a todos que, de alguma maneira (direta ou indiretamente), contribuíram para a execução deste projeto. Sem suas ajudas, certamente eu não teria conseguido chegar até aqui.

**Muito Obrigada!**

## RESUMO

Em regiões semiáridas que sofrem com frequentes períodos de estiagem, a criação de animais se torna um desafio devido à escassez de recursos alimentares. Para superar essa dificuldade, a adoção de culturas adaptadas às condições ambientais é essencial, destacando-se a palma forrageira como uma das principais opções. A palma forrageira é altamente valorizada por sua resistência e capacidade de produzir biomassa mesmo em condições adversas. A importância de trabalhos de melhoramento genético nessa cultura não pode ser subestimada. Desenvolver novos genótipos que combinem alta produtividade com resistência às pragas mais comuns, como a cochonilha do carmim, oferece aos produtores rurais a oportunidade de otimizar suas produções e garantir uma fonte confiável de alimento para o gado, mesmo em períodos de seca prolongada. Neste contexto, um experimento foi conduzido na estação experimental de Arcoverde-PE, utilizando um delineamento em blocos ao acaso, composto por dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos incluíram diferentes genótipos de palma forrageira: a Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) e cinco clones derivados (OEMC1, OEMC2, OEMC3, OEMC4 e OEMC5); a Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) e dois clones derivados (OEAC1 e OEAC2), além da cultivar IPA 20, reconhecida por seu uso extensivo na região. Foram realizadas diversas análises, incluindo medidas biométricas (altura da planta, número de cladódios, e área de cladódio), estimativas de produtividade em matéria fresca (MF), e análises bromatológicas para avaliar o valor nutritivo dos genótipos. Em conclusão, a incorporação dessas cultivares pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da produção animal em regiões áridas, ao mesmo tempo em que diversifica as opções de cultivo e melhora a resiliência dos sistemas agrícolas.

Palavras-chave: desempenho agronômico, análise fenotípica, melhoramento vegetal, seleção de clones, bromatologia.

## ABSTRAT

In semi-arid regions that suffer from frequent drought periods, livestock farming becomes a challenge due to the scarcity of feed resources. To overcome this difficulty, the adoption of crops adapted to environmental conditions is essential, with forage cactus standing out as one of the main options. Forage cactus is highly valued for its resilience and ability to produce biomass even under adverse conditions. The importance of genetic improvement work in this crop cannot be underestimated. Developing new genotypes that combine high productivity with resistance to common pests, such as the cochineal, offers rural producers the opportunity to optimize their production and ensure a reliable source of feed for livestock, even during prolonged drought periods. In this context, an experiment was conducted at the Arcoverde-PE experimental station, using a randomized block design, consisting of ten treatments and three replications. The treatments included different forage cactus genotypes: the Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) and five derived clones (OEMC1, OEMC2, OEMC3, OEMC4, and OEMC5); the Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) and two derived clones (OEAC1 and OEAC2), in addition to the IPA 20 cultivar, recognized for its extensive use in the region. Several analyses were conducted, including biometric measurements (plant height, number of cladodes, and cladode area), fresh matter (MF) productivity estimates, and bromatological analyses to evaluate the nutritional value of the genotypes. In conclusion, the incorporation of these cultivars can significantly contribute to the sustainability of animal production in arid regions, while diversifying crop options and improving the resilience of agricultural systems.

Keywords: agronomic performance, phenotypic analysis, plant breeding, clone selection, bromatology.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo, na estação experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.....25
- Figura 2.** Croqui do ensaio experimental de clones de palma forrageira na Região Nordeste do Brasil. Círculos em vermelho indicam para cada genótipo foram avaliadas quatro plantas. Arcoverde-PE, 2023.....28
- Figura 3.** Croqui do arranjo espacial dos tratamentos e repetições de clones de palma forrageira na Região Nordeste do Brasil.....28
- Figura 4.** Linha do tempo durante o período experimental (abril de 2022 à março de 2024) de avaliação de clones de palma forrageira, em Arcoverde-PE.....29
- Figura 5.** Mensuração da altura de planta (A), largura de planta (B), espessura do cladódio (C), comprimento e largura do cladódio (D) em clones de palma forrageira.....29
- Figura 6.** Presença da cochonilha-do-carmim em clone do IPA-20 (A), presença de cochonilha de escama em clone de orelha de elefante africana (B), presença de caracol em clone de orelha de elefante mexicana clone 2 (C), presença de cera em clone de orelha de elefante mexicana clone 4 (D), ausência de cera em clone de orelha de elefante africana (D).....30
- Figura 7.** Etapa da colheita (A), pesagem (B e D), identificação (C), trituração (E e F) e secagem na estufa (G e H).....31
- Figura 8.** Precipitação pluvial, temperatura e umidade durante o período experimental com genótipos de palma forrageira, no município de Arcoverde-PE, Brasil.....32
- Figura 9.** A) Altura de Planta, B) Largura de Planta, C) comprimento de cladódios primários, D) Largura de cladódios primários, E) espessura de cladódios primários de cultivares de *Opuntia*, cultivadas no semiárido da região Nordeste do Brasil, avaliadas durante quatro períodos de desenvolvimento até a realização do corte.....36
- Figura 10.** Índice de área de cladódio dos genótipos de palma forrageira cultivadas no semiárido da Região Nordeste do Brasil, Arcoverde-PE.....38

**Figura 11.** Valores de produtividade de massa fresca (A) e Produtividade de massa seca (B), dos clones de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil... .....39

**Figura 12.** Análise dos Componentes principais (PCA) das características agrônômicas de diferentes clones de palma forrageira *Opuntia*, sob cultivo de sequeiro com condições edafoclimáticas de semiárido da Região Nordeste do Brasil. Arcoverde-PE, 2024.....42

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características químicas do solo experimental da área de estudo no Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Arcoverde, Pernambuco.....26
- Tabela 2.** Genótipos de palma forrageira, gênero *Opuntia*, avaliados quanto à adaptação as condições semiáridas na Região Nordeste do Brasil.....27
- Tabela 3.** Valores médios das variáveis biométricas dos Clones de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil.....33
- Tabela 4.** Valores médios dos dados bromatológicos dos Clones de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil.....41
- Tabela 5.** Valores médios das variáveis biométricas realizadas após o corte das cultivares de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil.....43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 GÊNERO <i>Opuntia</i> (ORIGEM, TAXONOMIA, DESCRIÇÃO BOTÂNICA).....	12
1.2 CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA PARA AMBIENTE SEMIÁRIDO.....	14
1.3 MELHORAMENTO DE PALMA FORRAGEIRA.....	15
1.4 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	18
<b>2 HIPÓTESE</b> .....	19
<b>3 OBJETIVO</b> .....	19
3.1 GERAL.....	19
3.2 ESPECÍFICOS.....	20
<b>CAPITULO I: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA <i>Opuntia</i> EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO</b> .....	21
<b>CAPITULO 1: RESUMO</b> .....	22
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	23
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	24
2.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	25
2.3 AVALIAÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS DE PALMA FORRAGEIRA.....	26
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
<b>3 RESULTADOS</b> .....	33
3.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS.....	33
3.2 ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO (IAC).....	38
3.3 PRODUTIVIDADES.....	39
3.4 ANÁLISE BROMATOLÓGICA.....	40
3.5 ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA).....	42
3.6 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS APÓS O PRIMEIRO CORTE.....	43

<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	44
4.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS .....	44
4.2 ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO (IAC).....	48
4.3 PRODUTIVIDADES.....	48
4.4 ANÁLISE BROMATOLÓGICA.....	50
4.5 ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA).....	51
4.6 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS APÓS O PRIMEIRO CORTE.....	51
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

A interação de fatores bióticos e abióticos desencadeia impactos adversos no desenvolvimento agrícola de áreas semiáridas. A prolongada escassez de chuvas nessas regiões resulta na diminuição do suprimento de forragem, criando desafios significativos para a alimentação animal. Portanto, é essencial aprofundar o entendimento dos processos químicos, físicos e biológicos que afetam as plantas forrageiras, visando soluções eficazes, como o melhoramento genético dessas culturas (REYNOLDS et al., 2010).

Portanto, o melhoramento genético se destaca como uma abordagem eficaz para introduzir características desejáveis em plantas, tais como adaptação a diferentes ambientes, resistência a fatores bióticos e abióticos, e aumento da produtividade mesmo em condições desfavoráveis. Podendo ainda promover avanços significativos na sustentabilidade e na segurança alimentar beneficiando produtores rurais e consumidores (LOPES et al., 2015).

É importante ressaltar que na vegetação predominante da Caatinga, inserida no semiárido brasileiro, particularmente na região Nordeste do país, as forragens nativas não são suficientes para atender às demandas dos animais, especialmente nos períodos de estiagem. Portanto, é necessária a introdução de culturas agrícolas adaptadas às condições locais. Nesse sentido, destaca-se a palma forrageira (*Opuntia spp.* e *Nopalea spp.*) como uma opção de destaque (PASTORELLI et al., 2022).

A palma, devido à sua capacidade de sobreviver em condições de disponibilidade hídrica reduzida e à sua alta produtividade de biomassa, tornou-se uma alternativa valiosa para a alimentação animal na região. Suas características como resistência à seca, adaptação ao solo e ao clima a tornam uma escolha ideal para suprir as necessidades dos animais durante os períodos de escassez de água e forragem (DUBEUX JÚNIOR et al., 2021).

Além disso, a palma forrageira é uma cultura de crescimento rápido e relativamente fácil de manejar, o que a torna uma opção viável para os agricultores da região. Sua riqueza nutricional, com alto teor de proteínas, vitaminas e minerais, contribui para a saúde e o desempenho dos animais, sendo uma fonte importante de alimento em sistemas de produção animal. Ao recordar a sua quase extinção décadas atrás devido a ocorrência de pragas, e ao observar que o que salvou essa cultura foi o avanço do melhoramento genético, torna-se

evidente a crescente importância de estudos dedicados à contínua melhoria da palma, por meio do desenvolvimento de novas cultivares (CHEN, 2024).

### 1.1 GÊNERO *Opuntia* (ORIGEM, TAXONOMIA, DESCRIÇÃO BOTÂNICA)

Relatos pré-históricos sobre a exploração e posterior domesticação da palma forrageira são do Continente Americano, mais especificamente da região do México Central (MONDRAGON-JACOBO, 2000). O gênero *Opuntia* se destaca, sendo utilizado, entre outros fins, na alimentação dos animais na indústria agrícola (DUBEUX et al., 2021; PASTORELLI et al., 2022; SIPANGO et al., 2022). Além disso, a *Opuntia* é amplamente utilizada na alimentação humana em várias regiões do mundo (BARBA et al., 2022). De acordo com Kiesling (1998), a espécie atualmente conhecida como *Opuntia ficus-indica* Mill. é resultado de seleção que ocorreu há 9000 anos na região do México.

No Brasil, a chegada da palma ocorreu no fim do século XVIII, por dois importantes empresários da indústria têxtil: Delmiro Augusto da Cruz Gouveia e Herman Theodor Lundgren. O objetivo principal era cultivar a cochonilha-do-carmim, *Dactylopius coccus*, uma vez que a espécie fêmea desse inseto, ao sugar a planta, gera o ácido carmínico, essencial para a produção do corante vermelho carmim (GOES, 1949).

Inicialmente, as plantas de palma foram cultivadas nas propriedades dos pioneiros. O produtor Delmiro Gouveia cultivou em sua fazenda no município de Pedra, no Estado de Alagoas, enquanto Herman Lundgren cultivou em Paulista, PE, e em Rio Tinto, PB. Em um primeiro momento, os cultivos com as plantas de palma tiveram resultados positivos, gerando inclusive produção de tecidos coloridos para o país e colocando o Brasil como competidor junto com a China e a Índia (GOES, 1949).

No entanto, com a evolução da indústria petrolífera e seus derivados, incluindo tintas, impulsionada pelo avanço da indústria automotiva após a Primeira Guerra Mundial, tornou-se economicamente inviável continuar produzindo corante carmim em grandes quantidades para tingir tecidos (PESSOA, 1967).

De acordo com relatório elaborado pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB, 1959), a palma chegou ao Nordeste brasileiro em 1886. Há registros de que o Estado de Pernambuco adquiriu cerca de seis toneladas de raquetes-sementes de uma determinada variedade sem espinhos da

Califórnia, destinadas à alimentação de bovinos em regiões semiáridas. O teste inicial de palatabilidade da palma em Pernambuco ocorreu em 1905, utilizando mudas provenientes do Ceará, onde o cultivo tinha finalidade ornamental (ANDRADE et al., 1990).

Por sua vez, Domingues (1963) relatou que a chegada da palma no Estado de Pernambuco ocorreu um pouco antes, em 1880, mas o interesse real pela cultura só surgiu em 1902. A disseminação efetiva ocorreu em 1931, impulsionada por um decreto que estabelecia premiações para produtores rurais que mantivessem plantações estabelecidas e adequadamente manejadas; esse incentivo foi crucial para fortalecer a cultura na época.

A elevada capacidade de adaptação, a alta produção de forragem com qualidade superior e o baixo custo foram as principais razões para a significativa expansão do cultivo da palma em diversas regiões do mundo, especialmente quando comparada com outras espécies forrageiras em regiões semiáridas (SANTOS et al., 2013).

A família Cactaceae, à qual a palma pertence, compreende cerca de 178 gêneros e aproximadamente 2.000 espécies, encontradas desde o Canadá até a Argentina e Peru. Esta família se dispersou a partir do Mediterrâneo para países da África, Ásia e Oceania. No Brasil, a produção de forragem ocorre principalmente no semiárido, destacando-se dois gêneros principais: *Opuntia* e *Nopalea* (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014; SOUZA et al., 2019; JARDIM et al., 2020; JARDIM et al., 2021). A palma forrageira pertence ao gênero *Opuntia*, e de acordo com Silva et al. (2006) sua classificação taxonômica é a seguinte: Reino: Plantae; Divisão: Magnoliophyta; classe: Magnoliopsida; Ordem: Caryophyllales; Família: Cactaceae; Gênero: *Opuntia*.

No México concentra-se a maior e mais importante diversidade de espécies de palma no mundo, com destaque para o gênero *Opuntia*. Cerca de 83 a 104 das aproximadamente 200 espécies desse gênero estão presentes no país. Dessas espécies, mais de 50 são utilizadas para alimentação humana, forragem animal e fabricação de medicamentos, enquanto cerca de 20 espécies são cultivadas em diferentes níveis de domesticação (CHÁVEZ-MORENO et al., 2009).

A palma forrageira é um cacto de porte arbustivo, cujos ramos são chamados de cladódios ou raquetes. Essas estruturas foram adaptadas para realizar a fotossíntese, enquanto as folhas geralmente estão reduzidas a pequenos espinhos. Suas flores são vistosas, variando em cores que vão do amarelo ao laranja e até mesmo ao rosa. Os frutos são bagas suculentas

que contêm sementes em seu interior. Quanto aos espinhos, algumas espécies do gênero *Opuntia* apresentam espinhos longos, enquanto outras têm espinhos curtos ou quase ausentes. O sistema radicular é superficial, porém se estende lateralmente (FERRAZ et al., 2016).

## 1.2 CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA PARA AMBIENTE SEMIÁRIDO

É muito importante para ambientes com baixa pluviosidade o cultivo da palma devido ao seu incrível potencial de manter-se firme mesmo em condições adversas de déficit hídrico e elevadas temperaturas, além de conseguir manter excelente produção e armazenar água em seu interior estrutural (cerca de 90% de sua biomassa) (CUNHA et al., 2020). No entanto, há uma limitação relevante quanto ao número de cultivares, uma vez que uma quantidade significativa de palma foi destruída no século passado pela praga cochonilha-do-carmim, surgindo a demanda por novas cultivares, incluindo materiais com menor ocorrência de espinhos para facilitar o manejo da cultura (CUNHA et al., 2020).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (2017), no Brasil a produção de palma forrageira é de cerca de 3,6 milhões de toneladas em 126.925 propriedades. Do total, 99,8% (3.573.401 toneladas) são provenientes do Nordeste e de partes do Norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Destacam-se como as maiores áreas de cultivo os Estados de Sergipe, Alagoas, Rio Grande do Norte e Ceará – sendo os três principais produtores: Bahia (1,5 milhão de toneladas), Paraíba (742 mil toneladas) e Pernambuco, com 481 mil toneladas (IBGE, 2017).

Nacionalmente, destacam-se no Nordeste brasileiro o cultivo da *Opuntia* e da *Nopalea*. A *Opuntia* possui maior rusticidade quanto ao seu cultivo, enquanto a *Nopalea* exige condições de umidade do solo mais elevada, tornando-se menos atraente para ambientes com déficit hídrico (FARIAS et al., 2005). Em termos de variedades cultivadas, as mais utilizadas são popularmente conhecidas como Gigante, Redonda, Orelha de Elefante Mexicana (todas pertencentes ao gênero *Opuntia*) e Miúda (pertencente ao gênero *Nopalea*).

De acordo com Silva et al. (2006), a *O. ficus-indica*, cultivar gigante, também denominada Graúda, Santa ou Azeda, possui porte ereto, com poucas ramificações e cladódios grandes, podendo pesar até 1000 g cada raquete. É pouco aceitável pelos animais e, nutricionalmente, apresenta valor inferior às demais. Apresenta elevada produtividade, alta tolerância à seca e resistência à cochonilha de escamas (FARIAS et al., 2005). A cultivar, é

altamente suscetível à principal praga que ataca a cultura, a cochonilha do carmim (SANTOS et al., 1997).

De acordo com Silva et al. (2006) a cultivar Redonda (*O. ficus-indica*), popularmente conhecida como Orelha de Onça, em relação a cultivar anterior, é mais ramificada e suas raquetes chegam a pesar cerca de 1800 g. É altamente tolerante ao déficit hídrico, porém possui elevada suscetibilidade à principal praga, o que a torna menos atraente para os produtores (VASCONCELOS et al., 2009).

Tendo em vista a preocupação com a suscetibilidade dos palmais à cochonilha, o programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) identificou o clone Orelha de Elefante Mexicana, importado do México e da África, como altamente resistente à cochonilha-do-carmim, além de ser menos exigente quanto a fertilidade do (CAVALCANTE et al., 2008).

Atualmente, a Orelha de Elefante Mexicana é o clone mais utilizado nos plantios no Brasil (PEREIRA et al., 2022). Isso pode ser arriscado, uma vez que esse material pode se tornar suscetível a essa ou outra praga no futuro. Sem uma alternativa viável, os palmais brasileiros correm o risco de serem eliminados. Destacam-se estudos com novos materiais derivados desse clone, além de outras cultivares presentes na região, mas com pouca expressividade. Uma que se destaca é a IPA 20, obtida por meio de seleção no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) através de seu programa de melhoramento genético (FARIAS et al., 2005).

### 1.3 MELHORAMENTO DE PALMA FORRAGEIRA

Para que os vegetais cresçam e desenvolvam-se de maneira satisfatória há uma dependência da combinação apropriada do manejo, dos aspectos ambientais e do potencial genético da variedade, não sendo diferente para a cultura da palma (OLIVEIRA et al., 2010).

A cultura pode ser encontrada nos mais diversos tipos de solos, como Vertissolos, Cambissolos e Luvisolos. Com amplitudes de pH que podem variar de subácidos a condições subalcalinas, em relação à profundidade dos solos, pode haver bom desenvolvimento radicular superficial em solos com até cerca de 70 cm, sendo que a maior absorção ocorre nos primeiros 20 cm de profundidade. A presença de alta quantidade de água nos solos, baixa drenagem, lençol freático raso e camada superficial impermeável podem causar sérios prejuízos para a

palma. Solos com grandes concentrações de sais também são prejudiciais, uma vez que a palma é uma cultura que exige atributos físico-químicos específicos do solo (OLIVEIRA et al., 2010).

Com relação às condições climáticas, essas representam uma forte influência tanto no crescimento e como no desenvolvimento da palma forrageira. De acordo com pesquisas e estudos realizados no México, há correlação considerável entre a variável temperatura e a produção e absorção de nutrientes, concluindo-se que tais variáveis são relevantes para o aumento da produção (ORONA-CASTILLO et al., 2004).

De acordo com estudos realizados, localidades onde o ambiente noturno apresente condições de frio e umidade do ar alta mostram-se como ótimas para se cultivar a palma. Ao contrário, em locais onde o ambiente noturno seja quente e seco, haverá prejuízos para a cultura, uma vez que ela irá perder bastante água. As condições térmicas mais indicadas são temperaturas diurnas com cerca de 25 °C e noturnas em torno dos 15 °C (SAMPAIO, 2005).

Em regiões áridas e semiáridas, a utilização da irrigação para as culturas em geral não é comum, ocorrendo apenas em pontos específicos. Os cultivos são predominantemente em sequeiro, onde os produtores aproveitam os meses chuvosos para realizar seus plantios e para a cultura da palma, essa situação não é diferente. Portanto, torna-se fundamental introduzir espécies de palma (*Opuntia* e *Nopalea*) mais adaptadas à escassez de água, capazes de produzir bem e com características desejáveis como menor quantidade de pelos e espinhos, maior produtividade de forragem, elevada digestibilidade e resistência a pragas como as cochonilhas. Diante desse contexto, destaca-se a importância do melhoramento genético para essa cultura (PAIXÃO, 2012).

Em busca de ampliar a base genética dos materiais presentes em seu Banco Ativo de Germoplasma (BAG), os projetos de melhoramento genético da palma forrageira da instituição IPA, em colaboração com a UFRPE, têm como objetivo produzir novos clones com maior produtividade e adaptação crescente, que sejam resistentes a pragas, especialmente às cochonilhas. Isso permitirá que a planta atenda à demanda alimentar dos animais, principalmente durante períodos de escassez de água, como as estiagens (ALMEIDA et al., 2019). Por meio do melhoramento genético, é possível identificar e investigar as alterações genéticas presentes nas plantas (POEHLMAN, 1995).

Ao analisar as diversas culturas que são mais relevantes do ponto de vista econômico e compará-las com a palma forrageira em termos de melhoramento genético, percebe-se a

incipiência nos programas de melhoramento dessa cultura, tão importante para regiões que sofrem com a escassez de recursos hídricos (PAIXÃO, 2012). De acordo com Santos et al. (2005), o programa de melhoramento envolvendo essa cactácea no Brasil teve início em 1985, através do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), utilizando a 'hibridação de progênes de polinização cruzada da palma gigante.

É possível observar as melhorias provenientes do melhoramento genético, juntamente com as técnicas de manejo, que já resultaram em elevação na produtividade e na redução de características indesejáveis como pelos e espinhos. No entanto, ainda se observa que as plantas são suscetíveis à cochonilha do carmim. Portanto, são necessários mais estudos para desenvolver materiais ainda mais promissores, que sejam mais adequados para os animais (PAIXÃO, 2012).

Espécies do gênero *Opuntia* possuem distintos graus de ploidia, podendo variar de  $2n = 2x$  (diplóides) a  $2n = 8x$  (octaplóides), sendo 'n' igual a 11 cromossomos (SEGURA et al., 2007). Dentre os impulsionadores para a heterogeneidade nos vegetais, o de maior destaque é a poliploidia (CLARK et al., 2018). Adicionalmente, os genomas poliploides podem apresentar implicações relevantes para as iniciativas de aprimoramento de plantas, já que representam função significativa tanto na elevação do vigor vegetativo quanto reprodutivo da cultura em questão, ampliando a diversidade alélica, a manutenção da heterozigosidade, características quantitativas amplificadas e alterações organizacionais genômicas nos domínios genético e epigenético (VAN de PEER et al., 2021; SILVA et al., 2022).

A poliploidia no gênero permite que seja mais fácil a adaptação em ambientes desafiadores (GRANADOS-AGUILAR et al., 2022). Por exemplo, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. e *Opuntia robusta* JC Wendl. são geralmente octaplóides ( $2n = 8x = 88$  cromossomos (SEGURA et al., 2007), sendo que *O. ficus-indica* é capaz de suportar temperaturas elevadíssimas que podem chegar até  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (GRANADOS-AGUILAR et al., 2022); por sua vez, *O. robusta* demonstra maior tolerância a geadas (SNYMAN et al., 2007). A habilidade de enfrentar ambientes rigorosos tornou as espécies de *Opuntia* cruciais na produção agrícola em diversas regiões globais (WIT et al., 2021).

#### 1.4 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A palma forrageira, tem uma significativa importância econômica em várias regiões do mundo, especialmente em ambientes áridos e semiáridos. Podem ser citadas algumas das principais contribuições econômicas associadas a essa planta: alimentação animal, resistência a condições adversas, produção de biomassa, sustentabilidade ambiental, comércio internacional, indústria de biotecnologia e medicina, desenvolvimento rural, produção de frutas, projetos de recuperação de solos e até indústria de paisagismo (LIRA, 2017).

Ao considerar a família das cactáceas, destaca-se a palma forrageira como a cultura de maior interesse econômico, devido à sua ampla gama de utilizações que vão desde seu potencial ornamental no paisagismo até sua aplicação na alimentação humana e animal, na produção de medicamentos, cosméticos, biogás, cercas vivas, e até mesmo na fabricação de bioplásticos, entre outros usos. A palma é reconhecida como uma das plantas mais exploradas e distribuídas em regiões com baixo índice pluviométrico em todo o planeta (PAIXÃO et al., 2012). No Brasil, ela é uma das forrageiras com grande potencial para exploração em regiões afetadas por deficiência hídrica (SOARES et al., 2021).

Mundialmente, em regiões áridas e semiáridas, a palma é amplamente utilizada em diversas finalidades, especialmente na produção de frutos e verduras (os brotos na fase jovem são alimentos funcionais frequentemente utilizados no tratamento do diabetes tipo 2), tanto para consumo humano quanto como forragem para rebanhos. Isso reflete sua adaptabilidade às condições de baixa umidade do solo e tolerância a temperaturas adversas que seriam desfavoráveis para outras forrageiras (LIRA et al., 2017).

Devido ao seu metabolismo específico, como o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), a palma forrageira apresenta alta eficiência no uso da água, permitindo produção ao longo de todo o ano, ainda que reduzida em estações com baixo índice de precipitação pluvial (SILVA et al., 2015; FREIRE et al., 2018). Esse mecanismo fisiológico confere à espécie a capacidade de absorver e reter água em seus tecidos (SILVA et al., 2015).

Apesar de suas inúmeras utilizações no mundo, no Brasil, mais especificamente na região que abrange o semiárido, a palma é utilizada quase que exclusivamente como forragem para servir de alimentação para os animais, principalmente para bovinos, caprinos e ovinos (SILVA et al., 2020).

Por mais que se saiba sobre a importância da palma na alimentação dos animais, deve-se estar atento que, devido a questões relacionadas ao seu valor protéico e fibroso limitado, ela não pode ser oferecida exclusivamente como alimento para as criações. É necessário complementar com fontes protéicas e alimentos volumosos ricos em fibras. Albuquerque et al. (2021) relataram que alimentar exclusivamente os animais com palma pode ocasionar desarranjos intestinais, possivelmente devido ao baixo teor de fibras na planta em questão.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) informou que para combater a fome no mundo, é possível utilizar a planta de palma não apenas como alimento, mas também para outras finalidades como comercialização, alimentação para animais e fabricação de cosméticos. Isso pode minimizar os problemas ocasionados pela fome, possibilitando inclusive o impulso da economia local e o desenvolvimento socioeconômico em regiões carentes de água (FAO, 2017). A Organização das Nações Unidas (ONU) também reconhece a capacidade econômica da planta de palma como uma possibilidade nutricional para reduzir a fome globalmente (CÂNDIDO FILHO et al., 2014; DANTAS et al., 2017).

## **2 HIPÓTESE**

Hipotetiza-se que os novos clones do Programa de Melhoramento da Palma Forrageira (PMPF) sejam agronomicamente tão bons ou superiores aos genótipos tradicionais, e avaliando-se características biométricas, produtivas e nutricionais, há a possibilidade da identificação desses materiais.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 GERAL**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial produtivo de novos clones de palma forrageira do gênero *Opuntia* derivados das cultivares Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do IPA, em colaboração com a UFRPE-UAST na estação experimental de Arcoverde-PE.

### 3.2 ESPECÍFICOS

(I) Mensurar do ponto de vista fenotípico os ganhos genéticos em termos de brotação, (II) produtividade e resistência à cochonilha-do-carmim, quando comparadas as novas cultivares com a Palma Gigante; (III) Comparar os materiais Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana com os clones obtidos a partir de mutação e seleção dos materiais originais; (IV) Comparar dados bromatológicos dos novos clones com os de materiais tradicionais.

**CAPÍTULO I:**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA  
*Opuntia* EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO**

## **CAPÍTULO I: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA *Opuntia* EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO**

### **RESUMO**

Até o final do século passado, a palma "gigante" dominava 95% da área cultivada em Pernambuco, mas era suscetível à cochonilha do carmim. A busca por variedades resistentes resultou na predominância da Orelha de Elefante Mexicana (OEM) no país. Objetivou-se avaliar o potencial produtivo, por meio de características biométricas e produtivas, de novos clones de palma forrageira do gênero *Opuntia*, desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético do IPA, em colaboração com a UFRPE-UAST, na estação experimental de Arcoverde-PE. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, contendo dez genótipos e três repetições: Orelha de Elefante Mexicana (OEMO) e cinco clones derivados (OEMC1, OEMC2, OEMC3, OEMC4 e OEMC5); Orelha de Elefante Africana (OEAO) e dois clones (OEAC1 e OEAC2); e a cultivar IPA 20. Foram realizadas medidas biométricas, índice de área de cladódio, estimativa da produtividade e análises bromatológicas. Para a maioria das variáveis biométricas analisadas, as cultivares que se destacaram foram: OEMO, OEMC1, OEMC2, OEMC3, OEMC4 e OEAO. Os resultados mostraram que, em termos de produção de matéria fresca, os genótipos OEMO, OEMC1, OEMC2, OEMC3, OEMC4, e OEAO se destacaram com rendimentos de 324,94; 240,89; 229,26; 264,04; 200,78; e 208,95 Mg MF ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses dados indicam que os novos clones desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da palma, especialmente OEMC1, OEMC2, OEMC3 e OEMC4, têm um grande potencial para cultivo em ambientes semiáridos, oferecendo aos produtores alternativas viáveis e altamente produtivas.

Palavras chave: Avaliação de cultivares, Caracterização morfológica, qualidade forrageira, seleção de clones.

## 1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas no Sertão e no Agreste pernambucano apresentam desafios significativos à agropecuária devido às características marcantes de concentração de chuvas em apenas três ou quatro meses ao longo do ano. Isso debilita a situação econômica da região e traz maiores dificuldades para a população local, tornando-se necessário tomar medidas de adaptação e mitigação para promover a resiliência da agropecuária nessas regiões. Com a implementação de iniciativas corretas, além de ajudar a enfrentar esses desafios econômicos, pode-se contribuir para melhorar a qualidade de vida e a sustentabilidade das atividades agropecuárias (BRITO et al., 2022).

Uma das principais atividades econômicas desenvolvidas no semiárido brasileiro e no Estado de Pernambuco é a pecuária bovina. No entanto, um dos grandes desafios enfrentados pelo sistema de produção local é a escassez de alimentos para o rebanho durante os meses de baixa precipitação pluvial, agravada pelos recorrentes ciclos de secas que têm afetado severamente a região semiárida (FERREIRA, 2020).

Dessa maneira, o cultivo de espécies forrageiras adaptadas a períodos longos de déficit hídrico e elevadas temperaturas é de grande relevância para a região, destacando-se, nesse contexto, a palma forrageira. Numerosas são as teorias com relação à baixa demanda hídrica da espécie, sendo que, supostamente, tal situação ocorre devido ao metabolismo que ela possui e ao seu cultivo rotineiro em condições de sequeiro (QUEIROZ et al., 2015). A palma forrageira é uma planta xerófita com numerosas funções em vários países, não sendo diferente no Brasil, onde, devido ao seu elevado potencial como forrageira, ganhou bastante destaque (SANTOS et al., 2016; SOUZA FILHO et al., 2016).

Até o final do século passado, a palma “gigante”, também conhecida como palma Redonda, representava cerca de 95% da área cultivada no Estado de Pernambuco. Ou seja, era cultivado exclusivamente com esse tipo de palma, sendo esta altamente suscetível à principal praga que ataca a cultura, a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*), a qual causou uma redução significativa do cultivo em todo o Nordeste do Brasil, culminando praticamente na sua dizimação. Ao se deparar com controles ineficientes ou de custo elevado para controlar o inseto-praga, a solução mais lógica foi buscar por clones resistentes (LOPES et al., 2010).

Houve uma aceleração quanto a busca por programas de melhoramento genético para novos materiais de cultivares tolerantes a cochonilha-do-carmim, destacando-se duas cultivares: a Orelha de Elefante Mexicana (OEM), *Opuntia stricta*, e a Orelha de Elefante Africana (OEA), *Opuntia undulata*. Desde então, a OEM é predominantemente o genótipo mais cultivado de palma forrageira em todo o país (PEREIRA et al., 2022).

Tendo em vista que um cenário semelhante ao passado pode se repetir (grande porcentagem de área utilizando-se de uma única cultivar - OEM, pode haver a possibilidade de surgir uma nova praga que venha a dizimar a cultura), o Programa de Melhoramento da Palma Forrageira (PMPF) do IPA (Pernambuco) continua a busca por novos genótipos.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA**

A condução do experimento ocorreu na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA na cidade de Arcoverde-PE (Figura 1), localidade de transição entre o Agreste e o Sertão de Pernambuco, com latitude de: 8°25'15'' S e longitude de: 37°03'41'' O, em uma altitude de cerca de 664 metros. Possui precipitação pluvial média de cerca de 798,1 mm, sua classificação quanto ao clima é de tropical semiárido, com temperatura média em torno dos 22,9 °C e umidade relativa do ar de 69,6%, insolação média de 2778 horas (INMET, 2024).

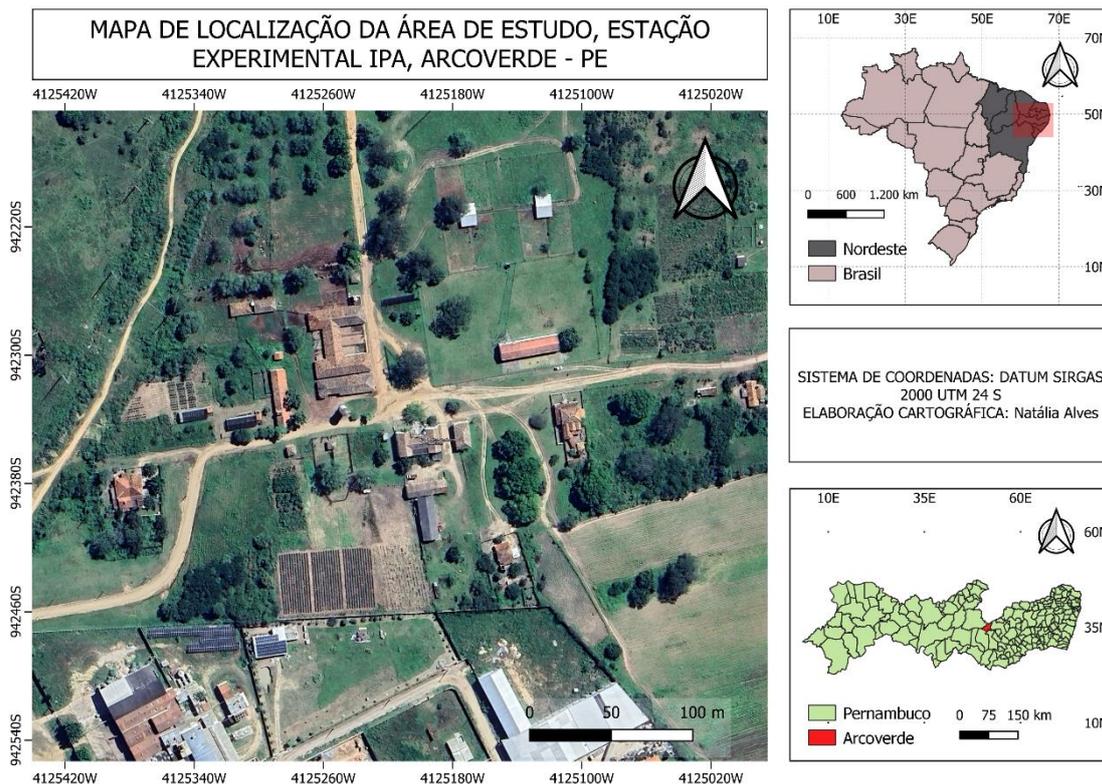


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, na estação experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA em Arcoverde, Pernambuco, Brasil.

O solo que predomina é o Neossolo Regolítico Eutrófico Solódico com textura franco arenosa, com relevo que varia de plano e suavemente ondulado (SANTOS et al., 2018). Localizada na BR 232, km 253, a área da estação experimental do IPA é destinada principalmente para pesquisas com melhoramento genético da palma forrageira e obtenção de animais 100% puro sintético (PS) provenientes da raça Girolando.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Amostras compostas de solo na camada 0-20 cm da área experimental foram coletadas e encaminhadas ao laboratório do IPA em Recife para realização de análises químicas (Tabela 1). Com relação às análises físicas, a granulometria realizada mostrou que é um solo franco arenoso.

Tabela 1. Características químicas do solo experimental da área de estudo no Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Arcoverde, Pernambuco.

pH <sub>H2O</sub>	P	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>
	mg dm <sup>-3</sup>	.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....			
6,30	>40	4,30	0,70	0,00	0,34

Fonte: Laboratório de solos IPA, 2023

### 2.3 AVALIAÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS DE PALMA FORRAGEIRA

A área experimental foi preparada com uma capina manual com posterior controle químico de plantas invasoras (Tebuthiuron – 250 mL/100L de água). Seguindo-se a recomendação técnica foi aplicada uma tonelada de calcário por hectare, uma adubação de fundação com 500 kg por hectare da seguinte fórmula de NPK 6-24-12 e 33,3 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, com posterior plantio das raquetes dos clones avaliados.

Os clones utilizados foram obtidos pelos pesquisadores do IPA em ensaios experimentais de melhoramento genético de palma forrageira, por meio de polinização cruzada em cada genótipo original (Orelha de Elefante Mexicana Original e Orelha de Elefante Africana Original), sucedendo-se com a coleta e semeio de sementes. A partir das plantas já formadas realizou-se a coleta das raquetes para a devida reprodução assexual dos clones e estabelecimento do campo experimental, até chegar nessa etapa final foram quase 15 anos de avaliações.

O experimento foi realizado em um delineamento de blocos casualizados (DBC) em arranjo constituído por dez (10) genótipos (Tabela 2) e três repetições. Avaliou-se os seguintes genótipos: Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) - (IPA 200016) e cinco clones derivados dela: Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1) - (IPA 100674), Orelha de Elefante Mexicana Clone 2 (OEMC2) - (IPA 100675), Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) - (IPA 100676), Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 (OEMC4) - (IPA 100673) e Orelha de Elefante Mexicana Clone 5 (OEMC5) - (IPA 100672); Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) - (IPA 100002) e dois clones, Orelha de Elefante Africana Clone 1 (OEAC1) - (IPA 100661) e Orelha de Elefante Africana Clone 2 (OEAC2) - (IPA 100662), além da cultivar IPA 20 (Palma gigante) - (IPA 100002). Os genótipos originais (OEMO, OEAO e IPA

20) são registrados, e os novos clones desenvolvidos encontram-se em processo de registro junto ao Sistema Nacional de Proteção de Cultivares do MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Tabela 2. Genótipos de palma forrageira, gênero *Opuntia*, avaliados quanto à adaptação as condições semiáridas na Região Nordeste do Brasil.

<b>Genótipos</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Número do acesso</b>
IPA - Orelha de Elefante Mexicana	Original	IPA-200016
IPA – Orelha de Elefante Mexicana	Clone 1	IPA-100674
IPA – Orelha de Elefante Mexicana	Clone 2	IPA-100675
IPA – Orelha de Elefante Mexicana	Clone 3	IPA-100676
IPA– Orelha de Elefante Mexicana	Clone 4	IPA-100673
IPA – Orelha de Elefante Mexicana	Clone 5	IPA-100672
IPA – Orelha de Elefante Africana	Original	IPA-200174
IPA – Orelha de Elefante Africana	Clone 1	IPA-100661
IPA – Orelha de Elefante Africana	Clone 2	IPA-100662
Palma Gigante	IPA 20	IPA-100002

IPA-Instituto Agronômico de Pernambuco. Arcoverde- Pernambuco, Brasil.

Cada parcela experimental foi constituída de uma fileira de quatro metros de comprimento, com espaçamento de 1,50 m entre fileiras e 0,40 m entre plantas, totalizando uma população de 16.667 plantas por hectare. Em cada parcela foram selecionadas quatro plantas para amostragem (Figura 2), as quais foram monitoradas durante todo o período de avaliação até o momento do corte (abril de 2022 à junho de 2023)

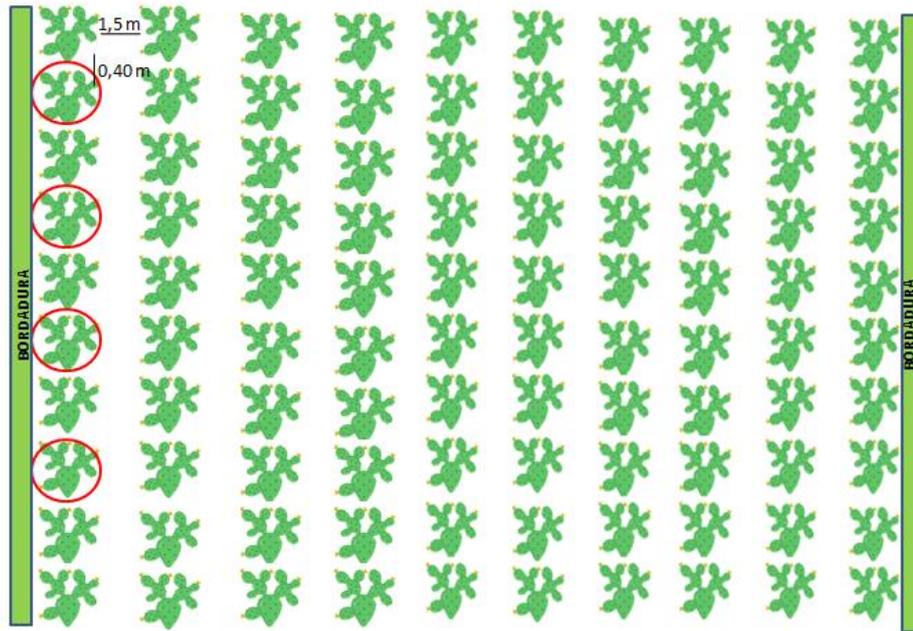


Figura 2. Croqui do ensaio experimental de clones de palma forrageira na Região Nordeste do Brasil. Círculos em vermelho indicam para cada genótipo foram avaliadas quatro plantas. Arcoverde-PE, 2023.

Na figura 3 é possível observar o arranjo dos genótipos dentro de cada repetição.

Figura 3. Croqui do arranjo espacial dos tratamentos e repetições de clones de palma forrageira na Região Nordeste do Brasil.

REPETIÇÕES	CLONES											
	I	BORDA	5	8	1	7	6	3	9	4	2	10
II	BORDA	6	5	4	9	10	7	8	2	3	1	BORDA
III	BORDA	3	10	7	8	2	1	6	5	9	4	BORDA

Legenda: 1- Orelha de Elefante Mexicana Original; 2- Orelha de Elefante Mexicana Clone 1; 3- Orelha de Elefante Mexicana Clone 2; 4- Orelha de Elefante Mexicana Clone 3; 5- Orelha de Elefante Mexicana Clone 4; 6- Orelha de Elefante Mexicana Clone 5; 7- Orelha de Elefante Africana Original; 8- Orelha de Elefante Africana Clone 1; 9- Orelha de Elefante Africana Clone 2; 10- IPA-20.

As progênes foram plantadas na área experimental em abril de 2022, iniciando-se as avaliações em setembro do mesmo ano. Foram realizadas seis avaliações, a primeira no mês de setembro e a segunda no mês de dezembro de 2022. A terceira avaliação biométrica ocorreu no mês de março e a quarta no mês de junho de 2023, procedendo-se com a colheita, quatro meses após o primeiro corte ocorreram mais duas avaliações, conforme ilustrado na linha do tempo (Figura 4)

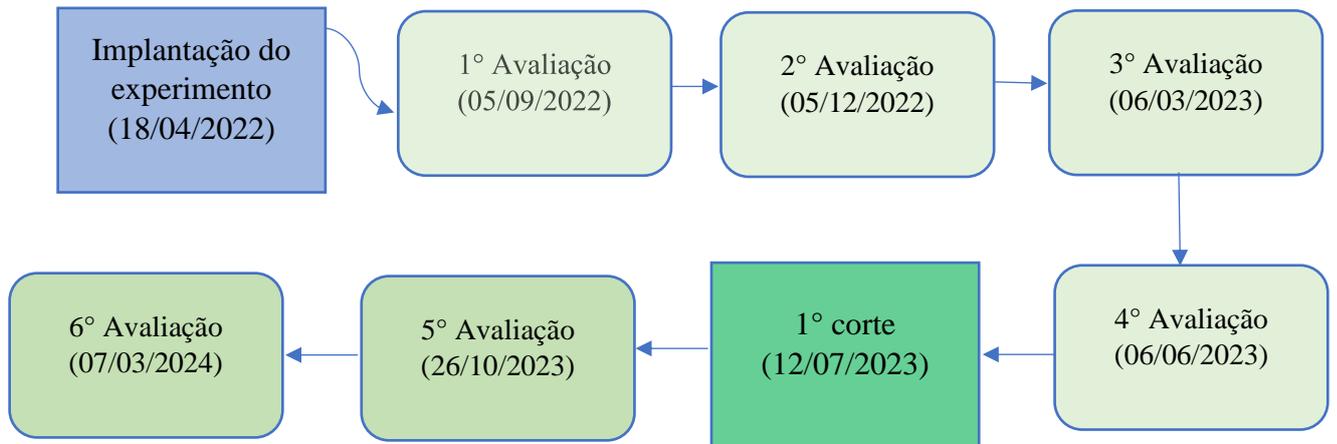


Figura 4. Linha do tempo durante o período experimental (abril de 2022 à março de 2024) de avaliação de clones de palma forrageira, em Arcoverde-PE.

Em cada avaliação realizou-se a biometria das plantas: Altura (AP, cm) (Figura 5A) e largura de planta (LP, cm) (Figura 5B), comprimento de cladódio (CC, cm) (Figura 5D), largura (LC, cm) (Figura 5D) e espessura dos cladódios (EC, mm) (Figura 5C), número de cladódios total (NCT, unidades), de cochonilhas, presença/ausência de cera nas faces externas dos cladódios e atribuição de presença de espinhos e pelos. A altura foi mensurada com auxílio de uma fita métrica, medindo-se rente ao solo até o cladódio mais alto, a largura foi medida utilizando-se como referência suas duas maiores dimensões. Para mensuração da largura e comprimento de cladódios foi utilizado uma régua graduada e para aferição da espessura utilizou-se o paquímetro digital.

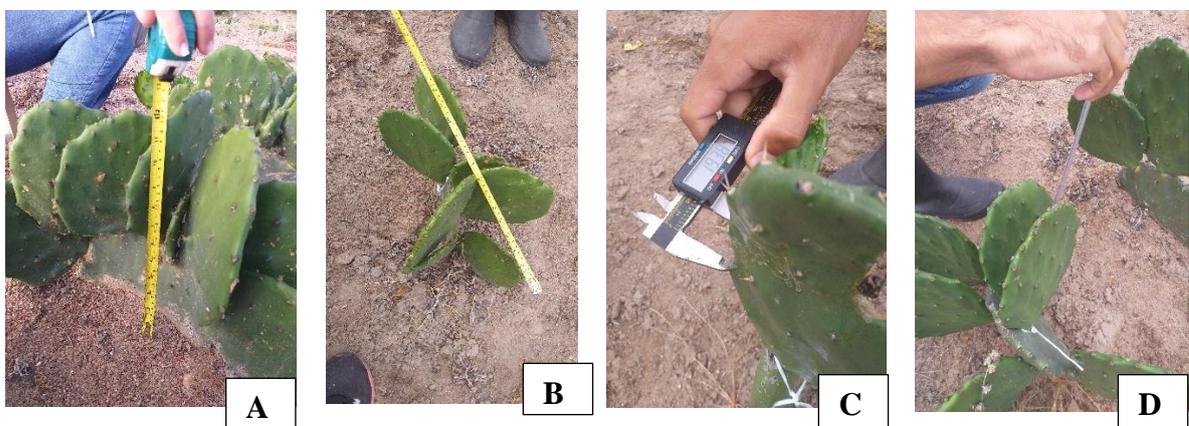


Figura 5. Mensuração da altura de planta (A), largura de planta (B), espessura do cladódio (C), comprimento e largura do cladódio (D) em clones de palma forrageira.

Simultaneamente ao momento da biometria, foram anotadas a presença de doenças (Figura 6A, B) e pragas (Figura 6C), identificando quais estavam presentes nos clones, bem como a cerosidade das estruturas (Figura 6D, E).

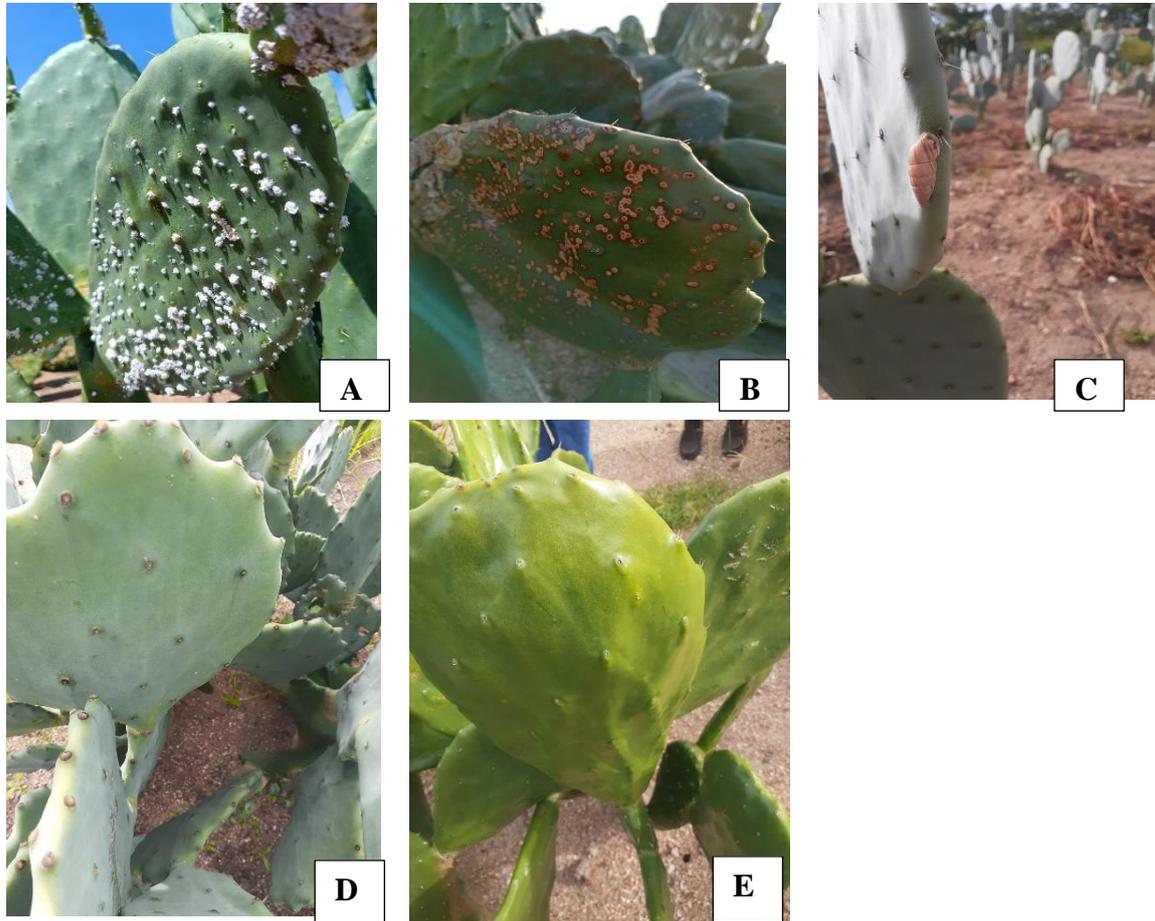


Figura 6. Presença da cochonilha-do-carmim em clone do IPA-20 (A), presença de cochonilha de escama em clone de orelha de elefante africana (B), presença de caracol em clone de orelha de elefante mexicana clone 2 (C), presença de cera em clone de orelha de elefante mexicana clone 4 (D), ausência de cera em clone de orelha de elefante africana (D).

Após a realização da quarta avaliação biométrica, foram coletadas amostras de plantas, estas foram pesadas (Figura 7B), fragmentadas (Figura 7F) e submetidas a secagem à 65°C durante 72 horas (Figura 7H), para obtenção da massa seca (SILVA, 2018). Paralelamente a coleta das plantas para avaliar a massa seca, todas as demais plantas foram coletadas para obtenção da massa fresca, e devida estimativa da produtividade (Figura 7 A,B).



Figura 7. Etapa da colheita (A), pesagem (B e D), identificação (C), trituração (E e F) e secagem na estufa (G e H).

Ainda as amostras de plantas trituradas em moinho tipo Willey (peneira de 1,0 mm) e secas foram homogeneizadas, identificadas e encaminhadas ao laboratório de bromatologia do IPA em Recife- Pernambuco, Brasil, para lá serem analisadas quanto à Matéria Seca; Matéria Mineral; Nitrogênio Total; Proteína Total; Fibra Detergente Acido; Fibra Detergente Neutro; Extrato não Nitrogenado; Fibra total; e Extrato Etéreo, conforme a metodologia de AOAC (1990) e VAN SOEST et al., (1991).

Com relação ao cálculo para obtenção do Índice de Área do Cladódio ( $m^2 m^{-2}$ ), adotou-se a metodologia de acordo com Rocha et al. (2017) conforme a expressão (1):

$$IAC = \frac{\left( \frac{AC}{10000} \right)}{(E1 \times E2)}$$

Em que: AC: Área de cladódio ( $cm^2$ ); 10.000 é o fator que converte de  $cm^2$  para  $m^2$  e E1 E2 é o espaçamento adotado entre fileiras e plantas (m), respectivamente.

Durante o período experimental (18 de abril de 2022 a 07 de março de 2024), considerou-se as condições de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade. De acordo com dados do INMET 2024. (Figura 8).

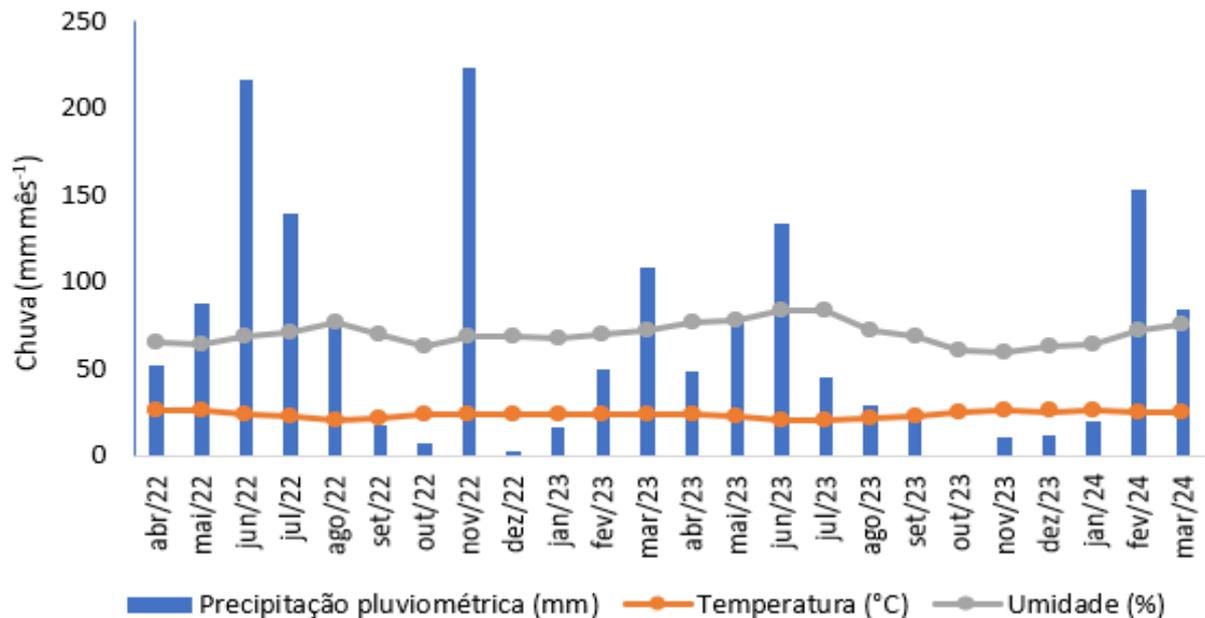


Figura 8. Precipitação pluvial, temperatura e umidade durante o período experimental com genótipos de palma forrageira, no município de Arcoverde-PE, Brasil. Fonte: INMET (2024).

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de normalidade dos resíduos, e análise de variância, à 5% de probabilidade quando significativas, as médias dos clones foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, adotando-se o programa Rstudio versão 4.2.3 de 15-03-2023. Na possibilidade de utilização do modelo de parcela subdividida no tempo para os dados de crescimento coletados ao longo do ciclo de cultivo, foi utilizado o teste de esfericidade de Mauchly e, sendo esta condição significativa ( $p \leq 0,05$ ), foi realizado o teste de MANOVA (análise multivariada) e os tratamentos ajustados por meio de modelos de regressão, considerando o tempo (DAP) como variável independente. e para a confecção dos gráficos foi utilizado o SigmaPlot versão 15.0.

Posteriormente, foi realizada a análise de componentes principais (PCA) para verificar as inter-relações entre as características agrônômicas dos clones de palma, os componentes principais relevantes foram escolhidos conforme o critério de Kaiser (1960), levando-se em

conta somente os autovalores maiores que 1,0. (LAMICHHANE et al., 2021). Para realização da análise PCA foi utilizado o software PAST 4.03 (HAMMER et al., 2001).

### 3 RESULTADOS

Durante as avaliações observou-se a cochonilha-do-carmim em palmas da cultivar IPA-20 (Figura 6A), indicando a resistência dos demais genótipos a essa praga, em contra partida basicamente todos os outros genótipos apresentaram cochonilha de escama (Figura 6B) em alguns materiais mais do que em outros. Como só foi verificada a presença ou ausência das referidas pragas, não se adotou nenhum método de contabilização; também foi constatado na última avaliação que as plantas de muitos genótipos estavam providos de caracóis em suas estruturas (Figura 6C).

Com relação a cerosidade das palmas, foi constatado que todos os clones de orelha de elefante mexicana (OEMO, OEMC1, OEMC2, OEMC3, OEMC4, OEMC5) e IPA-20 apresentam cera no externo de seus cladódios (Figura 5D), já os genótipos de orelha de elefante africana (OEAO, OEAC1 e OEAC2) foram desprovidos dessa característica (Figura 6E).

#### 3.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

Houve diferença significativa entre as cultivares quanto a altura de planta (AP), Largura de planta (LP), número de cladódios total (NCT), comprimento de cladódio primário (CC(n°1)), largura de cladódio primário (LC(n°1)), espessura de cladódio primário (EC(n°1)), comprimento de Cladódios de Segunda ordem (CC(n°2)), Espessura de Cladódio de Segunda Ordem (EC(n°2)) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios das variáveis biométricas dos Clones de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil. AP= Altura de Planta; LP= Largura de Planta; NCT= Número de Cladódio Total; CC(n°1) = Comprimento de Cladódio de Primeira Ordem; LC(n°1) = Largura de Cladódio de Primeira Ordem; EC(n°1) = Espessura de Cladódio de Primeira Ordem; CC(n°2) = Comprimento de Cladódio de Segunda Ordem; LC(n°2) Largura de Cladódio de Segunda Ordem; EC(n°2) = Espessura de Cladódio de Segunda Ordem. Serra Talhada – PE, 2023.

Cultivares	AP (cm)	LP (cm)	NCT (unidade)	CC(n°1) (cm)	LC(n°1) (cm)	EC(n°1) (mm)	CC(n°2) (cm)	LC(n°2) (cm)	EC(n°2) (mm)
OEMO	98,83 a	135,58 a	31,67 a	28,67 a	23,00 a	22,33 c	28,20 c	21,63 a	16,59 b
OEMC1	77,17 b	121,58 a	24,42 a	30,02 a	22,33 a	25,08 b	27,63 c	22,79 a	16,96 b
OEMC2	68,92 b	112,91 a	24,75 a	24,79 b	18,21 b	25,25 b	25,70 d	22,14 a	16,02 b
OEMC3	80,63 b	116,25 a	33,49 a	26,54 a	20,50 a	27,04 b	26,26 c	21,90 a	16,54 b
OEMC4	72,83 b	111,08 a	31,25 a	22,13 b	18,58 b	19,08 c	25,21 d	27,89 a	16,21 b
OEMC5	53,79 b	82,50 a	18,50 b	21,58 b	14,46 c	21,22 c	23,08 d	15,68a	17,06 b
OEAO	72,13 b	109,16 a	12,58 b	33,13 a	22,00 a	32,42 a	31,11 b	23,45 a	24,18a
OEAC1	84,29 b	100,25a	9,42 b	28,58 a	17,21 b	35,08 a	34,86 a	18,97 a	24,45 a
OEAC2	69,08 b	120,16 a	14,17 b	28,67 a	19,46 b	21,08 c	30,39 b	20,17a	18,76 b
IPA 20	105,33 a	98,75 a	16,25 b	30,63 a	17,08 b	34,08a	30,35 b	16,50 a	26,52 a
Valor-p	0.00071	0.02165	0.00015	0.00074	0.00011	0.00001	0.000001	0.01896	0.00002
CV (%)	13,72	13,09	25,27	9,67	8,66	11,44	5,38	16,4	11,36

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Legenda: OEMO- Orelha de elefante mexicana original, OEMC1- orelha de elefante mexicana clone 1, OEMC2- orelha de elefante mexicana clone 2, OEMC3- orelha de elefante mexicana clone 3, OEMC4- orelha de elefante mexicana clone 4, OEMC5- orelha de elefante mexicana clone 5, OEAO- orelha de elefante africana original, OEAC1- orelha de elefante africana clone 1, OEAC2- orelha de elefante africana clone 2, IPA-20- palma gigante.

Observou-se que as plantas proporcionaram resultados superiores para a variável altura de planta para os genótipos Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) e IPA 20, mesmo obtendo médias altas dos novos clones esses não se sobressaíram; foi possível observar o crescimento das plantas à cada três meses de avaliação até uma idade de 14 meses. Os valores para essa característica variaram entre 105,33 à 53,79 cm aos 14 meses de idade. Para o comprimento de cladódio de primeira ordem, observando-se superioridade das cultivares Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO), Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1), Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3), Orelha de Elefante Africana Original (OEAO), Orelha de Elefante Africana Clone 1 (OEAC1), Orelha de Elefante Africana Clone 2 (OEAC2) e IPA 20.

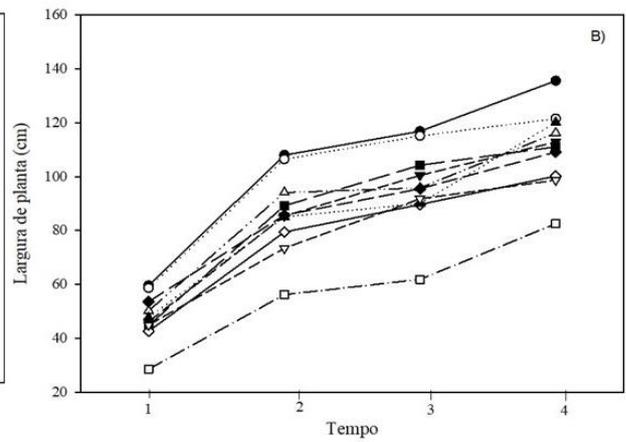
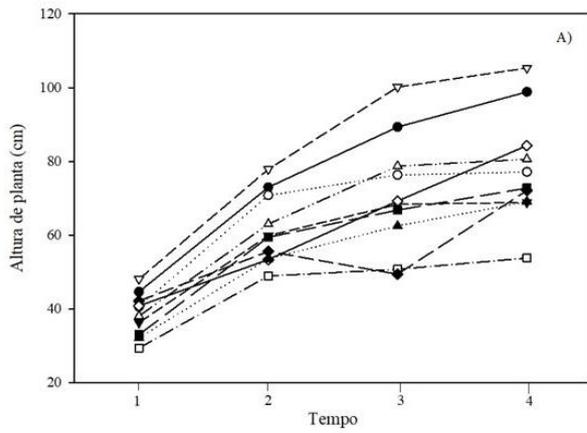
Quanto a largura de cladódios de primeira ordem destacaram-se as cultivares Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO), Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1), Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) e Orelha de Elefante Africana Original (OEAO), as quais apresentaram as médias de 23,00; 22,33; 20,50 e 22,00, respectivamente. Com relação a espessura de cladódio de primeira ordem, observou-se que dentre as cultivares destacaram-se Orelha de Elefante Mexicana Original (OEAO), Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEAC1) e IPA 20 com 32,42; 35,08 e 34,08 cm, respectivamente. Para as variáveis referentes aos cladódios de segunda ordem (Número de cladódio-NC, Comprimento de cladódio-CC, Largura

de Cladódio- LC e Espessura de Cladódio-EC) (Tabela 4), verificou-se que de acordo com a variável analisada as cultivares apresentaram desempenhos diferentes, demonstrando que nem sempre uma cultivar que se mostra promissora para determinada variável apresenta-se promissora para todas, podendo perder destaque.

Na quarta coleta de dados, antes da realização da colheita, foi possível observar o comportamento das plantas em campo destacando-se que o clone com menor desempenho na grande maioria das variáveis analisadas foi o Orelha de Elefante Mexicana Clone 5. O bom desempenho das demais cultivares pode-se justificar devido a nutrição do solo, visto que (Tabela 1), pode-se afirmar que o pH neutro proporciona uma boa disponibilidade de nutrientes para as plantas. A concentração de fósforo está um pouco elevada. O cálcio está em níveis adequados, sendo essencial para a estrutura das células vegetais. O magnésio está ligeiramente abaixo do ideal (1,0 a 1,5  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ). A ausência de alumínio trocável é positiva, pois altos níveis desse elemento podem ser tóxicos para as plantas. O potássio está abaixo do nível recomendado, sendo crucial para a resistência das plantas às doenças e para a regulação hídrica. E também pode-se associar a quantidade de água recebida mesmo em situação de sequeiro, 1309,9 mm aos 14 meses de idade das plantas (Figura 8).

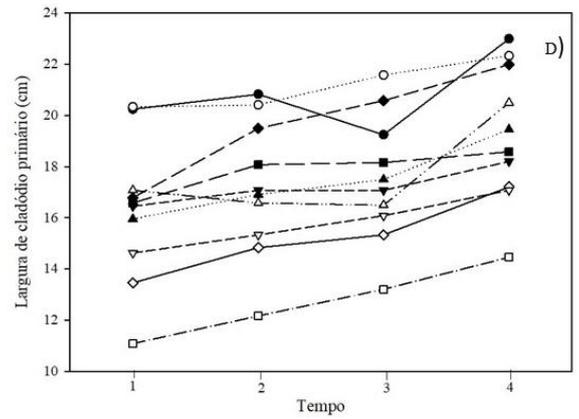
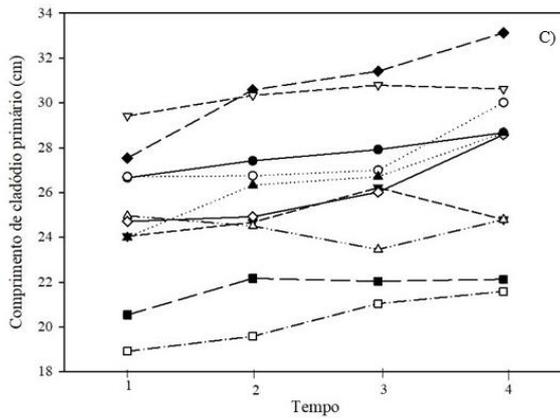
Ao realizar a análise de regressão para as variáveis altura de planta (Figura 9A), largura de planta (Figura 9B), comprimento (Figura 9C), largura (Figura 9D) e espessura de cladódios primários (Figura 9E) foi possível verificar nas avaliações realizadas, antecedentes ao corte das plantas, um crescimento ascendente, indicando que com o passar do tempo estas plantas iriam

se desenvolver ainda mais (Figura 8).



- OEMO  $Y=19,82+0,20X$  ( $R^2=0,947$ )
- OEMC1  $Y=-34,82+0,65X-0,0009X^2$  ( $R^2=0,933$ )
- ▼— OEMC2  $Y=-25,71+0,52X-0,0007X^2$  ( $R^2=0,990$ )
- △— OEMC3  $Y=-30,85+0,56X-0,0007X^2$  ( $R^2=0,997$ )
- OEMC4  $Y=-26,83+0,50X-0,0006X^2$  ( $R^2=0,950$ )
- OEMC5  $Y=21,98+0,08X$  ( $R^2=0,650$ )
- ◆— OEAO --
- ◇— OEAC1  $Y=15,64+0,16X$  ( $R^2=0,997$ )
- ▲— OEAC2  $Y=16,44+0,13X$  ( $R^2=0,884$ )
- ▽— IPA20  $Y=-32,69+0,65X-0,0008X^2$  ( $R^2=0,993$ )

- OEMO  $Y=30,00+0,26X$  ( $R^2=0,867$ )
- OEMC1  $Y=-52,92+0,95X-0,0013X^2$  ( $R^2=0,916$ )
- ▼— OEMC2  $Y=-40,82+0,71X-0,0008X^2$  ( $R^2=0,972$ )
- △— OEMC3  $Y=-25,95+0,64X-0,0007X^2$  ( $R^2=0,759$ )
- OEMC4  $Y=-63,09+0,90X-0,0011X^2$  ( $R^2=0,974$ )
- OEMC5  $Y=4,16+0,19X$  ( $R^2=0,919$ )
- ◆— OEAO  $Y=30,10+0,20X$  ( $R^2=0,893$ )
- ◇— OEAC1  $Y=-37,66+0,66X-0,0008X^2$  ( $R^2=0,942$ )
- ▲— OEAC2  $Y=15,29+0,25X$  ( $R^2=0,899$ )
- ▽— IPA20  $Y=-27,11+0,58X-0,0007X^2$  ( $R^2=0,999$ )



- OEMO  $Y=25,60+0,007X$  ( $R^2=0,991$ )
- OEMC1  $Y=30,92-0,04X+0,00009X^2$  ( $R^2=0,873$ )
- ▼— OEMC2 --
- △— OEMC3 --
- OEMC4 --
- OEMC5  $Y=17,29+0,01X$  ( $R^2=0,951$ )
- ◆— OEAO  $Y=25,09+0,02X$  ( $R^2=0,916$ )
- ◇— OEAC1  $Y=22,03+0,014X$  ( $R^2=0,778$ )
- ▲— OEAC2  $Y=21,87+0,016X$  ( $R^2=0,910$ )
- ▽— IPA20 --

- OEMO  $Y=18,72+0,007X$  ( $R^2=0,591$ )
- OEMC1  $Y=18,89+0,008X$  ( $R^2=0,880$ )
- ▼— OEMC2  $Y=15,55+0,006X$  ( $R^2=0,797$ )
- △— OEMC3  $Y=14,44+0,01X$  ( $R^2=0,511$ )
- OEMC4  $Y=15,93+0,007X$  ( $R^2=0,708$ )
- OEMC5  $Y=9,19+0,012X$  ( $R^2=0,997$ )
- ◆— OEAO  $Y=14,42+0,02X$  ( $R^2=0,937$ )
- ◇— OEAC1  $Y=11,49+0,013X$  ( $R^2=0,934$ )
- ▲— OEAC2  $Y=13,95+0,012X$  ( $R^2=0,908$ )
- ▽— IPA20  $Y=13,95+0,012X$  ( $R^2=0,908$ )

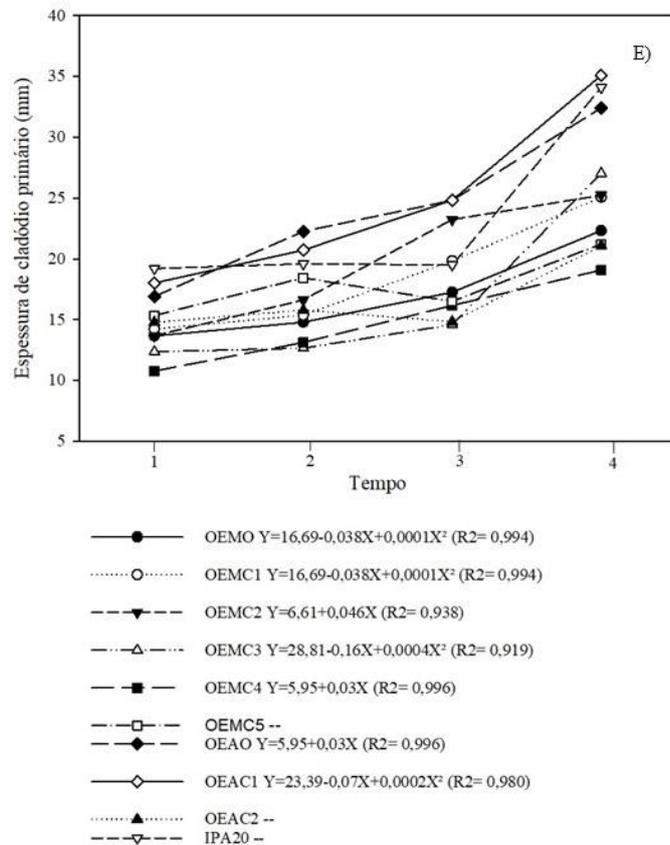


Figura 9. A) Altura de Planta, B) Largura de Planta, C) comprimento de cladódios primários, D) Largura de cladódios primários, E) espessura de cladódios primários de cultivares de *Opuntia*, cultivadas no semiárido da região Nordeste do Brasil, avaliadas durante quatro períodos de desenvolvimento até a realização do corte.

Na análise de regressão realizada para as variáveis altura e largura da planta, comprimento, largura e espessura dos cladódios primários nos quatro períodos avaliativos (Figura 9), foi possível observar que, para a altura da planta (Figura 9A), sobressaíram-se as cultivares IPA-20 e Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO), com valores respectivos de 48,08 e 44,66 cm na primeira avaliação, e, de forma crescente, valores de 105,33 e 98,83 cm na quarta e última avaliação representando aumento de 119,07 e 121,29%, respectivamente.

Para a variável largura da planta (Figura 9B), as cultivares que se destacaram foram Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) e Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1), com larguras médias variando entre 59,58 cm e 58,66 cm na primeira avaliação, respectivamente. Na quarta e última avaliação, as larguras variaram entre 135,58 cm e 121,58

cm, representando um aumento de 127,67% e 107,26% para o clone original da Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

Para o comprimento dos cladódios primários (Figura 9C), destacaram-se as cultivares Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) e Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 (OEMC4), com respectivos comprimentos de 24,95 e 20,54 cm na primeira avaliação, e 24,79 e 22,12 cm na quarta, indicando um incremento de 7,69% para a cultivar orelha de elefante clone 4.

Quanto a largura dos cladódios primários (Figura 9D), destacaram-se as cultivares Orelha de Elefante Mexicana original (OEMO), Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1) e Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 (OEMC4), as quais na primeira avaliação obtiveram médias de 20,25, 20,33 e 16,58 cm, respectivamente, variando até a quarta avaliação com valores de 23,00, 22,33 e 18,58 cm, demonstrando incrementos de 13,58; 9,83 e 12,06%, respectivamente. Para a espessura dos cladódios primários (Figura 9E), os melhores valores foram observados para as cultivares IPA20, Orelha de Elefante Africana Clone 1 (OEAC1) e Orelha de Elefante Africana Original (OEAO), sendo que na primeira avaliação apresentaram espessuras médias respectivas de 19,197, 18,01 e 16,91 mm, e na quarta avaliação médias de 34,08, 35,08 e 32,42 mm, respectivamente, expressando aumento de 77,53; 94,78 e 91,72%, respectivamente.

### 3.2 Índice de Área de Cladódio (IAC)

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares quanto ao Índice de Área do Cladódio (IAC), aos 14 meses de idade das palmas (Figura 10). Foi constatado que a cultivar Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) e as suas progênies foram superiores para esta característica, exceto o clone 5 (OEMC5), em relação as demais cultivares. Os valores variaram entre 0,89 e 3,22  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$  para as dez cultivares, sendo que as que apresentaram melhor desempenho em ordem decrescente foram Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) (3,22  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ), Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1) (2,48  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ), Orelha de Elefante Mexicana Clone 2 (OEMC2) (2,10  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ), Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) (2,80  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ) e Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 (OEMC4) (2,69  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ).

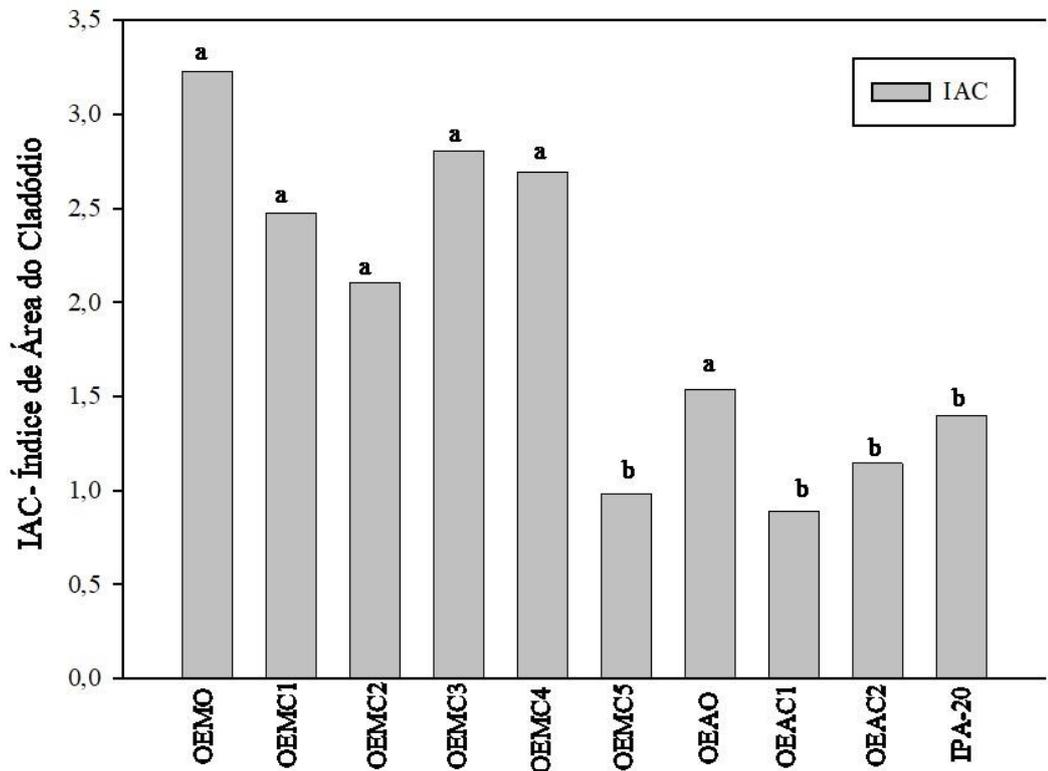


Figura 10. Índice de área de cladódio dos genótipos de palma forrageira cultivadas no semiárido da Região Nordeste do Brasil, Arcoverde-PE. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: OEMO- Orelha de elefante mexicana original, OEMC1- orelha de elefante mexicana clone 1, OEMC2- orelha de elefante mexicana clone 2, OEMC3- orelha de elefante mexicana clone 3, OEMC4- orelha de elefante mexicana clone 4, OEMC5- orelha de elefante mexicana clone 5, OEAO- orelha de elefante africana original, OEAC1- orelha de elefante africana clone 1, OEAC2- orelha de elefante africana clone 2, IPA-20- palma gigante.

### 3.3 PRODUTIVIDADES

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares quanto a produtividade de massa fresca e seca (PMF e PMS), estando as plantas com 14 meses de idade (Figura 11). Em termos produtivos, em relação as massas fresca e seca constatou-se que a Orelha de Elefante Mexicana Original os 4 primeiros clones obtidos a partir dela (exceto o clone 5) e a cultivar Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) foram mais produtivos. A Produtividade de

massa fresca (PMF) e seca (PMS) variaram entre 324,94 e 76,72 Mg MF ha<sup>-1</sup> e 27,42 e 9,89 Mg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente, isso com uma quantidade de chuva de 1309,9 mm (Figura 8).

Quanto as produtividades de Massa fresca (MF) foi observada significância estatística para as cultivares Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) (324,94 Mg MF ha<sup>-1</sup>), Orelha de Elefante Mexicana clone 1 (OEMC1) (240,89 Mg MF ha<sup>-1</sup>), Orelha de Elefante Mexicana Clone 2 (OEMC2) (229,26 Mg MF ha<sup>-1</sup>), Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) (264,04 Mg MF ha<sup>-1</sup>), Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 (OEMC4) (200,78 Mg MF ha<sup>-1</sup>) e Orelha de Elefante Africana original (OEAO) (208,95 Mg MF ha<sup>-1</sup>).

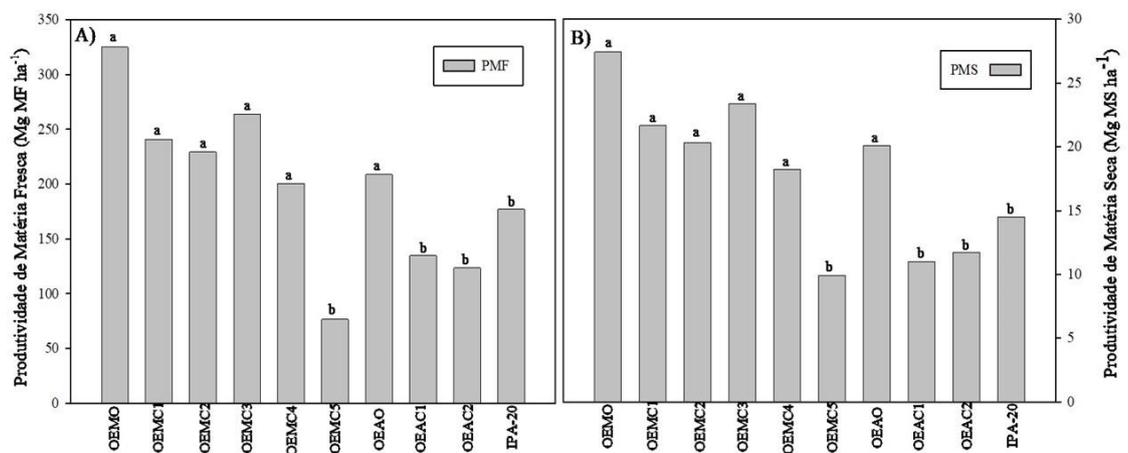


Figura 11. Valores de produtividade de massa fresca (A) e Produtividade de massa seca (B), dos clones de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: OEMO- Orelha de elefante mexicana original, OEMC1- orelha de elefante mexicana clone 1, OEMC2- orelha de elefante mexicana clone 2, OEMC3- orelha de elefante mexicana clone 3, OEMC4- orelha de elefante mexicana clone 4, OEMC5- orelha de elefante mexicana clone 5, OEAO- orelha de elefante africana original, OEAC1- orelha de elefante africana clone 1, OEAC2- orelha de elefante africana clone 2, IPA-20- palma gigante.

### 3.4 ANÁLISE BROMATOLÓGICA

Verificou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quanto ao material mineral (MM) (Tabela 4). Observou-se que as melhores cultivares para a variável Material Mineral (MM) foram Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) (16,57%), Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1) (17,03%), Orelha de Elefante Mexicana Clone 2 (OEMC2) (16,45 %), Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) (17,28%), Orelha de Elefante Mexicana Clone 4

(OEMC4) (16,83%), Orelha de Elefante Africana Clone 1 (OEAC1) (18,51%) e Orelha de Elefante Africana Clone 2 (OEAC2) (15,84%), isso para os 14 meses das palmas.

Tabela 4. Valores médios dos dados bromatológicos dos Clones de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil. MS- Matéria Seca; MM- Matéria Mineral; NT- Nitrogênio Total; PT- Proteína Total; FDA- Fibra Detergente Acido; FDN- Fibra Detergente Neutro; EMN- Extrato não Nitrogenado; FT- Fibra total; EE- Extrato Etéreo.

Cultivares	MS (%)	MM (%)	NT (%)	PT (%)	FDA (%)	FDN (%)	EMN (%)	FT (%)	EE (%)
OEMO	5,83a	16,57a	0,84a	5,31a	19,26a	26,37a	50,97a	25,39a	1,75a
OEMC1	5,43a	17,03a	0,82a	5,16a	18,48a	24,61a	45,57a	30,48a	1,74a
OEMC2	5,54a	16,45a	0,80a	5,04a	16,56a	26,21a	49,49a	27,76a	1,24a
OEMC3	6,19a	17,28a	1,15a	7,20a	15,47a	23,96a	48,37a	25,95a	1,21a
OEMC4	5,49a	16,83a	1,08 a	6,76a	19,74a	25,75a	51,20a	23,01a	2,18a
OEMC5	6,20a	11,17b	1,02a	6,43a	13,74a	26,61a	58,09a	22,57a	1,72a
OEAO	6,40a	13,92b	0,89 a	5,61a	14,45a	26,24a	50,84a	28,02a	1,58a
OEAC1	5,14a	18,51a	1,12 a	7,00a	14,75a	24,62a	44,50a	28,86a	1,11a
OEAC2	5,49a	15,84a	1,12a	7,02a	14,49a	23,12a	48,47a	27,00a	1,66a
IPA 20	5,37a	12,38b	0,89 a	5,60a	17,30a	26,85a	53,28a	27,03a	1,70a
Valor-p	0,99	0,005	0,23	0,23	0,11	0,90	0,21	0,69	0,23
CV (%)	1,78	12,78	20,09	19,96	16,41	13,19	10,88	19,02	28,76

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: OEMO- Orelha de elefante mexicana original, OEMC1- orelha de elefante mexicana clone 1, OEMC2- orelha de elefante mexicana clone 2, OEMC3- orelha de elefante mexicana clone 3, OEMC4- orelha de elefante mexicana clone 4, OEMC5- orelha de elefante mexicana clone 5, OEAO- orelha de elefante africana original, OEAC1- orelha de elefante africana clone 1, OEAC2- orelha de elefante africana clone 2, IPA-20- palma gigante, CV- Coeficiente de Variação.

### 3.5 ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA)

Na Figura 12 é possível observar a Análise de Componente Principal (PCA) das características agronômicas das cultivares (clones de *Opuntia*), fornecendo interações entre as cultivares e as variáveis analisadas. Nos dois principais eixos, concentrou-se 81,53% de significância, sendo 49,42% explicados no PC1 e 32,11% no PC2. Observou-se que a cultivar que mais teve associação com a produtividade de massa seca foi Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEMC1), a que teve maior associação com o Índice de Área de Cladódio (IAC) foi a Orelha de Elefante Mexicana Clone 3 (OEMC3) e a Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) teve maior associação com Comprimento de Cladódio Secundário (CC2). Por outro lado, a Orelha de Elefante Mexicana Clone 5 (OEMC5) não se associou a nenhuma característica.

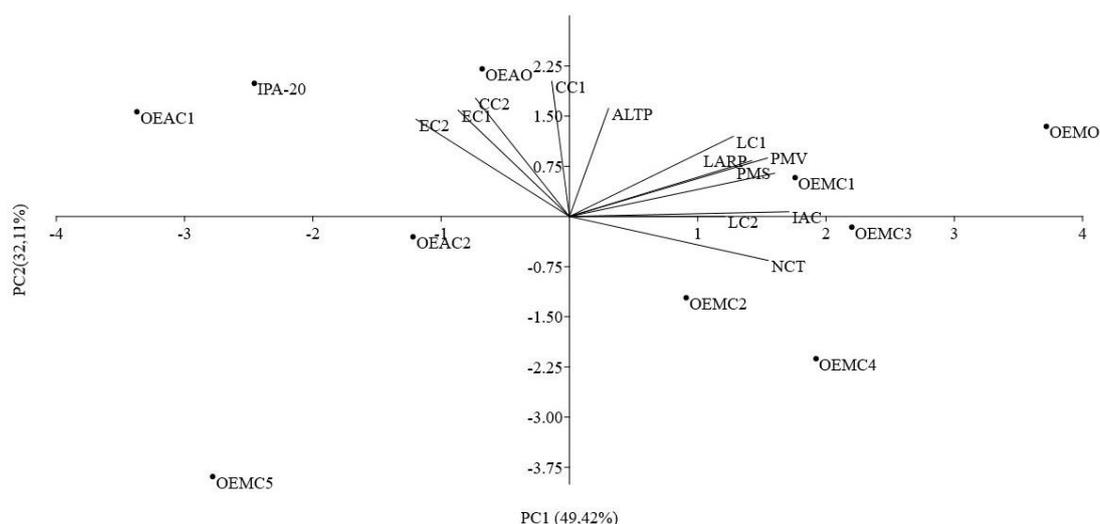


Figura 12. Análise dos Componentes principais (PCA) das características agronômicas (Altura de planta (ALTP), largura de planta (LARP) de planta, comprimento de cladódios primários (CC1), largura de cladódios primários (LC1), espessura de cladódios primários (EC1) e a produtividade de matéria fresca (PMV)) de diferentes clones de palma forrageira (Orelha de elefante mexicana original (OEMO), orelha de elefante mexicana clone 1 (OEMC1), orelha de elefante mexicana clone 2 (OEMC2), orelha de elefante mexicana clone 3 (OEMC3), orelha de elefante mexicana clone 4 (OEMC4), orelha de elefante mexicana clone 5 (OEMC5), orelha de elefante africana original (OEAO), orelha de elefante africana clone 1 (OEAC1), orelha de elefante

africana clone 2 (OEAC2) e IPA-20) *Opuntia*, sob cultivo de sequeiro condições edafoclimáticas de semiárido da Região Nordeste do Brasil. Arcoverde-PE, 2024.

### 3.6 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS APÓS A PRIMEIRA COLHEITA

Constatou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares após a realização do primeiro corte (Tabela 5) quanto à Altura de Planta (AP), número de cladódios total (NCT), Largura de cladódio de primeira ordem (LC(nº1)) e espessura de cladódio de primeira ordem (EC(nº1)), plantas aos 9 meses após o primeiro corte, tendo sido constatado mesmo em situação de sequeiro uma precipitação pluviométrica de 337,8 mm (Figura 7).

Tabela 5. Valores médios das variáveis biométricas realizadas após o corte das cultivares de *Opuntia* cultivados no semiárido da Região Nordeste do Brasil. AP= Altura de Planta; LP= Largura de Planta; NCT= Número de Cladódio Total; CC(nº1) = Comprimento de Cladódio de Primeira Ordem; LC(nº1) = Largura de Cladódio de Primeira Ordem; EC(nº1) = Espessura de Cladódio de Primeira Ordem.

Cultivares	AP (cm)	LP (cm)	NCT (unidade)	CC(nº1) (cm)	LC(nº1) (cm)	EC(nº1) (mm)
OEMO	80,50 a	109,83 a	37,83 a	33,42 a	20,67 a	16,00 b
OEMC1	70,50 a	105,33 a	30,67 a	29,67 a	19,91 a	15,50 b
OEMC2	52,25 b	77,67 a	25,33 a	20,75 a	17,83 b	13,16 b
OEMC3	60,33 b	77,33 a	29,33 a	28,50 a	17,08 b	14,83 b
OEMC4	67,67 a	92,67 a	28,83 a	30,00 a	22,08 a	13,33 b
OEMC5	41,00 b	48,00 a	14,16 b	27,33 a	14,83 b	14,66 b
OEAO	49,92 b	68,33 a	8,83 b	29,42 a	22,91 a	21,66 a
OEAC1	55,50 b	85,00 a	7,33 b	33,66 a	19,67 a	18,83 a
OEAC2	53,83 b	68,33 a	8,50 b	28,58 a	19,83 a	16,50 b
IPA 20	81,00 a	87,67 a	12,50 b	31,58 a	17,16 b	21,50 a
Valor 'p'	0.00008	0.01450	0.000010	0.01835	0.00475	0.001874
CV (%)	13,08	21,32	28,42	12,17	10,90	14,42

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: OEMO- Orelha de elefante mexicana original, OEMC1- orelha de elefante mexicana clone 1, OEMC2- orelha de elefante mexicana clone 2, OEMC3- orelha de elefante mexicana clone 3, OEMC4- orelha de elefante mexicana clone 4, OEMC5- orelha de elefante mexicana clone 5, OEAO- orelha de elefante africana original, OEAC1- orelha de elefante africana clone 1, OEAC2- orelha de elefante africana clone 2, IPA-20- palma gigante.

## 4 DISCUSSÃO

As divergências morfológicas e produtivas constatadas nos clones de palma forrageira destacaram as particularidades inerentes a cada genótipo de palma analisado, conforme previamente descrito na literatura (CAVALCANTE et al., 2014; GARCÍA-NAVA et al., 2015; SILVA et al., 2015; ROCHA et al., 2017).

### 4.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

As variáveis morfológicas altura e a largura da planta são fundamentais, devido estarem diretamente correlacionadas com a produção de massa seca, dessa maneira, maiores serão as produtividades de palma mais alta e larga (SILVA et al., 2010). É observado forte influência nessas características pelos seus respectivos genótipos, ganhando destaque o hábito de crescimento (RAMOS, et al., 2011), as que tendem a crescer eretamente são mais altas. Além do genótipo, tais características são influenciadas pelo manejo adotado, e pelas condições locais onde o plantio esteja estabelecido. Segundo Ferraz (2018), é de grande relevância saber sobre a altura da planta visto que esse parâmetro dimensiona o espaçamento adequado na hora do plantio, sendo que genótipos que se desenvolvam com maior lateralidade, caso das Orelhas de elefantes e palma gigante, necessitam de espaçamentos maiores.

Ao avaliar o comportamento e a caracterização de clones de palma em casa de vegetação, Silva (2019) constatou que, aos 360 dias de idade, o clone utilizado da Orelha de Elefante Mexicana apresentou altura de 45,75 cm, valor inferior aos encontrados nas cultivares de Orelha de Elefante Mexicana (OEM), aproximando-se apenas do clone Orelha de Elefante Mexicana Clone 5 (OEMC5). No mesmo trabalho, para a cultivar IPA-20, o autor encontrou uma altura de 40,75 cm, também inferior à encontrada no atual trabalho.

Provavelmente, essa discrepância de valores deve-se ao fato de que no presente trabalho foram providas todas as condições favoráveis para o cultivo da palma, incluindo adubação e eliminação de plantas invasoras, além do cultivo em campo. No experimento atual, mesmo sendo em condições de sequeiro, houve pluviosidade satisfatória (Figura 8), ao contrário do trabalho citado, no qual as plantas não foram adubadas, o que pode ter inibido o crescimento das mesmas. Além disso, o cultivo em vasos também pode ter

contribuído para esses valores inferiores, devido às limitações físicas do sistema radicular.

Analisando progênies de Orelha de Elefante Africana, Cunha (2017) encontrou alturas que variaram entre 81,6 e 119 cm, isso com dois anos de idade. No presente trabalho, os materiais genéticos relacionados a Orelha de Elefante Africana (OEA) proporcionaram variação entre 69,08 e 84,29 cm. Rocha et al. (2017) constataram 103,60 cm de largura média de plantas de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) durante um período de 12 meses para o primeiro corte, e 105,45 cm para 16 meses. No presente trabalho aos 14 meses desde o plantio, foi possível observar a superioridade nesses valores médios, sendo que os mesmos autores verificaram que a cultivar IPA 20 aos 12 e 16 meses de cultivo, apresentaram valores médios 98,86 e 105,10 cm, respectivamente os quais foram próximos aos encontrados no presente trabalho, por se tratar de novos materiais genéticos de OEM houve essa discrepância de valores.

Cunha (2017) ao avaliar genótipos de Orelha de Elefante Africana (OEA) verificou larguras de planta que atingiram até 185 cm com dois anos de idade, entre os materiais genéticos observados o valor mínimo foi de 132 cm. No presente trabalho aos 14 meses de idade os genótipos relacionados à Orelha de Elefante Africana (OEA) apresentaram larguras variando entre 100,25 e 120,16 cm, provavelmente com um tempo maior para desenvolverem-se as plantas atingiriam larguras superiores, pois observou-se que com o passar do tempo a tendência foi de crescimento. Alves et al. (2024) ao avaliarem a biometria de plantas de cultivares de *Opuntia*, com dois anos de idade, observaram grandes variações de acordo com as variáveis analisadas. Sendo que o número total de cladódios variou de 4 a 31, o comprimento dos cladódios variou entre 4,8 e 46,0 cm, e a largura dos cladódios variou de 4,8 a 25,0 cm.

Sobre o comprimento de cladódios primários, em trabalho com a aplicação de diferentes doses de esterco bovino, Donato et al. (2014) encontraram valores entre 30,25 e 32,57 cm para IPA 20, valores próximos aos encontrados no presente trabalho, e também em outros trabalhos (TELES et al., 2002; FERREIRA et al., 2003; ANDRADE, 2009; PEIXOTO, 2009). Moura (2019) constatou 31,67 cm para comprimento de cladódio primário para Orelha de Elefante Mexicana (OEM), sendo tal valor semelhante ao encontrado no presente trabalho para os clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM). As medidas dos cladódios são essenciais para definir o desenvolvimento da copa das palmas forrageiras, sendo mais afetadas pelas peculiaridades dos gêneros do que pelas características dos clones (BARBOSA et al., 2018).

Ao avaliar progênies de Orelha de Elefante Africana (OEA) Cunha (2017) constatou valores de comprimento de cladódios primários variando entre 30,76 e 38,41 cm aos dois anos de idade, já na presente pesquisa, na última avaliação foi encontrado para a Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) um valor de 33,13 cm; para os seus clones 1 e 2 o comprimento foi de 28,58 e 28,67 cm, respectivamente. Ressalta-se que caso houvesse mais tempo para que as plantas se desenvolvessem maiores valores seriam verificados.

Quanto a largura do cladódio primário, Moura (2019), constatou uma média de 26,33 cm para Orelha de Elefante Mexicana (OEM), sendo que no presente trabalho observou-se clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) que se aproximaram desse valor. Cunha (2017), ao avaliar Orelha de Elefante Mexicana (OEM) como testemunha de outros clones verificou que aos dois anos de idade o valor médio da largura de cladódio primário foi de 27, 53 cm, valor superior quando comparado com os valores dos clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) apresentados no presente trabalho, os quais estavam com 14 meses, possivelmente essa inferioridade nos valores deu-se devido a diferença nas idades das plantas.

Foi observado que em clones de Orelha de Elefante Africana (OEA) a largura de cladódios primários vario de 24,25 à 17,76 cm (CUNHA, 2017). O referido autor constatou que os clones oriundos de Orelha de Elefante Africana (OEA) destacaram se tanto quanto o clone original (progenitor) com relação a largura de cladódios primários. Verifica-se no presente trabalho que os valores de largura de cladódios primários dos clones oriundos de Orelha de Elefante Africana (OEA), estão dentro da amplitude de valores obtidos por Cunha (2017), o que indica os novos clones são tão bons quanto o clone progenitor.

Para espessura de cladódios primários, Sales et al. (2016) observaram que para a cultivar Miúda a espessura foi fortemente influenciada pela pluviosidade, o que indica o quanto a referida característica tem a sua expressão condicionada à disponibilidade hídrica. No presente trabalho observou-se um aumento na espessura na última avaliação, principalmente para o clone original da orelha de elefante africana, o clone1 da Orelha de Elefante Africana (OEAC1) e IPA 20, por sua vez Ferraz (2018) não identificou maiores variações para essa variável.

Araújo Junior et al. (2021) identificaram uma espessura de 33,3 mm para o cladódio basal dos clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) na última avaliação. No presente trabalho, a espessura dos clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) variou entre 27,24 e 21,22 mm. No estudo realizado pelos autores, os clones mencionados apresentaram os menores valores de espessura entre os materiais avaliados. Ao avaliarem progênies de Orelha de Elefante Africana (OEA), Cunha (2017) não verificou diferença estatística entre as 11 progênies de Orelha de Elefante Africana (OEA), o seu progenitor e a testemunha Orelha de Elefante Mexicana (OEM), diferentemente do que foi verificado no presente trabalho, pois o clone proveniente de Orelha de Elefante Africana (OEA) e o seu progenitor Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) e o clone IPA 20, foram estatisticamente superiores quanto a espessura do cladódio primário.

Moura (2019) ao avaliar um clone oriundo de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) constatou para o comprimento de cladódio (CC) uma média de 28,67 cm e para largura uma média de 20,33 cm; observa-se que tais valores aproximaram-se dos valores encontrados no presente trabalho. Cunha (2017) ao avaliar no Estado de Pernambuco, 11 progênies de Orelha de Elefante Africana mais o seu material progenitor e uma testemunha (Orelha de Elefante Mexicana) quanto à geração e seleção de clones, verificou que para a variável CC(n<sup>o</sup>2) os clones Orelha de Elefante Africana (OEA) variaram entre 41,66 e 32 cm, sendo que tais resultados foram superiores aos encontrados na presente pesquisa. Entretanto, o clone 1 da Orelha de Elefante Africana (OEA) que se sobressaiu dos demais clones, proporcionou valores dentro do intervalo apresentado pela referida autora, mesmo sendo em idades diferentes, uma vez que no trabalho de Cunha (2017), esses valores foram obtidos aos dois anos de idade das plantas.

Quanto à largura do cladódio secundário, não houve diferença estatística entre os clones (progênies) e seus respectivos clones progenitores. Já Cunha (2017) verificou menor largura para as progênies de Orelha de Elefante Africana (OEA) em relação ao clone Orelha de Elefante Mexicana (OEM). Para a espessura do cladódio secundário (EC2), observou-se que o clone Orelha de Elefante Mexicana Clone 1 (OEAC1) se sobressaiu, assim como seu clone progenitor Orelha de Elefante Africana (OEAO) e o clone IPA 20. Já Cunha (2017) não observou diferença estatística entre os clones de palma, sendo que as progênies de Orelha de Elefante Africana (OEA) não diferiram do clone Orelha de Elefante Mexicana (OEM).

## 4.2 ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO- IAC

As cultivares de Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO), os quatro primeiros clones provenientes dela (Orelha de elefante mexicana clone 1 (OEMC1), Orelha de elefante mexicana clone 2 (OEMC2), Orelha de elefante mexicana clone 3 (OEMC3), Orelha de elefante mexicana clone 4 (OEMC4) e o clone orelha de elefante africana original se sobressaíram com os melhores resultados para Índice de Área de Cladódio (IAC). Rocha et al. (2017) encontraram para Índice de Área de Cladódio (IAC) aos 12 e 16 meses para o primeiro corte de plantas de Orelha de Elefante Mexicana (OEM), valores médios de 2,90 e 4,13 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, respectivamente, e para o IPA 20 aos 12 e 16 meses valores de 0,94, independente da idade de corte. No presente estudo foi possível verificar valores semelhantes, essa leve diferença nos valores muito provavelmente seja por conta da diferença de localidade, onde sabe-se que a depender das condições ambientais as plantas comportam-se de maneira diferente.

Pinheiro et al. (2014) observaram uma forte correlação entre a altura e largura da planta, assim como o número de cladódios com o Índice de Área de Cladódio (IAC) e a produtividade dos genótipos Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e Miúda. Os autores destacam que o crescimento semiaberto da Orelha de Elefante Mexicana (OEM) facilita a emissão de cladódios primários, o que explica a elevada massa fresca (MF) obtida por este genótipo já aos quatro meses após o plantio, com significativa contribuição dos cladódios de primeira ordem.

## 4.3 PRODUTIVIDADES

As produtividades de massa fresca e seca, assim como o comportamento do Índice de Área de cladódio (IAC), também se destacaram para os clones Orelha de Elefante Mexicana Original, Orelha de Elefante Mexicana Clone 1, Orelha de Elefante Mexicana Clone 2, Orelha de Elefante Mexicana Clone 3, Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 e Orelha de Elefante Africana Original. A eficiência produtiva da palma-forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) é influenciada por uma variedade de fatores, incluindo a

genética da planta, práticas de manejo e as condições ambientais únicas de cada localidade.

Pesquisas realizadas em algumas regiões do Estado da Paraíba, onde a produção depende principalmente da precipitação natural (sequeiro), têm revelado resultados produtivos diversos. Esses estudos indicam a possibilidade de alcançar rendimentos superiores a 20 toneladas de massa seca por hectare ao longo de um ciclo de colheita de 12 meses (ARAÚJO, 2009; SOUZA et al., 2018; RAMOS et al., 2021). Ramos et al. (2011) observaram que em um intervalo de colheita de 15 meses, mesmo período de tempo do presente trabalho, uma densidade populacional de 5.000 a 20.000 plantas por ha de palma (*Opuntia sp.*) proporcionou uma produtividade de massa verde de 40,6 a 130,0 Mg ha<sup>-1</sup>.

Ao avaliarem densidades de plantio variando entre 10.000 e 40.000 plantas por hectare, colhidas aos 12 meses, e 25.000 plantas por hectare, colhidas aos 11 e 12 meses, Ramos et al. (2017), Souza et al. (2018) e Ramos et al. (2021) verificaram produtividades (massa fresca) de 41,3 a 102,6 Mg ha<sup>-1</sup>, 30,6 a 235,5 Mg ha<sup>-1</sup>, 14,7 a 227,9 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Ramos et al. (2021) constataram que o genótipo de palma utilizado foi um fator decisivo para a obtenção de altas produtividades. Da mesma forma, Ramos et al. (2017) observaram que o controle de plantas invasoras desempenhou um papel crucial na maximização da produtividade.

Em uma análise realizada em uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) localizada no município de Tenório, Paraíba- Brasil, como parte das iniciativas do projeto Forrageiras para o Semiárido (CNA/Embrapa), as produtividades das diferentes variedades de palma resistente à cochonilha-do-carmim (Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana), cultivadas em condições de sequeiro, demonstraram rendimentos superiores a 20 toneladas por hectare de massa seca. Utilizou-se uma densidade de plantio de 40 mil mudas de palma por hectare e um ciclo de colheita de 12 meses (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2020).

Santos et al. (2013) verificaram valores de massa seca de 15,2 Mg ha<sup>-1</sup> para Orelha de Elefante Mexicana, já no presente trabalho para os clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM) os valores encontrados foram superiores, provavelmente devido as condições (de precipitação pluviométrica, nutrição do solo, características físicas do solo) nas quais os mesmos se desenvolveram, exceto o clone 5 o qual apresentou valores

inferiores. Os referidos autores também verificaram uma massa seca de 16,24 Mg ha<sup>-1</sup> para o clone IPA 20, valor superior ao encontrado no presente trabalho. Araujo Junior et al. (2021), constataram que os clones de Orelha de Elefante Mexicana (OEM), dentre os materiais testados, apresentaram maiores valores de massa de forragem tanto fresca quanto seca, com valores de 281 e 27 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

#### 4.4 ANÁLISE BROMATOLÓGICA

Para Dubeux Júnior et al. (2010) a composição químico-bromatológica varia de acordo com algumas variáveis, com a idade da palma, tipo de gênero, variedade, época do ano, condições hídricas e do solo, espaçamento adotado. De acordo com Frota et al. (2015), valores da composição químico-bromatológica da palma independe do seu gênero, no geral ela apresenta níveis inferiores de Matéria Seca (6,1 a 17,1 %), Proteína Total (2,9 a 6 %), Fibra Detergente Acido (9,5 a 22,5 %), Fibra Detergente Neutro (20,1 a 32,8); em contrapartida apresenta valores mais acentuados para Carboidratos totais- CT (73,8 a 85,2 %), Carboidratos não fibrosos (42,3 a 65,0 %), Matéria Mineral (8,1 a 17,7 %); de maneira que os valores encontrados na presente pesquisa estão dentro dos intervalos citados pelos autores, exceto para os valores de matéria seca, que foram bastante superiores aos mencionados.

Alves et al. (2024) ao verificarem a caracterização nutricional em sete variedades de palma forrageira *Opuntia*, utilizaram entre os materiais genéticos, dois originais do presente trabalho, ou seja, Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) e Orelha de Elefante Africana Original (OEAO); sendo que aos dois anos de idade das plantas os autores observaram que para a Orelha de elefante mexicana o Material Mineral variou entre 5,5 a 5,4 %, para Proteína Total os valores encontrados variaram entre 2,2 a 2,8%, Fibra em Detergente Neutro variou entre 35,2 a 57,9%, já a variação de Fibra em Detergente Ácido foi de 21,5 a 25,7%. Para Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) os valores encontrados para Material Mineral foram de 8,4 à 8,9%, Proteína variou entre 3,4 a 4,1%, por sua vez Fibra em Detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido variaram entre 39,0 à 41,9% e 21,0 à 22,9%, respectivamente, destaca-se que no presente

trabalho os novos clones não apresentaram diferenças estatísticas com relação aos seus clones originais .

#### 4.5 ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA)

A cultivar que mostrou a maior associação com a produtividade, um dos principais parâmetros avaliados, foi a Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO). Silva et al. (2020) ao avaliarem clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*) identificaram correlações de magnitude alta e média para as características de altura da planta, massa seca e largura da planta e dos cladódios. Tais resultados indicam a importância de selecionar clones com plantas mais altas e largas para aumentar a produção de massa seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).

Os resultados do presente estudo também demonstram a eficácia da utilização do PCA na distinção entre as características de diferentes clones do gênero *Opuntia*. A PCA foi utilizada em diversos estudos com a cultura em questão (García-Nava et al., 2015; Mottese et al., 2018), indicando o potencial desta ferramenta em várias áreas do conhecimento. A título de exemplo, como nem sempre é executável realizar amostragens de plantas para medir biomassa e massa seca, a utilização de análises multivariadas torna-se extremamente útil para analisar o potencial produtivo de espécies de cactos (NEDER et al., 2013; REIS et al., 2018).

#### 4.6 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS APÓS O PRIMEIRO CORTE

Após a realização do primeiro corte verificou-se que a cultivar que mais se destacou foi a Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO). Com a realização de cortes ocorre o estímulo no crescimento de novos cladódios, ao remover os cladódios maduros há a redução pela competição interna por água e nutrientes, sendo esses elementos essenciais direcionados para o crescimento e desenvolvimento de novas estruturas (FARIAS et al., 2000). O corte pode ainda modificar a morfologia do vegetal, podendo tornar as estruturas mais suculentas e modificar o seu tamanho (CAVALCANTE et al., 2014).

Compreender as variáveis biométricas é crucial, pois fornecem informações sobre a capacidade de expansão do dossel e sua exposição direta aos raios solares, essencial

para o processo de fotossíntese (FEITOSA, 2019). Aos 90 dias após o plantio, Lira et al. (2021) observaram que a altura e largura da Orelha de Elefante Mexicana eram aproximadamente 32,5 cm cada. No presente estudo, realizado cerca de nove meses após a colheita (270 dias), constatou-se que a altura das plantas variou de 41 a 81 cm, destacando-se a Orelha de Elefante Mexicana Original e a IPA-20, enquanto a largura variou de 48 a 109,83 cm.

Aos 210 dias após o plantio, Feitosa (2019), ao estudar o desempenho de plantas de palma forrageira Miúda consorciada, observou que o número de cladódios variou de 7,7 a 11,3. Aos oito meses após o plantio, Gomes (2023) ao realizar avaliações biométricas, verificou que quanto ao número de cladódios, dentre as cultivares testadas, a que apresentou maior número foi a Orelha de Elefante Mexicana, assim como a cultivar Miúda (que estatisticamente não diferiram). Em relação ao comprimento dos cladódios, as cultivares Gigante e IPA, que não apresentaram diferença estatística, proporcionaram os melhores valores. Quanto à largura dos cladódios, a cultivar com melhores resultados foi a Orelha de Elefante Mexicana.

Após a colheita realizada Gomes (2023) verificou que para o número de cladódios, as cultivares que se destacaram foram a Miúda, IPA e Orelha de Elefante, com respectivos valores de 9,13; 9,19 e 9,35 cm. Para o comprimento dos cladódios, os melhores resultados foram observados para as cultivares Gigante (22,36 cm) e IPA (9,35 cm). Em relação à largura dos cladódios, a cultivar de destaque foi a Orelha de Elefante (11,61 cm), enquanto que para a espessura dos cladódios, a cultivar Gigante apresentou os maiores valores (7,47 mm).

No presente trabalho, para a variável número de cladódios, observou-se que a cultivar de destaque foi a Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) com 37,83 cladódios por planta. Para o comprimento dos cladódios, destacaram-se a Orelha de Elefante Mexicana Original (OEMO) e IPA 20, com respectivos valores de 33,42 e 31,58 cm. Em relação à largura dos cladódios, os melhores resultados foram vistos na Orelha de Elefante Mexicana Clone 4 (OEMC4) e Orelha de Elefante Africana Original (OEAO), com valores de 22,08 e 22,91 cm, respectivamente. Para a variável espessura dos cladódios, os destaques foram a Orelha de Elefante Africana Original (OEAO) e IPA 20, com respectivos valores de 21,66 e 21,50 mm.

Muito provavelmente, essa diferença entre o presente trabalho e o de Gomes (2023) se deve ao intervalo de tempo de avaliação, pois no presente trabalho os dados foram coletados aos 270 dias, enquanto no estudo do autor foram coletados aos 90 dias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recomenda-se a condução deste ensaio em diferentes locais de forma que se possa analisar a interação genótipo x ambiente e a adaptabilidade dos novos clones.

Destaca-se a necessidade de uma visão global mais aprofundada para explorar o potencial da palma forrageira, que pode representar uma fonte de esperança em contextos ambientais adversos. Assim, a pesquisa internacional, a cooperação e o entendimento mútuo são fundamentais para o nosso futuro comum.

## 5 CONCLUSÕES

Quatro dos novos clones obtidos da orelha de elefante mexicana (clone 1, clone 2, clone 3 e clone 4) são agronomicamente tão bons quanto o genótipo original. Os clones mais produtivos foram: orelha de elefante mexicana original, clone 1, clone 2, clone 3, clone 4 e orelha de elefante africana original.

Bromatologicamente, os novos clones (clone 1, clone 2, clone 3, clone 4, clone 5 da orelha de elefante mexicana, e clone 1 e clone 2 da orelha de elefante africana) são iguais aos materiais tradicionais (orelha de elefante mexicana original, orelha de elefante africana original e IPA-20).

## REFERÊNCIAS

- APAC- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS e CLIMA. **Meteorologia: monitoramento de chuvas.** Disponível em: < <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php> >. Acesso: 07 junho 2024.
- ALMEIDA, I. V. B. et al. Melhoramento genético de plantas forrageiras xerófilas: Revisão. **Pubvet**, v. 13, n. 08, 2019.
- ALVES, F. A. L. et al. Morphological and nutritional characterization of the cladodes of seven varieties of forage cactus of the genus *Opuntia* cultivated in Brazil. **South African Journal of Botany**, v. 169, p. 46–55, 2024.
- ALBUQUERQUE, J. G. et al. Ultrasound treatment for improving the bioactive compounds and quality properties of a Brazilian nopal (*Opuntia ficus-indica*) beverage during shelf-life. **LWT – Food Science and Technology**, v. 149, p. 111814, 2021.
- ANDRADE, J. C. As palmas forrageiras em Alagoas. **Maceió: Ed. Grupo Tércio Wanderley**, 1990.
- ANDRADE, R. L. **Evolução do crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em função do adensamento e adubação com farinha de osso no solo.** 40p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- AOAC- Association of Official Analytical Chemists. **Journal pone**. 1990.
- ARAÚJO, A. M. **Interação entre adubação fosfatada e espaçamento no cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) no estado da Paraíba.** 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, Brasil, 2009.
- ARAÚJO JÚNIOR, G. N. et al. Growth dynamics and accumulation of forage mass of forage cactus clones as affected by meteorological variables and water regime. **European Journal of Agronomy**, v. 131, 2021.
- BARBA, F. J. et al. *Opuntia ficus-indica* edible parts: A food and nutritional security perspective. **Food Reviews International**. 2022.

BARBOSA, M. L. et al. Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 399–408, 2018.

BRITO, H. C. et al. O índice de segurança hídrica do Brasil e o semiárido brasileiro: desafios e riscos futuros. **Revista Brasileira Cartografia**. v. 74, n. 1, 2022.

CÂNDIDO FILHO, A. et al. Base alimentar humana com o uso da palma forrageira. **VI Simpósio de Reforma Agrária e Questões Rurais**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2014.

CAVALCANTE, L. A. D. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424–433, 2014.

CAVALCANTI, M. C. et al. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus indica* Mill) e palma orelha de elefante (*Opuntia sp*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CHÁVEZ-MORENO, et al. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, p. 3337-3355, 2009.

CHEN, S. Advances in Molecular Breeding of Forage Crops: Technologies, Applications and Prospects. **Agriculture**, p. 13, 2024.

CLARK, J. W. et al. Whole-genome duplication and plant macroevolution. **Trends Plant Science**. 2018.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Forrageiras para o Semiárido: pecuária sustentável**. (CNA. Boletim técnico, 1). 2020. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletinstecnicos/09-Boletim-2020-URT-Tenorio-PB.pdf>> .Acesso em: 11 maio 2024.

CUNHA, J. T. S. F. **Aspectos florais, caracterização e seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. (Tese). Doutorado em Zootecnia. 2021.

CUNHA, J. T. S. F. **Avaliação de Progenies do clone orelha de elefante africana (*Opuntia undulata griffithis*)**. 69f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2017.

DANTAS, S. F. A. et al. Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido potiguar. **Revista IPECEGE**, v. 3, n. 1, p. 59-74, 2017.

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, n. 1, p. 151–158, 2014.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de pesquisas sociais, p. 54, 1963.

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, n. 1, p. 129–135, 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: a review. **Animal Feed Science and Technology**. 2021

FAO and the SDGs indicators: measuring up to the 2030 Agenda for Sustainable Development. Rome: FAO. Disponível em:< <https://openknowledge.fao.org/home>>. Acesso em: 30 nov 2023. 2017

FARIAS, I. et al. Estabelecimento e manejo 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**. Recife: Ed. Universitária da UFPE,. p. 81-104. 2005.

FARIAS, I. et al. Manejo e espaçamento da palma forrageira, em consorcio com sorgo granífero, no Agreste Pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FEITOSA, C. E. **Desenvolvimento da palma forrageira sob aspectos agroecológicos no Semiárido Sergipano**. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe –Campus São Cristóvão, 2019.

FERRAZ, A. P. F. **Avaliação de clones de palma forrageira no agreste e sertão de Pernambuco.** 148f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2018.

FERRAZ, A. P. F. et al. Pragas e doenças. In: LIRA, M. A. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo e usos.** Cadernos do Semiárido: riquezas e oportunidades, v, 7, n. 7. Recife. IPA, 2016.

FERREIRA, C. A. et al. Utilização de Técnicas Multivariadas na Avaliação da Divergência Genética entre Clones de Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1560–1568, 2003.

FERREIRA, C. S. B. **Aplicação dos modelos lineares generalizados na modelagem da produção leiteira no agreste meridional pernambucano.** 47f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2020.

FREIRE, J. L. et al. Growth of cactus pear cv. Miúda under different salinity levels and irrigation frequencies. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 3893-3900, 2018.

FROTA, M. N. L. et al. Palma Forrageira na Alimentação Animal. **Embrapa**, p. 47, 2015.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, p. 78-85, 2014.

GARCÍA-NAVA, F. et al. Biophysical and physiological characteristics of nopalitos (*Opuntia spp.*, Cactaceae) as influenced by domestication. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 62, n. 6, p. 927–938, 2015.

GOES, R. **Herman Lundgren, pioneiro do progresso industrial do Nordeste.** Rio de Janeiro: Editorial A Noite, 1949. 61 p.

GOMES, L. S. P. **Desempenho agrônomo e estimativa de produtividade por análise de imagens aéreas em variedades de palma forrageira com diferentes manejos de colheita.** 77 f. Tese (Doutorado em Área de concentração em Produção Vegetal). Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Minas Gerais, 2023.

GRANADOS, A. X. et al. Genome evolution and phylogenetic relationships in *Opuntia tehuacana* (Cactaceae, Opuntioideae). **Brazilian Journal of Botany**. 2022.

HAMMER, D. A. T. et al. **Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis Palaeontologia Electronica**. 2024.

IBGE - **Censo Agropecuário. Número de estabelecimentos agropecuários, quantidade produzida e área colhida, por produtos da lavoura temporária (Palma Forrageira) - Resultados preliminares 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6615#resultado>. Acessado em 08 jun. de 2024.

INMET\_ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normal climatológica do Brasil: 1991-2020**. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso: 14 junho 2024.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Multivariate analysis in the morpho-yield evaluation of forage cactus intercropped with sorghum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 11, p. 756-761, 2020

JARDIM, A. M. R. F. et al. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, 2021.

KAISER, H. A aplicação de computadores eletrônicos à análise fatorial. **Medição Educacional e Psicológica**, v. 20, p. 141–151, 1960.

KIESLING , R. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**. 1998.

LAMICHHANE, S. et al. Benchmarking OECD countries' sustainable development performance: A goal-specific principal component analysis approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 287, 2021.

LIRA, E. C. et al. Produtividade de culturas anuais em sistema de consórcio com a palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim (*Dactylopus opuntiae* Cockerell). **Holos**, v. 2, 2021.

LIRA, M. A. Palma forrageira: cultivo e usos. **Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades**, v. 7, n. 7, p. 1-58, 2017.

LOPES, E. B. et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia spp.*) e (*Nopalea spp.*) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n.1 p. 204–215, 2010.

LOPES, M. S. Et al. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, p. 3477-3486, 2015.

MONDRAGON, J. C. **Preliminary genetic studies on cactus pear (*Opuntia spp.* Cactaceae) germplasm from Central Mexico**. 2000.

MOTA, G. B. et al. **Seleção de genótipos de palma forrageira para região do semiárido brasileiro**. XXIII Seminário de iniciação científica UEFS. 2019.

MOTTESE, A. F. et al. Traceability of *Opuntia ficus-indica* L. Miller by ICP-MS multi-element profile and chemometric approach. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 1, p. 198–204, 2018.

MOURA, G. A. **Desempenho agrônômico de pornunça submetida a duas alturas de corte e consorciada com clones de palma forrageira**. Monografia—Serra Talhada-PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

NEDER, D. G. et al. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.13, p.203-207, 2013.

OLIVEIRA, C. M. R. et al. Avaliação de clones de palma forrageira resistentes a cochonilha do carmin (*Dactylopius sp.*). In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA EXTENSÃO,10.; SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2010.

ORONA-CASTILLO, I. et al. **Extracción nutrimental de nopal- verdura bajo condiciones de riego por goteo**. 2004.

PAIXÃO, S. L. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira no município de São Bento do Una. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 28–32, 2011.

PASTORELLI, G. et al. *Opuntia* spp. as alternative fodder for sustainable livestock production. **Animals**. 2022.

PEIXOTO, M. J. A. **Crescimento vegetativo, produção e composição químico-bromatológica da palma forrageira consorciada com cajá (*Spondias spp.*)**. Tese—Fortaleza-CE: Universidade Federal do Ceará, 2009.

PEREIRA, J. DE S. et al. Produtividade forrageira e respostas estruturais da palma forrageira 'Orelha de Elefante Mexicana' em diferentes densidades de plantio. **Acta Scientiarum. Agronomy** , v. 44, p. e53016, 2022.

PESSOA, A. S. **Cultura da palma forrageira**. Recife: Sudene – Divisão de documentação (Agricultura 5). p.98. 1967.

PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939–947, 2014.

POEHLMAN, J.M. et al. **Breeding field crops**. Ames: Iowa State University, 1995. 494p.

QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p. 931-938, 2015.

RAMOS, J. P. F. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio 1. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 24, n. 3, p. 41–48, 2011.

RAMOS, J. P. F. et al. Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 43, 2021.

RAMOS, J. P. F. et al. Crescimento e produtividade de *Nopalea cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. **REDVET: Revista Electrónica de Veterinária**, v. 18, n. 8, p. 1-12, 2017.

RAMOS, J. P. F. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio 1. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 24, n. 3, p. 41–48, 2011.

REIS, C. M. G. et al. Aboveground biomass estimation of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. for forage crop in a Mediterranean environment by using nondestructive methods. **Experimental Agriculture**, v. 54, p. 227–242, 2018.

REYNOLDS, et al. Adapting crops to climate change: A summary. **Crop Science**, p. 8, 2010.

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. 365–373, 2017.

SALES, A. T. et al. Adaptação de cultivares de nopal forrajero al semiárido estado de Paraíba, Brasil. **Agronomia Mesoamericana**, v. 27, n. 1, p. 151-157, 2016.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma 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**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 43-56, 2005.

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, n. 2, p. 111–121, 2013.

SANTOS, D. C. et al. Melhoramento genético da palma forrageira. **A palma no nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso**, p. 27-42, 2005.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. **Embrapa**, E-book: il. color. E-book, no formato ePub, convertido do livro impresso. 2018.

SANTOS, M. V. F. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1997.

SANTOS, T. N. et al. "Potencial para biocombustíveis a partir da biomassa de cladódios de figo-da-índia: Desafios para a produção de bioetanol e biogás em áreas secas". **Biomass and Bioenergy**, p. 85, 2016.

SEGURA, S. et al. Genome sizes and ploidy levels in Mexican cactus pear species *Opuntia* (Tourn.) Mill. series *Streptacanthae* Britton et Rose, *Leucotrichae* DC.,

Heliabravoanae Scheinvar and Robustae Britton et Rose. **Genetic Resources and Crop Evolution**. 2007.

SILVA, A. S. et al. Sistema de produção, valor nutricional e eficiência da palma forrageira no semiárido: uma revisão. **Nucleus Animalium**, v. 12, n. 2, p. 99–110, 2020.

SILVA, C. C. F. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **REDVET, Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, N. G. DE M. et al. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2389–2397, 2010.

SILVA, P. S. F. **Comportamento e caracterização de clones de palma forrageira sob diferentes condições de cultivo**. 2019. 103 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, R. H. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. 2018.

SILVA, T.G.F. et al. Growth and productivity of cactus forage clones in semiarid and relationship with meteorological variables. **Revista Caatinga** v.28, p.10–18, 2015.

SILVA, R.T. et al. Heterochromatin and polyploidy in *Opuntia* Mill. (Cactaceae: Opuntioideae): Implications for plant breeding. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. 2022a.

SILVA, R.T. et al. Physiological quality of forage palm seeds and seedlings associated with the level of ploidy. **Acta Scientiarum Agronomy**. 2022b.

SIPANGO, N. et al. Prickly pear (*Opuntia* spp) as an invasive species and a potential fodder resource for ruminant animals. **Sustainability**. 2022b.

SNYMAN, H.A. et al. Frost sensitivity of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* in a semiarid climate of South Africa. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**. 2007.

SOARES, F. M. F. S. et al. Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 1777-1785, 2021.

SOUZA-FILHO, P. F. et al. "Sacarificação e fermentação simultâneas de palma biomassa de pêra – avaliação do uso de diferentes pré-tratamentos". **Industrial Crops and Products**, 2016.

SOUZA, J. S. R. **Produção e composição do leite de cabras saanen alimentadas com diferentes carboidratos associados à ureia**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2019.

SOUZA, J. T. A. et al. de. Crescimento e produtividade de genótipos de palma forrageira no Semiárido paraibano. **Revista Científica de Veterinária**, v. 12, n. 3, p. 37-43, 2018

TELES, M. M. et al. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante 1. **Revista Brasileira de zootecnia**, v. 61, n. 1, p. 52–60, 2002.

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, p. 3583-3597, 1991.

VAN, P. Y. et al. Polyploidy: an evolutionary and ecological force in stressful times. **Plant Cell**. 2021.

VAN DE PEER, Y. et al. Polyploidy: an evolutionary and ecological force in stressful times. **Plant Cell**, v.33, p.11–26, 2021.

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.

WIT, M. et al. South African perspective on *Opuntia* spp.: Cultivation, human and livestock food and industrial applications BT–*Opuntia* spp: Chemistry, bioactivity and industrial applications. In: Ramadan MF, Ayoub TEM, Rohn S (eds). **Springer International Publishing**, Cham, pp 13–47, 2021.