

OLIMPIO LOPES DE ARROXELLAS GALVÃO NETO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DA PALMA
FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**RECIFE – PE
FEVEREIRO DE 2019**

OLIMPIO LOPES DE ARROXELLAS GALVÃO NETO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DA PALMA
FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte do requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador:

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

**RECIFE – PE
FEVEREIRO DE 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife - PE, Brasil

M0300e Galvão Neto, Olimpio Lopes de Arroxellas
Desempenho agrônomo e bioeconômico da palma forrageira sob irrigação no semiárido brasileiro / Olimpio Lopes de Arroxellas Galvão Neto. – Recife, 2019.
45 f.: il.

Orientador: Thieres George Freire da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referência.

1. Evapotranspiração. 2. Palma forrageira. 3. Opuntia. 4. Semiárido. I. Silva, Thieres George Freire da. II. Título.

CDD 664

OLIMPIO LOPES DE ARROXELLAS GALVÃO NETO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DA PALMA
FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2019 pela banca examinadora:

Thieres George Freire da Silva, Prof. Dr.
UFRPE (Orientador)

Gherman Garcia Leal de Araújo, Prof. Dr.
Embrapa Semiárido (Membro externo)

Abelardo Antônio de Assunção Montenegro, Prof. Dr.
UFRPE (Membro interno)

À Deus;

Aos meus pais Demosthenes
e a Ana Paula Delmas;

Aos meus irmãos Bruno e Marina;

E aqueles que me apoiaram e fizeram parte direta e indiretamente deste trabalho.

DEDICO

“Nenhum conhecimento é inútil”

O Livro dos Espíritos

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e por todas as oportunidades a mim oferecidas, como chances de engrandecimento e desenvolvimento humano, bem como a realização dessa etapa da vida.

À minha família, em especial aos meus pais Ana Paula e Demosthenes e ao meu irmão Bruno, com quem pude sempre contar, sendo o alicerce principal de apoio para todos obstáculos e empecilhos enfrentados durante essa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva, seus ensinamentos e orientações foram de essencial importância para a realização deste trabalho. Agradeço de coração por toda ajuda técnica-científica e principalmente pela ajuda emocional durante todo o período de convivência.

A todos os membros do Grupo de Agrometeorologia no Semiárido - GAS. Sem eles, a condução e a realização da pesquisa seriam impossível.

A todas os amigos, em especial a Filipe Leandro, que me ajudaram na adaptação e vivência na cidade de Serra Talhada, que me apoiaram em vários momentos enquanto estava longe da família.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Sede e Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), pela oportunidade cedida.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio da realização do trabalho.

A todos os envolvidos que contribuíram de forma direta e indiretamente para concretização desta dissertação.

Sumário

Lista de Tabelas e Figuras	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.1 Introdução	13
1.2. Semiárido brasileiro	15
1.3. Palma forrageira	16
1.3.1. Principais cultivares	16
1.3.2. Aspectos Morfofisiológicos	18
1.4. Uso da Irrigação	19
1.5. OBJETIVOS	22
1.5.1. Objetivo Geral	22
1.5.2. Objetivos Específicos	22
1.6. Referências Bibliográficas	22
CAPÍTULO II	26
DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DE PALMA FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO CULTIVADA NO SEMIARIDO BRASILEIRO	26
INTRODUÇÃO	27
METODOLOGIA	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

Lista de Tabelas e Figuras

Tabela 1. Valores médios de produtividade e crescimento de clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE, na ocasião da colheita em Jul-2018.

Tabela 2. Teores de componentes bromatológicas de clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE.

Figura 1. Localização do Município de Serra Talhada.

Figura 2. Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (janeiro de 2017 a julho de 2018) em área cultivada com clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE.

Figura 3. Fases fenológicas e momento de corte de clones de palma forrageira irrigada baseados na taxa de emissão de cladódios de 1^a, 2^a, 3^a e 4^a ordem e na taxa de acumulação de massa seca, no município de Serra Talhada – PE, durante o período de Jan-2017 a Jul-2018.

Figura 4. Valores médios de duração da fenofase, taxa de emissão de cladódios e taxa de crescimento absoluto de clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE, durante o período de Jan-2017 a Jul-2018.

Figura 5. Relação benefício custo de clones de palma forrageira irrigada destinada para venda como forragem e para venda do cladódio como semente, no município de Serra Talhada – PE.

GALVÃO NETO, OLÍMPIO LOPES DE ARROXELLAS. DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DA PALMA FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Recife-PE

Autor: Olímpio Lopes de Arroxellas Galvão Neto

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

RESUMO

As características edafoclimáticas do Semiárido brasileiro afetam diretamente as atividades agropecuárias da região. Nesta conjuntura associado a eventos de seca prolongadas, autonomia hídrica da agricultura de sequeiro fica comprometida e a irrigada é normalmente conduzida a partir de recursos hídricos de qualidade não ideal para agricultura. Mesmo a palma seja uma espécie bem adaptada ao semiárido e tolerante ao estresse hídrico, a produtividade anual pode ser maximizada com o uso da irrigação. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar os desempenhos agronômico e bioeconômico de clones tradicionais (IPA, MIU e OEM) e negligenciados (OEA, V19 e F24) de palma forrageira sob irrigação com água salobra. A pesquisa foi realizada na área experimental do “Centro de Referência Internacional de Estudos de Agrometeorologia de Palma e outras Plantas Forrageiras”, localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Os tratamentos foram compostos pelos clones de palma forrageira irrigada, dispostos em blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 18 parcelas experimentais. Os desempenhos agronômico e bioeconômico dos clones de palma foram avaliadas por meio de medidas morfo-fenológicas e momento de corte ideal; produtividade, crescimento e bromatologia e, retorno econômico. Estes dados foram submetidos à análise de variância mediante teste F em 0,05 de probabilidade. Dentre as principais conclusões destaca-se que o clone OEA obteve a maior produtividade de matéria fresca em toneladas por hectare e obteve a maior relação benefício custo quando destinado a venda de forragem para alimentação de animais.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro, *Nopalea*, forragem.

ABSTRACT

The soil and climatic characteristics of the Brazilian semi-arid region directly affect the agricultural activities of the region. In this conjuncture associated with prolonged drought events, the water autonomy of the rainfed agriculture is compromised and the irrigated one is usually conducted from water resources of quality not ideal for agriculture. Even if the palm is a species well suited to the semiarid and tolerant to water stress, the annual productivity can be maximized with the use of irrigation. The objective of this work was to evaluate the agronomic and bioeconomic performance of traditional clones (IPA, MIU and OEM) and neglected (OAS, V19 and F24) of forage palm under irrigation with brackish water. The research was carried out in the experimental area of the "International Reference Center for Agrometeorology Studies of Palma and other Forage Plants", located at the Federal Rural University of Pernambuco, at the Academic Unit of Serra Talhada. The treatments were composed of clones of irrigated forage palm, arranged in randomized blocks, with three replications, totaling 18 plots experimental. The agronomic and bioeconomic performances of the palm clones were evaluated by means of morpho-phenological measurements and an ideal cut-off point; productivity, growth and bromatology, and economic return. These data were submitted to analysis of variance by means of an F test in 0.05 probability. Among the main conclusions, it is worth highlighting that the OAS clone obtained the highest productivity of fresh matter in tons per hectare and obtained the highest cost-benefit ratio when destined to the sale of animal feed.

Key words: Brazilian semi-arid, *Nopalea*, forage.

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

Os produtores rurais das regiões semiáridas do Brasil estão constantemente enfrentando problemas devido à escassez hídrica. É comum entre os produtores a busca pela segurança alimentar dos seus rebanhos, logo, se faz imprescindível a formação de reservas estratégicas de alimentos para a suplementação dos animais nas épocas críticas. A palma é capaz nessas épocas de proporcionar alimento verde e de reduzir consideravelmente parte das necessidades de águas dos rebanhos (LIRA, 2017).

O Nordeste brasileiro é detentor dos maiores rebanhos nacionais de caprinos e ovinos, evidenciando sua expressividade no segmento da pecuária. Segundos dados do IBGE (2017b), no Brasil, o rebanho de caprinos corresponde a 9.614.722 milhões e o de ovinos 18.410.551, destes 91,6% e 57,5%, respectivamente, encontram-se na região nordeste.

Principalmente nas regiões onde o déficit hídrico e altas temperaturas são traços principais do clima, a palma forrageira é um recurso de alta valia como ferramenta de sustentabilidade das atividades agropecuárias. (DUBEUX JÚNIOR et al, 2015; PEIXOTO et al, 2018). A palma forrageira é uma espécie que apresenta aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, sendo bem adaptada às circunstâncias adversas do semiárido, tolerando prolongados períodos de estiagem. A presença da palma no regime alimentar na época de seca proporciona aos animais um suprimento hídrico de parte da água necessária do corpo (SILVA e SANTOS, 2006; RAMOS et al, 2015).

A oferta irregular de forragem é um dos grandes problemas da pecuária do semiárido brasileiro que causa um grande prejuízo a este segmento da economia. Na época das chuvas, a disponibilidade de forragem pode atingir níveis qualitativos e quantitativos satisfatórios, entretanto, no período de seca, que corresponde a maior parte do ano, além da escassez de pasto, o seu valor nutricional é reduzido, comprometendo a produção de carne e leite. Os sucessivos aparecimentos de eventos de secas prolongadas fazem da cultura da palma forrageira um alimento classificado como estratégico para essas épocas, quando o desenvolvimento de outras culturas forrageiras é comprometido principalmente pelo baixo índice pluviométrico (SILVA & SANTOS, 2006; ALMEIDA, 2012).

O rendimento da palma forrageira é influenciado através dos atributos morfológicos. Uma característica importante é a fenologia, que compreende os

diferentes estádios visíveis da planta (Amorim et al., 2017). O conhecimento do comportamento das cultivares da palma em relação ao ciclo fenológico, isto é, quantidade e duração das fases fenológicas, ajuda no manejo das culturas (Pezzopane et al., 2007 e 2009).

A dinâmica do crescimento da palma forrageira é inerente às suas espécies e respectivas cultivares, bem como a capacidade de adaptação e as condições do ambiente (Silva et al., 2015). Pinheiro et al. (2014) e Silva et al. (2014) relataram uma relação positiva de várias variáveis de crescimento com rendimento de palma forrageira. Portanto, a morfogênese está associada à taxa de matéria seca acumulada, que pode ser usada para analisar o tempo de corte ideal para a cultura.

Desde a introdução da palma no Brasil até a última década, as áreas de cultivo desta cactácea eram ocupadas basicamente pela *Opuntia ficus-indica* Mill (Cultivares Gigante e Redonda) e a *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (Miúda), entretanto, diante do ataque do *Dactylopius opuntiae* a cochonilha-do-carmim, inúmeros palmais de *Opuntia ficus-indica* foram extintos, por ser essa espécie altamente susceptível a referida praga. Portanto, as cultivares *Opuntia stricta* (Haw). Haw (Orelha de Elefante Mexicana) e *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (IPA Sertânia) ambas resistentes a cochonilha-do-carmim obtiveram destaque (LOPES et al, 2010; SANTOS et al., 2013). Comumente, essas cultivares são cultivadas em condições de sequeiro, principalmente em função da sua boa adaptabilidade às condições do semiárido, muito devido as suas características morfofisiológicas. Todavia, as mudanças interanuais e sazonais das condições do ambiente, bem como o manejo adotado, ao longo ciclo produtivo podem provocar mudanças no crescimento e desenvolvimento da planta (SILVA et al, 2015)

De acordo com Lima et al. (2016) na época seca devido a déficit hídrico, altas temperaturas e baixa umidade do ar, as plantas de palma forrageira murcham em decorrência da perda excessiva de água. Scalise et al. (2016) ao estudarem a dinâmica do crescimento de palma forrageira, mostraram que em lugares onde a disponibilidade hídrica foi regular durante o ciclo, foi obtido boa resposta do crescimento dos cladódios. Entretanto, houve uma diminuição na taxa de crescimento e no tamanho dos cladódios em situações de longos períodos de seca.

Ações contínuas de planejamento permitem a estabilidade das atividades agrícolas. Práticas como adoção de clones de palma mais adaptados em associação com eventos de irrigação, embora a palma forrageira seja uma espécie bastante tolerante ao

déficit hídrico, a produtividade anual pode ser maximizada com o uso da irrigação, ainda que com água salobra (FREIRE, 2012; DANTAS, 2015).

1.2. Semiárido brasileiro

O SAB possui uma extensão total de 982.563,3 km². Dessa área, a região Nordeste concentra em torno de 89,5%, abrangendo a maioria dos estados nordestinos, com a exceção do Maranhão, e o Estado de Minas Gerais, situado na Região Sudeste, possui os 10,5% restantes. A Região Semiárida foi delimitada com base na isoietas de 800 mm, no Índice de Aridez de Thorntwaite de 1941 (municípios com índice de até 0,50) e no Risco de Seca (superior a 60%) (IBGE, 2017a).

A penúltima delimitação do SAB foi em 2005, além dos 1.031 municípios já incorporados, outros 102 municípios passaram a fazer parte da delimitação. Aumentando a área de 892.309,4 km² para 969.589,4 km², de acordo com o Ministério da Integração (2005). Com a mais recente delimitação do SAB, o novo mapa do semiárido brasileiro passou a ter 1.189 cidades em nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Juntos, esses municípios concentram uma população superior a 25 milhões de habitantes numa região marcada pela irregularidade de chuvas e alto índice de aridez (MIN, 2017).

O SAB configura conjunturas adversas do ambiente para o manejo de animais ruminantes na maior parte do ano. Principalmente devido à ausência de pastagens naturais de qualidade nutricional para perfazer a necessidade alimentar dos animais. Os padrões irregulares de distribuição de chuvas com baixos índices ao longo do ano, associados com a alta demanda atmosférica e a baixa capacidade de retenção de água dos solos dessas áreas devido às características físicas, compõem um conjunto de fatores que manifestam as dificuldades enfrentadas pelas comunidades rurais (ALMEIDA, 2012).

A região semiárida corresponde cerca de 10% do território nacional e grande parte da região nordestina, onde apresenta características edafoclimáticas como presença de solos rasos, pedregosos, com baixa capacidade de armazenamento de água e configuração de regime de chuvas durante três a cinco meses do ano. Tal caracterização do SAB associado a deficiência em assistência técnica, ao baixo nível de escolaridade e a ausência de políticas públicas eficientes voltadas para a região são os fatores

dominantes que causam os baixos índices de desenvolvimento humano (SANTOS, 2013).

1.3. Palma forrageira

1.3.1. Principais cultivares

Segundo Menezes et al. (2005) as palmas dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são atualmente cultivadas e desenvolvidas no mundo toda originária da América Central. A introdução da palma no Brasil é um pouco incerta, mas provavelmente foi durante o período de colonização para a produção da cochonilha do carmim com o fim de obtenção de corante natural chamado carmim. No início, o valor forrageiro da palma não foi reconhecido no Nordeste, só despertando o interesse para este fim em Pernambuco e Alagoas em 1902 (LIRA et al.; SILVA & SANTOS, 2006).

A palma forrageira pertence à família das cactáceas, com 178 gêneros e cerca de 2000 espécies conhecidas. Na região nordestina do Brasil foram bastante difundidos três diferentes tipos de palma forrageira de gênero *Opuntia* a Gigante, considerada a mais produtiva e resistente a seca e a Redonda pouco menos produtiva, material mais tenro e palatável que a palma Gigante e, de gênero *Nopalea* a Miúda, comparada a Gigante e a Redonda é mais nutritiva e palatabilidade elevada, entretanto apresenta menor resistência a seca. (SILVA e SANTOS, 2006).

Um dos fatores mais limitantes para produção e desenvolvimento da palma forrageira é o aspecto fitossanitário. Doenças adversas atacam diferentes cultivares da palma, porém, ataques por fungos e bactérias comumente não causam consequências de prejuízos extremos. Todavia, as pragas, com destaque para cochonilha do carmim, são os causadores de redução de produtividade e até dizimação de palmais (LIRA et al, 2017).

Essa praga surgiu no final do século vinte e várias foram as tentativas utilizadas para seu controle, dentre elas, o uso de produtos naturais e de inseticidas. As respostas às pesquisas eram sempre satisfatórias, contudo, não surgiam efeitos práticos, provavelmente pelo inadequado sistema de plantio e o manejo da palma, associado aos custos de uso das pulverizações e a dificuldade de água nas propriedades. Com isso o controle ficava cada vez mais difícil e a cochonilha continuava a avançar para novas áreas (SANTOS et al., 2013)

Também, o controle químico, por seu elevado custo e suas possíveis implicações ambientais, torna-se difícil, principalmente em virtude das condições socioeconômicas

dos pequenos produtores rurais. Dessa forma, a melhor alternativa de cultivo para a palma em regiões atacadas por esse inseto é o plantio de clones resistentes. Essa alternativa destaca-se como estratégia ideal de controle de pragas, pois sua utilização reduz a população do inseto a níveis toleráveis; tem efeito cumulativo e persistente; não é poluente; não acarreta ônus ao sistema de produção e não exige conhecimentos específicos dos agricultores para sua utilização (VASCONCELOS et al., 2009; LOPES et al., 2010)

Com a incidência da praga da cochonilha do carmim, tem ocorrido modificações nos palmais existentes. O clone Miúda continua a ser um dos principais cultivados, principalmente por apresentar resistência à cochonilha do carmim. Recentemente, tem-se estudado outros clones que se mostram com elevado potencial para cultivo em áreas de ocorrência da cochonilha do carmim e utilização na alimentação animal, tanto de bovinos, quanto de caprinos e ovinos. Entre estes, estão a Orelha de Elefante Mexicana, a IPA Sertânia e a Orelha de Elefante Africana (SANTOS et al., 2013). A última é dotada de muitos espinhos e se encontra em processo de melhoramento para reduzir a incidência desta característica indesejável.

Vasconcelos et al. (2009) e Lopes et al. (2010) avaliaram a resistência de clones de palma forrageira a cochonilha do carmim. Verificaram em seus trabalhos que as variedades Redonda e Gigante são bastantes sensíveis ao ataque da cochonilha do carmim, demonstrando uma fragilidade na segurança alimentar de forragem em caso de disseminação da doença, mesmo sendo reconhecidamente mais resistentes à seca e mais produtivas em relação Miúda. Também verificaram que clones como Miúda, Orelha de Elefante Mexicana, Orelha de Elefante Africana são resistentes a praga.

Entre os genótipos resistentes à cochonilha do carmim, a palma orelha de elefante mexicana tem se destacado como um dos mais produtivos no estado de Pernambuco. O estudo, no município de Serra Talhada, apresentado por SILVA et al. (2015) compararam o crescimento e a produtividade em condição de sequeiro dos clones IPA Sertânia, miúda e orelha de elefante mexicana, resistentes a cochonilha do carmim. Os autores verificaram, com dois anos após o plantio, que a orelha de elefante superior (163 t MF ha⁻¹) a miúda (117 t MF ha⁻¹) e IPA Sertânia (124 t MF ha⁻¹), quanto a produção de massa verde, porém, não foi observada diferença significativa quanto a produção de massa seca (15,6 para orelha de elefante; 11,5, miúda; e 10,7 t MS ha⁻¹, IPA Sertânia). Os autores do estudo, verificaram ainda que a IPA Sertânia foi o

clone com maior mortalidade de plantas (10,4%) em relação ao estande inicial, seguido da miúda (4,4%) e a orelha de elefante mexicana com a menor taxa, de apenas 1,0 %.

1.3.2. Aspectos Morfofisiológicos

Oliveira et al. (2010) citam que a palma forrageira se adaptou com uma certa facilidade ao SAB. A adaptabilidade as condições do ambiente semiárido, diz respeito ao fato das plantas serem dotadas de mecanismos fisiológicos que a tornam uma das plantas mais adaptadas às condições edafoclimáticas de regiões semiáridas.

A palma apresenta o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC). O metabolismo MAC está na sua maioria das vezes associado às características anatômicas que minimizam a perda de água, tais como cutículas espessas, baixa razão superfície /volume, vacúolos grandes e, reduzidos tamanho e frequência da abertura dos estômatos. A eficiência no uso da água também está atrelada a absorção do CO₂ no período noturno, quando os estômatos abrem tendo uma temperatura do ambiente reduzida, que fica armazenado temporariamente na forma de ácido málico e, a transformação deste em biomassa durante o dia na presença da luz do sol, sem trocas gasosas, quando os estômatos fecham. Assim, diminuindo as perdas de água por transpiração (TAIZ e ZEIGER, 2009).

As cutículas espessas tornam-se quase que impermeáveis, uma vez que garante a manutenção do equilíbrio hídrico, armazenando água no interior da planta, protegendo contra o ataque de insetos e microrganismos, reduzindo a temperatura interna e controlando a entrada e saída de gás carbônico e oxigênio (ROCHA, 2012).

De acordo com Silva e Santos (2006), a palma é bastante rica em água, mucilagem e resíduo mineral, apresenta alta digestibilidade da matéria seca e uma boa produtividade. Isto faz com que a palma seja frequentemente utilizada como maior parte do alimento fornecido aos animais durante o período sem chuvas nas regiões semiáridas do Brasil. Durante décadas ela foi utilizada dessa forma, como suplemento alimentar para os ruminantes nos períodos de estiagem no SAB, todavia, vem se tornando um alimento imprescindível no regime alimentar de bovinos, caprinos e ovinos, independente da época do ano, devido a fatores como a palma ser uma planta perene com grande teor de água em seus tecidos e de nutrientes digestíveis totais na matéria seca (SANTOS et al, 2013).

1.4. Uso da Irrigação

Com o intuito de aumentar a produção de palma forrageira, um dos focos dos estudos tem tomado, no âmbito atual, a prática de irrigação. Entretanto, o uso da irrigação para a palma no SAB é insipiente e caracterizado por apresentar entraves, limitações, falta de dados sobre fenologia da palma forrageira na literatura, etc. A dimensionalização do manejo da irrigação é dificultosa, pois não se conhece com elevada precisão a exigência hídrica da cultura ao longo do seu ciclo. (QUEIROZ, 2014).

Existem muitas críticas quanto a utilização do uso da irrigação na cultura da palma, por ser uma espécie bastante adaptada ao semiárido. Mesmo que possa aparentar inadequado, a irrigação de uma cultura classificada como xerófila e custos elevados de implantação da tecnologia, alguns estudos preliminares alcançados podem ser apontados como inovadores em termos de plantios superadensados (ROCHA, 2012).

As plantas MAC se desenvolvem em regiões áridas e semiáridas, conseguem realizar fotossíntese ainda com baixa disponibilidade de água. Apresentam a assimilação do carbono mais devagar quando comparadas com as plantas de metabolismo C3, entretanto, a abertura estomática das plantas MAC durante a noite possibilita maior eficiência no uso da água tornando possível a continuidade da fotossíntese em períodos de secas prolongadas. Portanto, uma pequena quantidade de água pode causar respostas produtivas positivas na palma, uma vez que ao se dispor de um sistema de irrigação, mesmo que a quantidade de água não alcance os requerimentos da cultura (LIRA et al., 2017)

Nas condições climáticas de déficit hídrico, altas temperaturas e baixa umidade do ar, as plantas de palma forrageira murcham em decorrência da perda excessiva de água e podem até morrer. Nobel (2001) mostra baixos rendimentos nessas condições, pois a captação atmosférica diária máxima de CO₂ na palma ocorre quando as temperaturas do ar diurna e noturna apresentam respectivamente, médias de 25° C e 15° C. Essa captação se reduz em 60% em relação ao valor máximo, quando as médias se elevam para 35° C e 25° C. Essas temperaturas diurnas e noturnas são muito comuns no período seco de várias regiões do sertão nordestino. Esse quadro tem sido revertido quando se implanta a irrigação, mesmo utilizando quantidades mínimas de água, como

por exemplo, num sistema de gotejamento, tornando-se uma opção tecnológica para essas localidades (LIMA et al, 2015).

A produtividade da palma forrageira é bastante variável, para cada manejo de corte, para cada cultivar, tratos culturais, sistema de cultivo, etc. Estudos realizados em Caruaru e Arcoverde – PE, avaliando o rendimento da palma forrageira, com dois anos de cultivo, obteve produtividade de matéria fresca de 320 t ha⁻¹ para densidade de 40 mil plantas ha⁻¹, 240 t ha⁻¹ para população de 20 mil plantas ha⁻¹ e 104 t ha⁻¹ para densidade de 5 mil plantas ha⁻¹ (Lira et al., 2017). Donato et al. (2013), estudando a morfometria e rendimento de palma forrageira sob diferentes densidades de plantios e doses de adubação em sistema de sequeiro, obteve máxima produção de matéria seca (21,8 t ha⁻¹) quando aplicado 71,8 t ha⁻¹ de esterco com 600 dias após o plantio. Ramos et al (2015), também avaliou a produtividade da palma forrageira em condição de sequeiro, sob diferentes manejos de colheita e níveis de esterco. Obtiveram, por exemplo, com dois anos de cultivo, produção de matéria fresca de 400,27 t ha⁻¹ e matéria seca de 29,49 t ha⁻¹ para a o maior nível de aplicação de esterco.

Lima et al (2016) avaliando características morfológicas e produtividade da palma forrageira com densidade de 50 mil plantas há⁻¹ em condição irrigada e, sob diferentes intensidades de corte e dois anos de colheita, obtiveram resultados para produtividade de matéria seca para o primeiro ano de colheita de 19,64 t ha⁻¹ ano⁻¹ e no segundo ano de colheita de 34,71 t ha⁻¹ ano⁻¹. Queiroz et al (2015) avaliaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a morfofisiologia e desempenho produtivo da palma, com densidade de 15.625 plantas ha⁻¹ e, obtiveram os valores médios para a matéria fresca e seca de 131,16 e 8,18 t ha⁻¹ respectivamente, em 380 dias de ciclo.

No Estado de Pernambuco, Bezerra et al. (2015) estudaram a demanda de água de irrigação da palma forrageira em diferentes cenários climáticos, a partir de dados de postos meteorológicos e verificaram que a evapotranspiração anual da cultura simulada para o cenário atual (dados históricos de 1961 a 1990) foi de 874,24 mm ano⁻¹, e que a necessidade hídrica bruta para atender a demanda de água da palma, assumindo a precipitação pluviométrica efetiva no cenário atual (média de 650 mm ano⁻¹), foi de 230,15 mm, ou seja, em média, esse é o valor que deve ser repostado via irrigação. No cenário atual, a necessidade hídrica bruta da palma para o estado de Pernambuco concentrou-se na faixa de 250 e 300 mm. Queiroz et al. (2015) verificaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação (976, 1048, 1096, 1152, 1421 mm, ao final do ciclo) sobre a morfofisiologia e desempenho produtivo da palma forrageira cultivada no

semiárido, indicando tendência de que as lâminas na faixa entre 1048 a 1096 mm, em base anual, promoveram melhores respostas da cultura.

A irrigação pode viabilizar o plantio de palma forrageira em áreas com baixa adaptação à cultura; permitir o plantio em diferentes épocas do ano, com produção de forragem mesmo nos períodos climáticos atípicos, como o ocorrido no ano de 2012 no Nordeste brasileiro; pode possibilitar colheitas mais precoces, frequentes e mais produtivas (LIRA et al., 2017).

É importante salientar que a quantidade de água a ser aplicada pode ser determinada em função das condições meteorológicas e de características do solo. Esta metodologia, que busca definir a lâmina de água com base na evapotranspiração de referência, é utilizada em diversos trabalhos, a qual apresenta resultados satisfatórios no incremento da produção de culturas agrícolas. A partir dos dados de evapotranspiração da cultura, é possível determinar o consumo total de água requerida pela planta, auxiliando na decisão de quando e quanto irrigar. Esta informação contribui com o planejamento agrícola, mediante o incremento da produtividade de culturas e aumento dos lucros, de modo a reduzir os custos com consumo hídrico e energético (SILVA et al., 2011; COSTA et al., 2012).

O abastecimento de água no SAB é crítico. Em algumas ocasiões tem a presença do recurso hídrico no aspecto quantitativo, mas escasso no aspecto qualitativo. A utilização das fontes de recursos hídricos salinos e salobros é uma possibilidade para mitigar a crise de abastecimento de água. Com relação à qualidade da água a ser utilizada, merece destaque o fato da palma forrageira apresentar tolerância ao cultivo com água de baixa a média salinidade, sem apresentar quedas expressivas de rendimento (MORAIS, 2016).

Freire (2012) avaliou a influência da frequência de irrigação e da salinidade do solo sobre o desenvolvimento e composição química da palma Miúda. O experimento constou níveis de salinidade da água de 0,3 (testemunha); 0,5 (baixa); 1,5 (média) e 3,6 (alta salinidade) (dS/m), associados a quatro frequências de irrigação (7, 14, 21 e 28 dias). O nível de salinidade de 3,6 dS m⁻¹, frequência de irrigação de 7 dias proporcionaram condutividade elétrica do solo maior e plantas de palma com maior percentual de danos e menor produtividade, indicando assim sensibilidade da palma a alta salinidade.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo Geral

Avaliar os desempenhos agronômicos e bioeconômicos de clones tradicionais Orelha de Elefante Mexicana (OEM)/IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA Sertânia (IPA)/IPA-200205 (*Nopalea cochenillífera* (L.) Salm-Dyck) e Miúda(MIU)/IPA-100004 (*Nopalea cochenillífera* (L.) Salm-Dyck) e negligenciados Orelha de Elefante Africana (OEA)/IPA-200174 (*Opuntia undulata* Griffiths), F-24/IPA-200024 (*Nopalea* sp.) e V-19 (*Opuntia* sp.) de palma forrageira sob irrigação com água salobra.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a morfologia, fenologia, momento de corte, desempenho produtivo e a qualidade de forragem de clones tradicionais e negligenciados;
- Analisar o benefício-custo do sistema de produção de cada clone.

1.6. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no Semiárido Brasileiro. Revista Verde (Mossoró – RN), v. 7, n. 4, p. 08-14, out-dez, 2012.

AMORIM, Danielle Morais et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

BEZERRA, S. A. F. et al. Demanda hídrica bruta da palma forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, n.6, p.16281643, 2015.

COSTA, F. S. et al. Crescimento, produtividade e eficiência no uso da água em bananeira irrigada no semiárido paraibano. Revista Caatinga, v. 25, p.26-33, 2012.

DANTAS, F. D. G. Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido. Macaíba, RN, 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DE FARIAS RAMOS, João Paulo et al. Effects of harvest management and manure levels on cactus pear productivity. Revista Caatinga, v. 28, n. 2, p. 135-142, 2015.

DUBEUX JR, J. C. B. et al. Forage potential of cacti on drylands. In: VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal 1067. 2013. p. 181-186.

FREIRE, J. de L. Avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) sob irrigação e salinidade. Recife, PE, 2012. xvi, 85 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9802-ppm-rebanho-bovino-alcanca-a-marca-recorde-de-215-2-milhoes-de-cabecas-mas-producao-de-leite-cai-0-4.html>>. Acesso em 05 de novembro de 2017b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiario.shtm?c=4>>. Acesso em 28 de outubro de 2017a.

LIMA, GUILHERME FERREIRA DA COSTA et al. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. *Revista Caatinga*, v. 29, n. 2, p. 481-488, 2016.

LIRA, M. de A. et al. *Cadernos do Semiárido: Riquezas e Oportunidades*, Recife, n. 7, p. 19-72, dez./jan. 2017.

LIRA, M.A. et al. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) - ênfase em manejo. *Anais XVI Congresso Brasileiro de Zootecnia*, Recife, Pernambuco, 2006.

LOPES, E. B. et al. Cultivo da Palma forrageira. In: LOPES, E.D. (Org.) *Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino*, João Pessoa: EMEPA, 2012. p. 21-60.

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 - Espírito Santo do Pinhal*, v. 7, n. 1, p. 204-215, jan./mar. 2010.

MIN - Ministério da Integração Nacional. Disponível em :<http://www.mi.gov.br/web/guest/ultimas-noticias/-/asset_publisher/ZSVIyvix09vib/content/delimitacao-do-semiarido-mantem-formacao-atual-e-inclui-54-novos-municipios?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mi.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fultimas-

noticias%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_ZSVIyvX09vib%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3D_118_INSTANCE_85Xqp1E2o2IT__column-2%26p_p_col_count%3D1>. Acesso em 03 de novembro de 2017.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL-MIN. Nova delimitação do Semiárido Brasileiro. Brasília, DF, 32p, 2005.

MORAIS, J. E. F. de. Evapotranspiração real efetiva e indicadores agrometeorológicos e econômicos em cultivo de palma forrageira irrigada. Serra Talhada, PE, 2016. 81 f.:il. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

NOBEL, P. S. Biologia Ambiental, Agroecologia, Cultivo e Utilizações da Palma Forrageira. Iglesias, P. Barbera, G. Barrios, EP (Ed.) Agroecologia, Cultivo e Utilizações da Palma Forrageira, Roma, FAO, p. 36-48, 2001.

OLIVEIRA, F. T. et al. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. Revista Verde. Mossoró, RN - v.5, n.4, p. 27 - 37 outubro/dezembro de 2010.

PEIXOTO, M. J. A. et al. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. Archivos de zootecnia, v. 67, n. 257, p. 35-39, 2018.

PEZZOPANE, Cristiana de et al. Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica. Ciência Rural, v. 39, n. 3, 2009.

PEZZOPANE, José Ricardo Macedo et al. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Ana'. 2007.

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.

QUEIROZ, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana, no Semiárido brasileiro. Viçosa, MG, 2014. xv, 67f. : il; 29cm. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.

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.

- ROCHA, J. E. DA S. Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte. Sobral, CE. Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012.
- SANTOS, D. C. et al. Estratégias para Uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e s Uso Sustentável das Espécies Nativas. Rev. Cient. Prod. Anim., v.15, n.2, p.111-121, 2013.
- SCALISI, Alessio et al. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. Environmental and Experimental Botany, v. 122, p. 158-167, 2016.
- SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma Forrageira (*Opuntia Ficus - Indica* Mille) como alternativa na alimentação de ruminantes. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. VII, núm. 10, outubro 2006, pp. 1-13.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. Agrária, v.9, n.4, p.633-641, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4. ed. - Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.; 28cm.
- VASCONCELOS, A. G. V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à conchonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.5, p.827-831, 2009.

CAPÍTULO II
DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DE PALMA
FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO CULTIVADA NO SEMIARIDO
BRASILEIRO

DESEMPENHO AGRONÔMICO E BIOECONÔMICO DE PALMA
FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO CULTIVADA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO

Resumo

Embora a palma forrageira seja uma espécie bastante tolerante ao estresse hídrico, a produtividade anual pode ser maximizada com o uso da irrigação. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar os desempenhos agronômico e bioeconômico de palma forrageira sob irrigação com água salobra. Os tratamentos foram compostos pelos clones de palma forrageira irrigada, dispostos em blocos ao acaso, com três repetições. Os desempenhos agronômico e bioeconômico dos clones de palma foram avaliadas por meio de medidas morfo-fenológicas e momento de corte; produtividade e qualidade de forragem e, retorno econômico. Estes dados foram submetidos à análise de variância mediante teste F em 0,05 de probabilidade. Os estados fenológicos bem como o momento de corte ideal para os clones de palma forrageira foram bem definidos, por exemplo, o clone V19 e MIU apresentou quatro fenofases. Quanto ao rendimento

produtivo, a OEA obteve destaque e o clone MIU apresentou maior relação benefício custo quando a forragem destinada para venda de semente.

Palavras-chaves: irrigação, *Opuntia*, retorno econômico

AGRONOMIC AND BIOECONOMIC PERFORMANCE OF PALMA FORRAGEIRA UNDER IRRIGATION CULTIVATED IN BRAZILIAN SEMIARID

Abstract

Although forage palm is a fairly tolerant species to water stress, annual productivity can be maximized with the use of irrigation. The objective of this work was to evaluate the agronomic and bioeconomic performances of forage palm under irrigation with brackish water. The treatments were composed of clones of irrigated forage palm, arranged in randomized blocks, with three replicates. The agronomic and bioeconomic performances of the palm clones were evaluated by means of morpho-phenological measurements and cut-off time; productivity and forage quality, and economic return. These data were submitted to analysis of variance by means of an F test in 0.05 probability. The phenological states as well as the optimal cut-off time for the forage palm clones were well defined, for example clone V19 and MIU presented four phenophases. As for the productive income, the OAS was highlighted and the MIU clone presented a higher cost-benefit ratio when the fodder destined for sale of seed.

Keywords: irrigation, *Opuntia*, economic return.

INTRODUÇÃO

As atividades agropecuárias no Semiárido Brasileiro são constantemente afetadas pelas características edafoclimáticas da região. Medidas emergenciais devem ser adotadas para minimizar os seus efeitos. Neste cenário associado a eventos de secas prolongadas, a autonomia hídrica da agricultura de sequeiro fica comprometida e a irrigada é comumente conduzida a partir de recursos hídricos marginais, ou seja, de qualidade não apropriada para agricultura. Embora a palma forrageira seja uma espécie bastante tolerante ao déficit hídrico, a produtividade anual pode ser maximizada com o

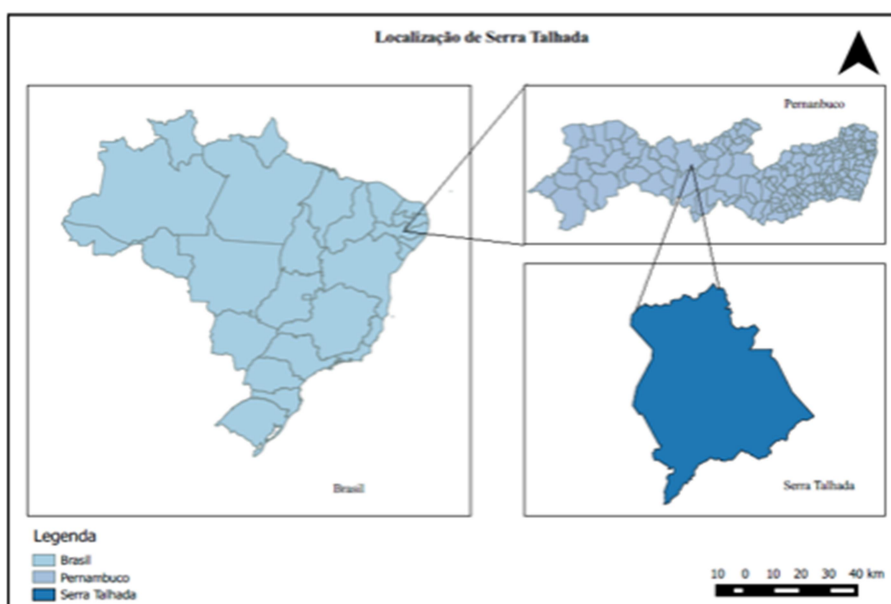
uso de irrigação. Grande quantitativo de estudos de palma forrageira irrigada concentra-se no Nordeste, com pesquisas realizadas em estados como Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará (Queiroz et al., 2015, Santos et al., 2013).

No Brasil, as experimentações foram amplamente conduzidas com os clones Orelha de Elefante Mexicana (OEM)/IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA Sertânia (IPA)/IPA-200205 (*Nopalea cochenillífera* (L.) Salm-Dyck) e Miúda (MIU)/IPA-100004 (*Nopalea cochenillífera* (L.) Salm-Dyck) resistentes à cochonilha do Carmin (*Dactylopius opuntiae*). Os desempenhos destes clones irrigados foram citados por Pereira et al. (2015) e Lima et al. (2016). Todavia, outros clones com características morfológicas e hábitos de crescimento distintos destes últimos podem se despontar em condições sob irrigação. Exemplo disto, os clones Orelha de Elefante Africana (OEA) /IPA-200174 (*Opuntia undulata* Griffiths), F8/IPA-20008 (F8) (*Nopalea* sp.) e V19/IPA-200149 (V19) (*Opuntia* sp.) são citados na literatura com diferentes crescimento e produção de biomassa (Silva et al., 2014a).

METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido na área experimental do “*Centro de Referência Internacional de Estudos de Agrometeorologia de Palma e outras Plantas Forrageiras*”, localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - PE (7°59'20''S; 38°15'31''O; 431 m) microrregião do Vale do Pajeú. O clima da região é do tipo BShw', segundo a classificação de Köppen (1936) citado por Alvares et al. (2014), com o período chuvoso (janeiro a maio) compreendido entre o verão e o outono, e os meses mais secos, entre o inverno e primavera. A precipitação pluviométrica e a evapotranspiração de referência climatológicas são 667 mm ano⁻¹ e 2232 mm ano⁻¹, segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). O solo foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos). A área experimental foi implantada em dezembro de 2016, após realização de aragem, gradagem e sulcagem do solo.

Figura 1. Localização do Município de Serra Talhada.



Fonte: ALVES (2016)

Os clones Orelha de Elefante Mexicana (OEM) IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA Sertânia (IPA) IPA-200205 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (MIU)/IPA-100004 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck, Orelha de Elefante Africana (OEA) IPA-200174 (*Opuntia undulata* Griffiths), V19 (V19) IPA-200149 (*Opuntia* sp.) e F8 (F8) (IPA-200008) (*Nopalea* sp) foram plantados no espaçamento de 1,2 por 0,2 m, equivalente a uma densidade de 41.667 plantas ha⁻¹, com 50% dos cladódios enterrados no solo. Durante o período experimental foram realizados tratamentos culturais para o controle de doenças e plantas daninhas. A adubação química foi feita a cada três meses, com aplicação de 50 kg ha⁻¹ da formulação 14-00-08 NPK de acordo com a recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA.

A implantação do sistema de irrigação por gotejamento foi realizada com gotejos espaçados a cada 0,20 m, vazão de 1,97 L h⁻¹ à pressão de 1,0 atm, e coeficiente de uniformização da aplicação de água igual a 92,9%. A água utilizada foi proveniente do

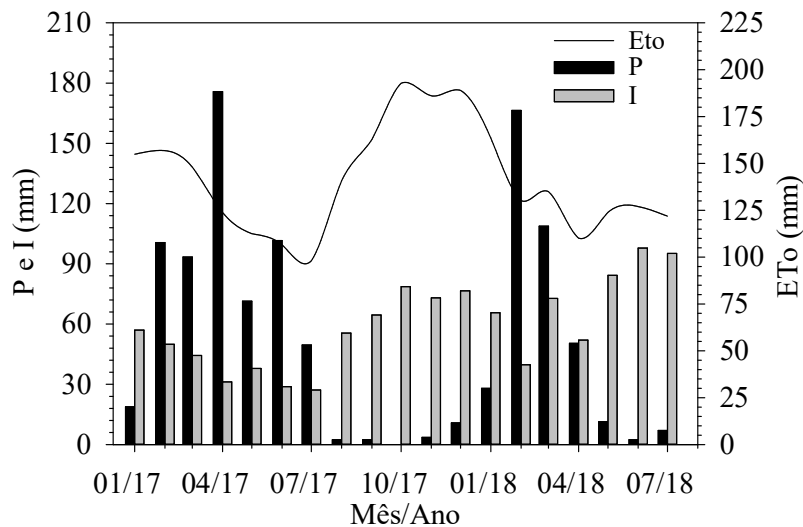
poço artesiano e apresentou condutividade elétrica da água média de 1,51 dS m⁻¹, com concentração média de sódio e potássio de 168,66 mg L⁻¹ e 28.17 mg L⁻¹ respectivamente. Os eventos de irrigação eram feitos três vezes na semana. Para aplicação da lâmina de irrigação, foi calculado diariamente a ETo pela equação de Penman Monteith, parametrizada conforme o Boletim 56 da FAO, como demonstrado na equação 1 (ALLEN et al., 1998). O valor médio da ETo durante o experimento foi de 4,71 mm d⁻¹. A ETC foi obtida através do produto da ETo e do coeficiente de cultura (KC), considerado igual a 0,52 conforme Queiroz et al. (2016).

$$E_{To} = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \left(\frac{900}{t + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,4u_2)} \quad (1)$$

Em que, ETo = evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); Δ = declividade da curva da pressão de saturação do vapor d'água no ar (kPa °C⁻¹); Rn = saldo de radiação à superfície de cultivo (MJ m⁻² d⁻¹); G = densidade do fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² d⁻¹); t = temperatura do ar média diária (°C); u₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s = pressão de saturação do vapor d'água (kPa); e = pressão parcial do vapor d'água (kPa); γ = constante psicrométrica (kPa°C⁻¹) (ALLEN et al., 1998).

Os dados meteorológicos diários da radiação solar global, temperatura e umidade relativa média do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica, foram coletados por uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia, instalada no município de Serra Talhada - PE a 20 m da área experimental. Na estação automática, além dos dados meteorológicos coletados, registrou-se a precipitação pluviométrica. A quantidade água total recebida pelo sistema (P+I) foi de 2137 mm.

Figura 2. Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (janeiro de 2017 a julho de 2018) em área cultivada com clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE.



P (mm) – precipitação pluviométrica; I (mm) – lâmina de irrigação; ETo (mm) – evapotranspiração de referência.

Os clones de palma forrageira foram arranjados em delineamento de blocos casualizados, os tratamentos foram compostos pelos clones de palma forrageira, com três repetições. Cada parcela experimental possui três fileiras de 15 plantas, 45 plantas no total, distribuídas em uma área de 3,60 m por 3 m, das quais 13 plantas, das fileiras centrais, foram consideradas como úteis

Em intervalos mensais foram realizadas medidas morfológicas para quantificação de taxas morfogênicas e de índices morfofisiológicos. Em que resultou em 18 campanhas biométricas: 11/01/17; 15/03/17; 10/04/17; 16/05/17; 10/06/17; 15/07/17; 25/08/17; 18/09/17; 11/10/17; 15/11/17; 11/12/17; 10/01/18; 21/02/18; 19/03/18; 25/04/18; 14/05/18; 27/06/18 e 23/07/18. Estes dados foram coletados em seis plantas por tratamento (duas réplicas por repetição), totalizando 36 plantas analisadas na área experimental. Em cada planta foram registrados os valores de altura da planta (AP (cm) – superfície do solo até o cladódio mais alto da planta), largura da planta (LP (cm) parte mais larga da planta), número total de cladódios por planta (NTC) e por ordem de surgimento (NC1 – sendo aqueles que surgem do cladódio basal, NC2 – sendo aqueles que surgem dos cladódios de primeira ordem e assim por diante) até o número máximo de ordens que a planta apresentou (NC2, NC3, ..., N cladódios), também foi contabilizado, assim como, mensurado o cladódio basal até o cladódio de última ordem da ramificação representativa da planta para obtenção do comprimento do cladódio (CC(cm) – base do cladódio até seu ápice), largura do cladódio (LC(cm) – de uma extremidade a outra, na região mediana do cladódio, perímetro do cladódio (PC(cm) –

circunferência do cladódio e espessura do cladódio (EC(mm) – espessura da região mediana cladódio). As mesmas foram medidas por meio de trena, régua e paquímetro. Além disso, foi determinada a área dos cladódios (AC) utilizando modelos propostos por Silva et al. (2014b), foram calculadas as áreas dos cladódios (AC) por ordem de surgimento e por clone de palma forrageira. Posteriormente, foi feita uma média dos valores de AC por clone. O Índice de área de cladódio (IAC), em $m^2 m^{-2}$, foi obtido por meio do produto entre os valores médios de AC, em cm^2 , e o número total de cladódios da planta, e dividindo-se os seus resultados por 10000 e 0,24, referentes ao fator de conversão de cm^2 para m^2 , e a área de ocupação da planta (1,2 por 0,2 m).

A biomassa foi mensurada a cada 90 dias a partir da amostragem de plantas e cladódios representativos por parcela experimental, três plantas por tratamento, totalizando 18 plantas por amostragem. Para cada corte, foram deixados apenas os cladódios basais, seguindo os demais para a pesagem, uma vez pesados (para obtenção do peso fresco), por meio de uma balança de precisão. Dois cladódios representativos foram escolhidos de cada planta, foram pesados para obtenção do peso fresco e, posteriormente, fragmentados e acondicionados em sacos de papel, devidamente identificados e conduzidos a uma estufa de ventilação forçada a 55°C, até obter peso seco constante (biomassa seca). A relação entre os valores de peso seco e peso fresco resultou nos teores de matéria seca dos cladódios. Na ocasião da colheita (25/07/2018), foi deixado apenas o cladódio basal das plantas pertencentes a parcela útil, seguindo os demais cladódios para pesagem, obtendo-se assim o peso total da planta (kg) e depois, a estimativa da produtividade em massa fresca (MF ton. $há^{-1}$) levando em consideração a densidade final de plantas na parcela útil. Para estimativa da massa seca (MS ton. $há^{-1}$) foi considerado os valores de teor de matéria seca dos cladódios e os valores estimados de MF das plantas.

Por meio dos dados biométricos e de biomassa foram calculadas a partir da análise de regressão a taxa de emissão de cladódios e a taxa de massa seca ou de crescimento absoluto, ajustando-se modelos sigmóides no software Sigmaplot, v.14, utilizando como variável independente os graus dias acumulados (GDA - °Cdia) desde o plantio até o fim do experimento. Equações com coeficientes de determinação superiores a 0,85 foram derivados e os seus resultados permitiram determinar as taxas diárias. As taxas de crescimento determinadas da palma forrageira foram avaliadas ao longo do tempo, de modo a se estabelecer os limites das fases fenológicas e o momento de corte, com base na transição da evolução do crescimento da cultura. Para estabelecer

a fenologia da planta, o início de uma nova fase foi considerado quando a taxa de emissão do cladódio de uma determinada ordem foi superada pela taxa de emissão do cladódio da ordem subsequente, obtendo assim, a duração de cada fenofase. O momento de corte ideal para cada clone foi definido quando a taxa de massa seca fosse inferior a um quarto do pico máximo da taxa de massa seca do ciclo experimental.

A partir dos dados de biomassa foram obtidas variáveis bromatológicas como matéria seca definitiva (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), material de cinzas e minerais (MM), carboidratos totais (CT), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e lignina (LIG). Análises foram mensuradas no laboratório de Solos e Nutrição de Plantas e de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido, situada no município de Petrolina, PE. Conforme metodologia descrita em Silva e Queiroz (2002).

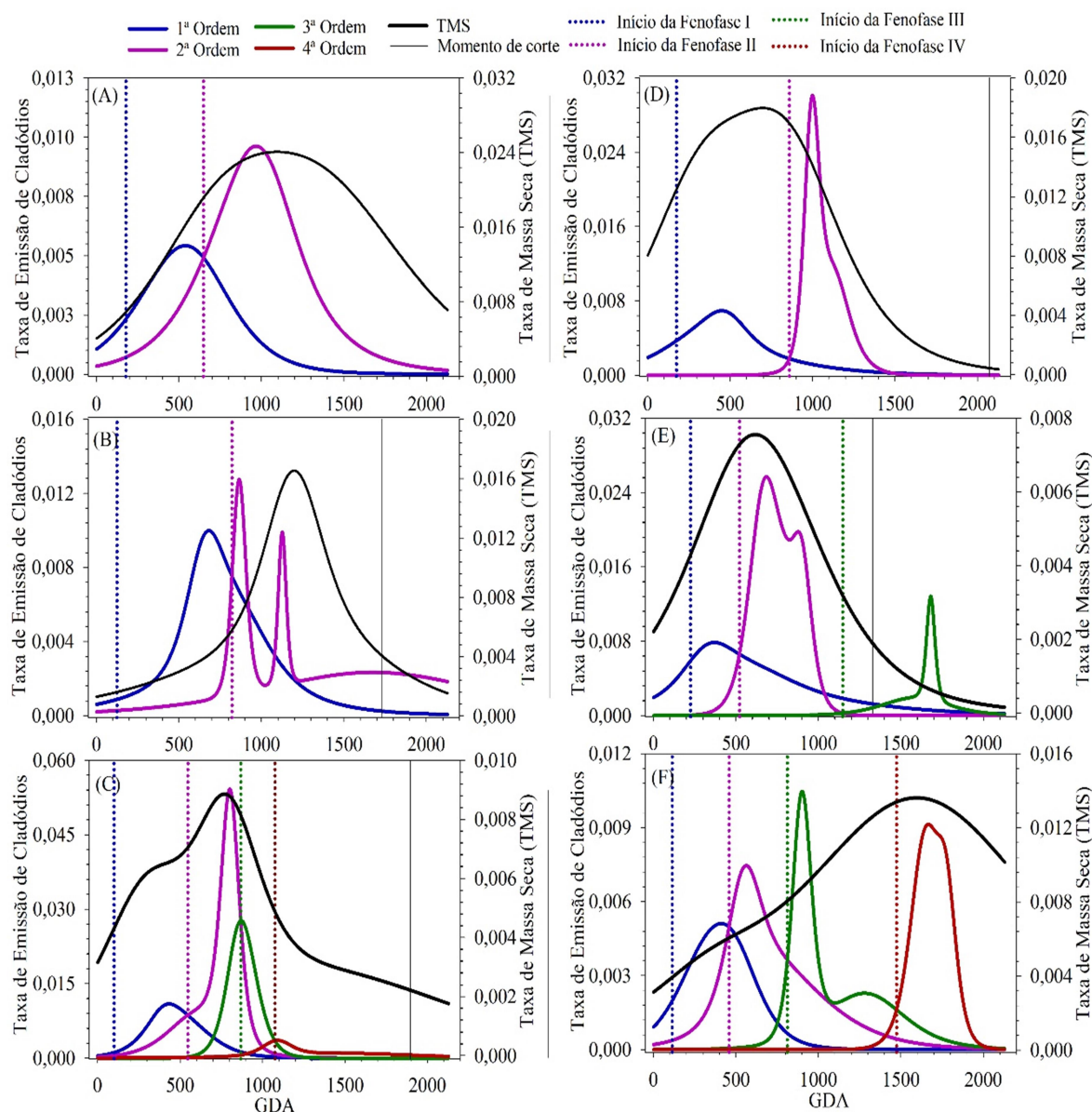
Na análise econômica foram considerados os custos de investimento e de operacionalização do sistema de irrigação durante um ano e meio. Não foi inserida a aquisição da terra, mas apenas os custos de investimento com a implantação da área de cultivo e montagem do sistema de irrigação. Os custos de investimentos contemplaram a aquisição de tubulações, conexões, conjunto moto-bomba, filtros e válvulas da sucção ao recalque, e aquisição de cladódios para o plantio. Já os custos de operacionalização incluíram os custos fixos de depreciação dos componentes do sistema, juros sobre o capital investido, custos variáveis de energia elétrica, mão de obra, manutenção dos componentes do sistema, custos de oportunidade, que dependem dos juros do mercado financeiro sobre o capital investido, e custos de contingência. No cálculo da receita bruta, foi assumida a venda da produção como forragem (ton. ha^{-1}) e como semente (unidade de cladódio destinado ao plantio). Com os custos de produção e a receita bruta será obtida a receita líquida e, em seguida, a razão benefício-custo. Todas as etapas desta análise econômica seguiram os procedimentos citados por Fernandes et al. (2008).

Para a comparação entre os dados referentes às características morfofisiológicas e a produtividade dos clones de palma forrageira foram submetidos a teste de Shapiro-Wilk e teste F máximo, para verificação da normalidade e homocedasticidade dos dados, respectivamente. Atendendo a esses requisitos, procedeu-se com a análise de variância – ANOVA e, posteriormente, teste de média de Tukey a 5% de probabilidade para efeito de clones. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Development Core Team. 2017) e a confecção dos gráficos pelo programa SigmaPlot 14.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3, pode-se observar a evolução e o comportamento da produção de cladódios dos clones de palma forrageira durante o período experimental. Ao longo do ciclo da palma forrageira, observaram-se quatro fenofases com base na taxa de emissão de cladódios.

Figura 3. Fases fenológicas e momento de corte de clones de palma forrageira irrigada baseados na taxa de emissão de cladódios de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem e na taxa de acumulação de massa seca, no município de Serra Talhada – PE, durante o período de Jan-2017 a Jul-2018.



Clones de palma forrageira: Orelha de Elefante Mexicana (A), Orelha de Elefante Africana (B), IPA

Sertânia (C), F8 (D), Miúda (E) e V19 (F).

A fenofase I foi encontrada em todos os clones de palma forrageira, com duração média de 490 GDA. O clone com maior duração foi a IPA com 697 GDA, seguida da OEA com 684 e OEM com 470 GDA, mostrando um maior tempo de investimento na emissão de cladódios de 1ª ordem. A duração da fenofase I do clone IPA diferiu do restante dos clones, já os clones OEM, OEA e MIU não diferiram entre si (Figura 4). Entretanto, os clones F8 e V19, apresentaram reduzida duração da fenofase I, com 297 e 345 GDA respectivamente. Mesmo a MIU não diferindo dos clones OEM e OEA, ela juntamente com os clones F8 e V19 obtiverem as menores médias de duração da fenofase I (Figura 4), pode ser em razão a própria morfologia dos cladódios de primeira ordem, que apresentam menores tamanhos quando comparados aos cladódios de 1ª ordem dos clones IPA, OEM e OEA, precisando assim, de menos tempo para emissão e formação de novos cladódios.

Além disso, os clones F8, V19 e MIU apresentaram precocemente altas taxas de emissão de cladódio de segunda ordem, superando as taxas de emissão de 1ª ordem em 522, 459 e 548 GDA respectivamente, dando início a fenofase II. Já os clones IPA, OEA e OEM, apresentaram o início da 2ª fenofase mais tardia, em 822, 859 e 649 GDA respectivamente. O alto desenvolvimento dos cladódios de 2ª ordem para os clones IPA e OEA acontece quando após um certo tempo, para o crescimento e estabelecimento dos cladódios de 1ª ordem, o que ocorre diferente com o clone OEM, que a emissão e formação de cladódios de 2ª ordem quase que acompanha a taxa de emissão de cladódios de 1ª ordem. Silva et al. (2015a) e Queiroz et al. (2015) disseram que essa característica morfológica da produção de cladódio de segunda ordem é própria da espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., seja em condições não irrigadas ou irrigadas.

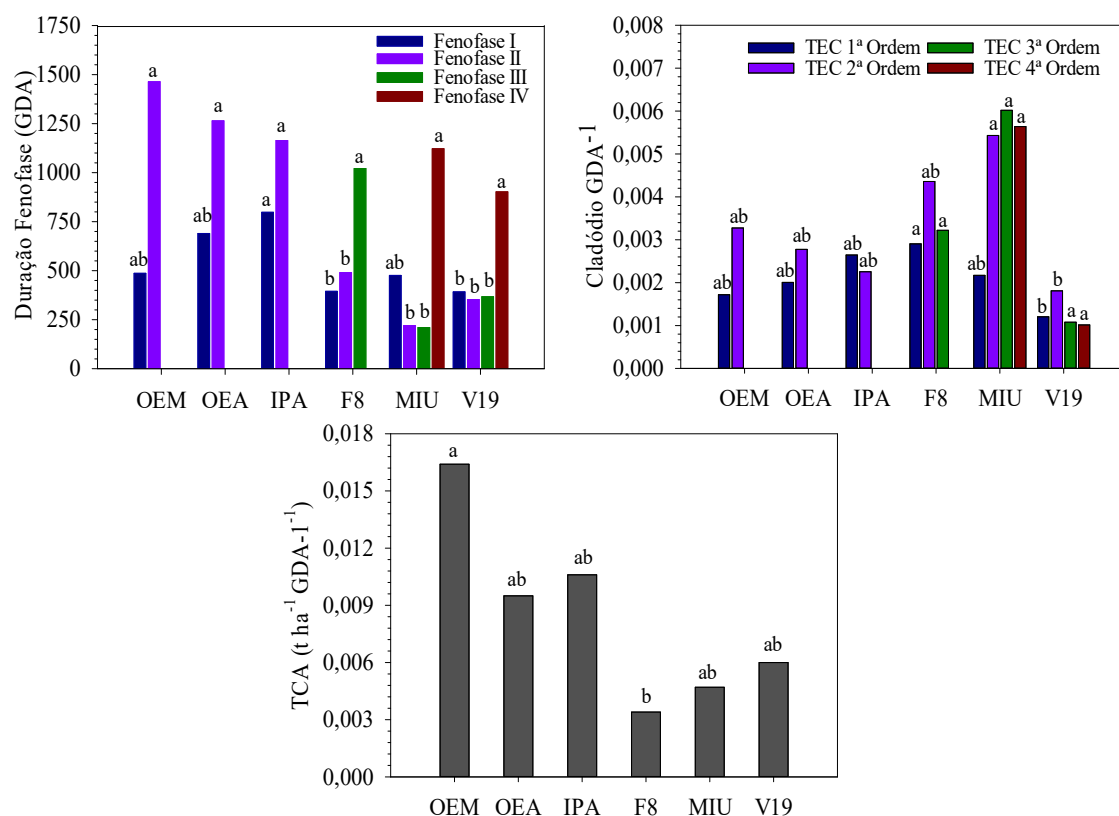
A fenofase II também foi encontrada em todos os clones de palma forrageira. A duração dessa fase para os clones OEM, OEA e IPA perdurou até o fim do ciclo por não apresentarem fase seguinte. A duração dessa fenofase nos clones F8, V19 e MIU foram 626, 353 e 321 GDA, o clone F8 obteve uma maior duração dessa fase devido a tardia emissão de cladódios de 3ª ordem, superando a taxa de emissão de cladódios de 2ª ordem apenas em 1148 GDA. Já nos clones V19 e MIU a mudança para a terceira fase ocorre em 812 e 869 GDA respectivamente. O clone OEM obteve a maior média de duração da fenofase II, com 1480 GDA, que não diferiu dos clones OEA e IPA, com

1270 e 1397 GDA respectivamente. Já o clone MIU obteve a fenofase II mais curta, com 321 GDA, não diferindo da V19 com 353 GDA e F8 com 626 GDA.

Apenas os clones F8, MIU e V19 apresentaram a fenofase III. No clone F8, a fenofase perdurou até o fim do ciclo, com duração média de 981 GDA, o qual diferiu dos clones MIU e V19, com 207 e 662 GDA respectivamente. A taxa de emissão de cladódio de 3ª ordem do clone MIU foi superada em 1076 GDA, dando início fenofase IV, já no clone V19 a mudança para a quarta fase ocorre em 1474 GDA. Já fenofase IV aparece apenas nos clones V19 e MIU, com duração média de 655 e 1053 GDA respectivamente. Não apresentando diferença entre si. Entretanto, a velocidade do desenvolvimento e a formação de novos cladódios filha no clone V19 quando comparado ao clone MIU é menor, apresentando as fenofases melhor distribuídas ao longo do ciclo produtivo, enquanto a MIU em 1076 GDA já apresentou todas as quatro fases.

Os clones F8 e MIU apresentaram a TEC de 2ª ordem maior do que de terceira ordem (Figura 3). Situações assim foram citadas por Amorim et al (2017), no qual relataram que o desenvolvimento e formação de cladódios de ordem superior pode não ser vantajosa, ao longo do período experimental, em consequência de os cladódios mais jovens possuírem características morfológicas menores e apresentarem um baixo potencial de crescimento.

Figura 4. Valores médios de duração da fenofase, taxa de emissão de cladódios e taxa de crescimento absoluto de clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE, durante o período de Jan-2017 a Jul-2018.



Duração da fenofase em °C dia⁻¹ acumulado (GDA), TEC – Taxa de emissão de cladódio (Cladódio GDA⁻¹) e TCA – Taxa de crescimento absoluto (t ha⁻¹ GDA⁻¹). Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre clones, não diferem pelo teste de Tukey a 5%

O clone F8 obteve a maior taxa média de emissão de cladódio de 1ª ordem durante o ciclo produtivo, de 0,002905 cladódio GDA⁻¹, diferiu apenas do clone V19 que apresentou a menor média 0,001204 cladódio GDA⁻¹. Os clones OEM, OEA, IPA e MIU não diferiram entre si e entre os clones F8 e V19. Para a taxas médias de emissão de cladódio de 2ª ordem, o clone MIU obteve a maior média, 0,005432 cladódio GDA⁻¹, diferindo apenas do clone V19, com 0,001810 cladódio GDA⁻¹. Os clones OEM, OEA, IPA e F8 não diferiram entre si e entre os clones MIU e V19. O clone MIU apresentou a maior taxa média de emissão de cladódio de 3ª ordem, com 0,006018 cladódio GDA⁻¹, entretanto não diferiu dos clones F8 e V19. Por último, os clones V19 e MIU não diferiram quanto a taxa de emissão de cladódio de 4ª ordem, sendo a maior média do clone MIU, com 0,005640 cladódio GDA⁻¹.

Os clones F8 e MIU apresentaram de forma geral as maiores taxas de emissão de cladódios, o que resultou num grande número total de cladódios. Estudando morfogênese dos clones OEM, IPA e MIU em condição irrigada, Pereira et al (2015)

obtiveram o número total de cladódios (NTC) para MIU de 13,9 unidades com um ano de ciclo. Já Silva et al (2015) avaliando os mesmos clones em condição de sequeiro, mostraram que o clone MIU obteve 35,44 unidades para a variável NTC com dois anos após o plantio. Entre os clones estudados, a palma forrageira miúda apresentou maior NTC.

Através da análise gráfica da fenologia e o comportamento durante o ciclo da cultura da taxa de acumulação de massa seca, é possível observar qual ordem dos cladódios influencia mais no acúmulo de massa. Dessa forma, ajuda no manejo da cultura, bem como o momento de corte ideal para planta.

O clone OEM obteve a maior média de taxa de massa seca (TMS), com $0,0164 \text{ t ha}^{-1} \text{ GDA}^{-1}$, que diferiu apenas do clone F8, com a menor média de $0,0034 \text{ t ha}^{-1} \text{ GDA}^{-1}$. O pico da TMS do clone OEM ocorreu em 1096 GDA, o que mostra uma leve tendência de os cladódios de 2ª ordem influenciarem mais na acumulação de massa seca. Diferente o que ocorre com o clone OEA, que o pico da TMS ocorreu em 702 GDA, mostrando uma forte contribuição dos cladódios de 1ª ordem na acumulação de massa seca. No clone IPA, foi observado dois picos da TEC de 2ª ordem, devido a variabilidade temporal encontrada na emissão dos cladódios nos blocos. Observa-se também, que a TEC de 1ª ordem tem contribuição mais fraca para a TMS, em que o pico da TMS encontra-se em 1199 GDA. Já no clone F8 a taxa de acumulação de massa seca é influenciada tanto pela TEC de 1ª ordem como de 2ª ordem, em que o pico da TMS ocorre em 618 GDA. Vale salientar que a taxa de emissão de cladódio de 3ª ordem mostrou-se sem expressividade no acúmulo de massa seca. Para o clone MIU, todas as TEC tiveram influência na TMS, que o pico ocorreu em 770 GDA, com o destaque para taxa de emissão de cladódio de 2ª e 3ª ordem. Já no clone V19, o pico da TMS ocorre em 1597 GDA, entre os clones analisados, foi o pico da TMS que ocorreu com maior tempo de ciclo. Isso deve-se, a uma maior contribuição para a taxa de acúmulo de massa seca do desenvolvimentos e formação de novos cladódios de 3ª e 4ª ordem.

O momento de corte foi identificado dentro do ciclo experimental, compreendido de janeiro de 2017 a julho de 2018, em $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ acumulado foi de 0 a 2129 GDA, para os clones OEA, IPA, F8 e MIU. No caso dos clones OEM e V19, foi preciso extrapolar a derivação das equações de taxa de massa seca para encontrar o valor inferior a um quarto do valor máximo de TMS.

No clone OEM foi verificado o momento de corte em 2199 GDA. Já o clone V19 teve o momento de corte ideal só em 2890 GDA, devido a contribuição maior dos

cladódios de 3 e 4^a ordem no acúmulo de massa seca, consequentemente tendo um momento de corte mais atrasado. Entretanto, com o clone F8, que os cladódios de 1^a e 2^a ordem contribuíram mais com a TMS, teve seu momento de corte antecipado, observado em 1329 GDA. O clone OEA, teve seu momento de corte verificado em 2071 GDA, bem próximo com tempo do fim do ciclo. Por fim, os clones IPA e MIU apresentaram o momento de corte em 1724 e 1898 GDA respectivamente.

Tabela 1. Valores médios de produtividade e crescimento de clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE, na ocasião da colheita em Jul-2018.

Clone	PMF	PMS	TMS	DFP	MT	AP	LP
IPA	125.65 cd	9.59 b	7.5 ab	11218 d	73 a	63.50 b	51.00 b
F8	73.06 d	3.79 b	5.4 bc	12821 cd	69 a	58.17 b	54.50 ab
MIU	166.85 cd	10.32 b	6.3 abc	19231 cd	54 a	64.83 b	61.92 ab
OEA	476.82 a	22.79 a	4.7 c	41667 a	0 c	77.50 b	79.92 a
V19	264.47 bc	14.72 ab	5.0 c	22436 bc	46 ab	118.38 a	45.82 b
OEM	328.92 ab	24.02 a	8.5 a	30983 ab	26 bc	74.50 b	65.00 ab
Clone	NTC	CC	LC	EC	PC	AC	IAC
IPA	8 b	24.17 ab	15.65 bc	35.75 ab	57.59 abc	200.32 c	1.3
F8	38 a	20.71 ab	13.04 c	22.34 b	49.97 bc	119.35 c	1.48
MIU	22 ab	18.53 b	10.53 c	29.34 ab	43.34 c	114.24 c	1.41
OEA	9 b	29.97 a	24.53 a	33.34 ab	77.28 a	512.74 a	2.59
V19	13 ab	21.87 ab	19.32 ab	40.21 a	60.21 abc	292.85 bc	1.53
OEM	13 ab	26.25 ab	22.87 a	25.67 ab	70.73 ab	404.33 ab	2.38

PMF – produção de matéria fresca (t ha⁻¹), PMS – produção de matéria Seca (t ha⁻¹), TMS – teor de matéria seca (%), DFP – densidade final de plantas (plantas ha⁻¹), MT – mortalidade (%), AP – altura de planta (cm), LP – largura de planta (cm), NTC – número total de cladódios da planta (und), CC – comprimento do cladódio (cm), LC – largura do cladódio (cm), EC – espessura do cladódio (mm), PC – perímetro do cladódio (cm), AC – área do cladódio (cm²) e IAC – índice de área de cladódio (m² m⁻²). Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, entre clones, não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Para altura de planta, apenas o clone V19 diferiu dos outros clones, possuindo a maior média de 118,38 cm. Já para largura da planta, o clone V19 apresentou a menor média, de 45,82 cm. Característica morfológica marcante do clone, crescimento bastante verticalizado. O clone OEM por sua vez, apresentou o maior LP, diferindo do restante dos clones. Pereira et al (2015) estudando os clones IPA, MIU e OEM, obtiveram os valores de AP de 49,8, 48,8, e 56,8 cm respectivamente, em condições irrigadas com um ano de rebrota e densidade populacional de 31.250 plantas ha⁻¹. Já Silva et al (2015)

trabalhando com os mesmos clones e mesma densidade populacional, mas em condição de sequeiro e com dois anos após o plantio, obtiveram 84,89, 88,44 e 101,78 cm de AP para os clones IPA, MIU e OEM respectivamente.

Em termos de número total de cladódio (NTC), os clones F8 e MIU apresentaram as maiores médias. Entretanto, apenas o clone F8 diferiu dos outros clones, sendo os clones IPA e OEA com os menores valores, não apresentando diferença significativa entre si. Embora os clones F8 e MIU possuam maiores valores de NTC, observa-se que os seus índices de área do cladódio não são superiores aos clones OEA e OEM por exemplo, em consequência ao reduzido tamanho da área dos cladódios. Vale salientar que esses resultados de número total de cladódios e de índice de área de cladódio, bem como as características morfológicas das plantas podem variar de acordo com a espécie, níveis de adubação, densidade populacional, e fatores ambientais (SILVA et al, 2014a; SILVA et al 2016)

Em relação às características dos cladódios, leia-se CC, LC, EC, PC e AC, houve diferença entre os clones para todas as variáveis. Para CC e LC, os clones OEA e OEM obtiveram as maiores médias. No comprimento do cladódio, o clone OEA diferiu apenas do clone MIU, que obteve a menor média. Já na largura do cladódio, o clone OEA não diferiu dos clones OEM e V19. Quanto a espessura dos cladódios, o clone V19 apresentou a maior média, diferindo apenas do clone F8. Na variável PC, o clone OEA obteve a maior média, diferindo dos clones F8 e MIU. Quanto a área do cladódio, os clones IPA, F8 e MIU apresentaram as menores médias e não diferiram entre si. Entretanto o clone OEA, que obteve a maior média de AC, teve diferença significativa para o clone V19, com $292,85 \text{ cm}^2$, mas não diferiu do clone OEM.

Os maiores valores de comprimento, largura e a espessura dos cladódios foram constatados nos clones OEA, OEM e V19, sendo os menores valores observados nos clones MIU, IPA e F8 (Tabela 1). O que já era esperado, uma vez, que as plantas pertencem ao gênero *Nopalea* sp., sendo uma das características ter cladódios menores em comparação aos do gênero *Opuntia* sp., com exceção do clone F8 que pertence ao gênero *Opuntia* sp.. Vale salientar também que, o clone IPA na variável CC obteve maior média comparado ao clone V19 e na variável EC obteve maior média comparado aos clones OEA e OEM. Entretanto, nesses casos não foi verificado diferença significativa.

Em termos produtivos, observa-se no clone OEA a maior média de produção de matéria fresca, com $476,82 \text{ t ha}^{-1}$ diferindo dos outros clones. Já o clone F8 apresentou

a menor média de PMF, não deferindo dos clones IPA e MIU. Quanto a produção de matéria seca, o clone OEM apresentou a maior média, com 24,02 t ha⁻¹. Esse fato é devido pelo elevado teor de matéria seca do clone OEM, de 8,5%, quando comparado com clone OEA de apenas 4,7%, sendo a menor média de teor de matéria seca entre os clones. Entretanto, pela elevada produtividade de matéria fresca, o clone OEA, apresentou PMS de 22,79 t ha⁻¹, não deferindo do clone OEM. Em relação aos clones IPA, MIU e OEM, valores inferiores de PMF e similares de PMS, com exceção do clone OEM que também foi inferior, foram encontrados por Silva et al (2015), em condição de sequeiro, densidade inicial de planta de 31.250 plantas ha⁻¹ e dois anos de ciclo. O fornecimento e disponibilidade de água para a palma forrageira influencia o crescimento e rendimento da cultura.

Foi verificado alta taxa de mortalidade para todos os clones, exceto para o clone OEA, que obteve 0% de mortalidade. Sendo uma das justificativas para elevada produtividade além de boa capacidade de estabelecimento dos cladódios. Silva et al (2015) encontrou valores de mortalidade de 10,4, 4,4 e 1,0 % para os clones IPA, MIU e OEM respectivamente. Valores bem abaixo do que encontrados no presente trabalho. Como todo o ciclo foi conduzido sob irrigação, a umidade alta presente no solo pode ter favorecido surgimento de doenças vinculadas a essa alta umidade. Durante a condução do experimento em campo, foi observado que durante a época chuvosa os clones sofriam com tais doenças, ocasionando a morte de várias plantas.

Os teores médios de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro e lignina apresentaram diferença significativa entre os clones estudados (Tabela 2).

O genótipo OEM obteve o maior teor de MS, 7,36 %, que deferiu dos clones OEA, V19 e F8, que apresentaram os menores teores de matéria seca. Valores superiores de matéria seca foram encontrados por Silva et al (2013), estudando palma forrageira em condição de sequeiro, cultivada com diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio e por Cavalcante et al (2014) avaliando palma forrageira em condições de sequeiro e com diferentes densidades de cultivo. Os valores baixos para MS encontrados no presente trabalho (Tabela 2), podem estar associados a condição de cultivo que o experimento foi conduzido. Como os clones foram submetidos a irrigação em todo o período experimental, manteve as plantas em crescimento ativo, com elevado tecido jovem e alto teor de água.

Não houve diferença significativa entre os clones para as variáveis MM e MO. Entretanto foi observado maior teor de MO para o clone OEM e maiores teores de MM para os clones V19 e F8.

Tabela 2. Teores de componentes bromatológicas de clones de palma forrageira irrigada, no município de Serra Talhada – PE.

Clones	MS	MM	MO	FDN	FDA	PB	EE	CT	DIVMS	LIG
OEM	7.36 a	19.82	80.18	32.32 b	5.21	6.18	1.26	72.73	83.99	4.9 a
IPA	6.69 ab	20.41	79.59	37.71 ab	5.44	6.02	1.20	72.38	89.66	0.8 b
MIU	5.50 abc	25.95	74.05	43.59 ab	5.43	6.16	1.22	66.67	85.42	0.8 b
OEA	4.11 c	24.43	75.57	38.44 ab	7.26	7.25	1.09	67.23	79.24	3.2 a
V19	4.38 c	28.93	71.07	54.16 a	6.84	8.73	1.67	60.67	80.61	5.2 a
F8	4.81 bc	28.93	73.72	28.05 b	5.25	5.82	1.16	64.09	83.76	4.0 a

MS – matéria seca, MM – matéria mineral, MO – matéria orgânica, FDN – fibra em detergente neutro, FDA – fibra em detergente ácido, PB – proteína bruta, EE – extrato etéreo, CT – carboidratos totais, DIVMS – digestibilidade *in vitro* de matéria seca e LIG – lignina. Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, entre clones, não diferem pelo teste de Tukey a 5%

A palma V19 obteve a maior média de teor de fibra em detergente neutro, com 54 %, deferiu dos clones F8 e OEM, nos quais tiveram as menores médias de FDN. Valores inferiores foram obtidos por Silva et al (2013) e Cavalcante et al (2014), com exceção dos clones OEM e F8 do presente estudo.

Mesmo não apresentando diferença significativa, pode-se observar nos clones V19 e OEA menores valores de digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS). Isso é devido aos teores elevados de frações pouco e não digestíveis, no caso da fibra em detergente ácido e da lignina. No caso a variável FDA não apresentou diferença significativa entre os clones, mas foi observado os maiores teores médios, já a lignina apresentou diferença significativa, no qual os clones F8 e MIU apresentaram os menores valores e deferiu do restante das cultivares. Cavalcante et al (2014) justificam para as cultivares Gigante e Redonda apresentaram menor DIVMS, o fato de apresentam plantas mais estruturadas, plantas maiores, com características morfológicas maiores, quando comparado a palma Miúda e, dessa forma maiores teores de lignina e FDA. De acordo com Valente et al. (2011) os tecidos da planta possuem funções específicas, e dependendo da função, têm composição física e química relacionada a

estas funções. Tecido especializado para realizar a fotossíntese deve possuir células com parede delgada e não-lignificada, entretanto tecidos de sustentação devem ser densamente agrupados, espessados e lignificados. Por isso, observa-se que as palmas OEA e V19, obtiverem as maiores médias de algumas características morfológicas (Tabela 1).

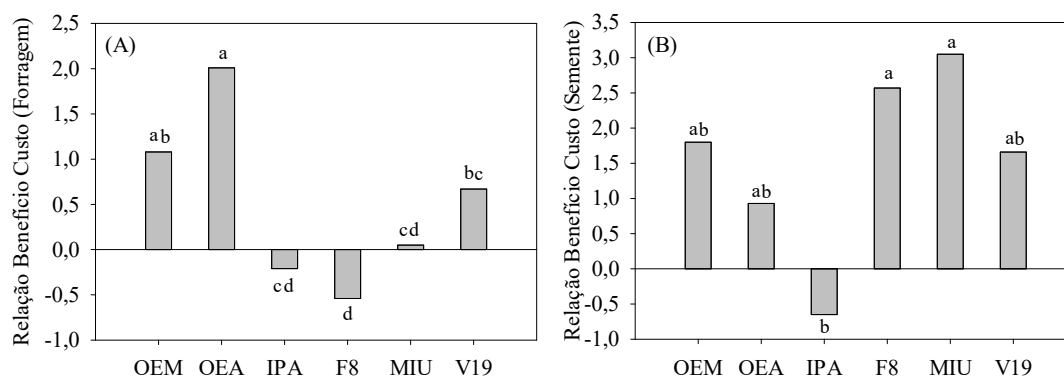
Em termos de análise econômica, o custo total de produção de palma forrageira sob sistema de irrigação foi de R\$ 23.727,94 ha⁻¹.

Na relação benefício custo dos clones de palma, foi admitido para venda como forragem o valor de R\$ 150 t⁻¹ e para venda como “semente” de R\$ 0,30 semente⁻¹. As receitas brutas e líquidas variaram conforme o destino final da palma forrageira, gerando valores benefício custo diversificado. Em ambos os destinos da palma, foi observado diferença significativa entre os clones.

A palma como destino para alimentação animal, o clone OEA obteve a maior relação benefício custo, não deferindo do clone OEM. Já os clones F8 e IPA registraram valores negativos, devido à baixa produtividade de massa fresca. Indicando custo de produção maior que seu retorno econômico.

No caso da palma como destino para sementes, os clones F8 e MIU mostraram maiores relação benefício custo, deferindo apenas do clone IPA, que obteve o valor negativo. Esse resultado para os clones F8 e MIU deve-se ao elevado número de cladódios que as plantas apresentaram.

Figura 5. Relação benefício custo de clones de palma forrageira irrigada destinada para venda como forragem e para venda do cladódio como semente, no município de Serra Talhada – PE.



Médias seguidas de mesma letra minúscula entre clones, não diferem pelo teste de Tukey a 5%

CONCLUSÕES

O clone F8 teve seu momento de corte ideal mais adiantado e o clone V19 mais atrasado, dentre os clones avaliados durante o período experimental.

A orelha de elefante africana, do gênero *Opuntia*, em condições irrigadas apresentou taxa de mortalidade zero e o maior rendimento produtivo quando comparada aos demais clones estudados.

Apesar do baixo valor de conteúdo de matéria seca, a orelha de elefante africana apresentou bons níveis de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* de matéria seca por exemplo, em que não apresentou diferença significativa entre os clones para essas variáveis.

O clone miúda obteve o melhor retorno econômico quando o destino de venda do cladódio como semente. Já como destino do cladódio para alimentação de animais, a palma orelha de elefante africana obteve o melhor retorno econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, Irrigation and drainage, paper 56, 1998. 300p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Germany, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014
- FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D.R. Irrigação na cultura do café. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, L. M. et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.11, p.2064-2071, nov, 2014a.
- SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. Agrária, v.9, n.4, p.633-641, 2014b.
- SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. Revista Caatinga, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

VALENTE, T. N. P. et al. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes. *Veterinária e Zootecnia, Botucatu*, v. 18, n. 3, p. 347-358, 2011.

AMORIM, Danielle Morais et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

DE CALDAS PEREIRA, Poliana et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. *Revista Caatinga*, v. 28, n. 3, 2015.

DANTAS CAVALCANTE, Lucas Aroaldo et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 4, 2014

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.

SILVA, João A. da et al. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 6, p. 564-569, 2016.