

POLIANA DE CALDAS PEREIRA

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO E CRESCIMENTO DE CLONES DE PALMA
FORRAGEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P436e
2013

Pereira, Poliana de Caldas, 1987-

Evapotranspiração e crescimento de clones de palma
forrageira irrigada no Semiárido brasileiro / Poliana de Caldas
Pereira. – Viçosa, MG, 2013.

xiv, 81f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Texto em português e inglês.

Orientador: Sérgio Zolnier.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Meteorologia agrícola. 2. Palma forrageira.
3. Evapotranspiração. 4. Irrigação. 5. Balanço hidrológico.
6. Nopalea spp.. 7. Opuntia spp.. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. II. Título.

CDD 22 ed. 630.2515

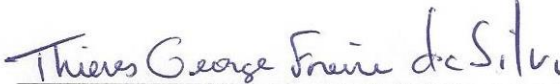
POLIANA DE CALDAS PEREIRA

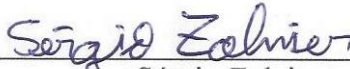
**EVAPOTRANSPIRAÇÃO E CRESCIMENTO DE CLONES DE PALMA
FORRAGEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2013.


Williams Rômulo Marques Ferreira


Thieres George Freire da Silva
(Coorientador)


Sérgio Zolnier
(Orientador)

De maneira muito especial aos meus pais, Pedro Alves Pereira e Erotildes de Caldas Pereira; aos meus irmãos, Ermiliano e Eliane, e a minha sobrinha Beatriz, que ao longo de minha vida, com muito amor e dedicação são os meus principais estímulos para a realização de tudo que faço.

DEDICO

“Podem até me chamar de sonhador, mais não sou o único, pois para chegar até aqui tive ajuda de outros”.

(John Lennon)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por simplesmente tudo...

À minha família, por estarem sempre me ensinando os valores da vida, pelo amor incondicional e confiança a mim dedicado.

Ao professor Sérgio Zolnier pela orientação, profissionalismo e confiança durante a realização deste trabalho.

Ao professor Thieres George Freire da Silva, pela oportunidade de executar mais um trabalho, pelo carinho em transmitir os seus conhecimentos, pela amizade e confiança que muito contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco, Dr. Sérvulo Mercier Siqueira e Silva pelo apoio na realização do experimento e pelas sugestões.

Aos Colegas do “GAS”, Grupo de Agrometeorologia no Semiárido, especialmente a Karina, Maria Gabriela, Taciana, Tâmara, Naiara, Marcela, Edine, Carlos André, Elvis, José Eduardo, José Edson, Jannaylton, Wellington, José Neto, Jorge, Jandelson e Sérgio, que foram fundamentais para execução desta pesquisa, principalmente por todos os nossos momentos, trabalhos e lazer que foram desfrutados nesta fase da minha formação, onde tivemos a oportunidade de trocar conhecimentos e de consolidar uma forte amizade.

Aos meus colegas de curso e funcionários da pós-graduação em Meteorologia Agrícola, especialmente Evandro, Davi, João Vitor, Douglas, Alex, Jorge, Luiz Felipe, Paulo, Gláucio, Manuel, Valéria, Ana Paula, Mônica, Aline, Lívia, Mariana, Luciana e Graça, pelo agradável convívio durante a realização do curso.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) e a Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE), pelo apoio na realização do experimento.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento do projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e financiamento do projeto.

Às “meninas”, Maria Gabriela, Olga Maria, Eliane, Célia, Mayara e Suely pelo companheirismo, amizade e por todos os nossos momentos felizes que dividimos neste período de convivência nas minhas diferentes repúblicas.

Às minhas eternas amigas e companheiras do distrito do Carmo: Fabiana e Ivanilcia, pelo constante incentivo e exemplo de amizade desde infância.

Ao Aroldo Campos pelo carinho, amizade e incentivo durante todo esse período, principalmente por acreditar em mim por me fazer acreditar que posso continuar sempre crescendo.

Enfim, a todos os parentes, amigos e mestres que não tiveram os seus nomes aqui citado; mas que, das mais variadas formas, deram as suas parcelas de contribuição e apoio para que este trabalho fosse realizado e para minha formação.

Meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Poliana de Caldas Pereira, filha de Erotildes de Caldas Pereira e Pedro Alves Pereira, nasceu em 03 de outubro de 1987, na cidade de São José do Belmonte, Pernambuco.

Em agosto de 2006 iniciou o curso de Agronomia pela Unidade Acadêmica de Serra Talhada, campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada na cidade de Serra Talhada. Durante quatro anos, participou de atividades de iniciação científica e monitoria na qualidade de bolsista, na área de agrometeorologia. Graduiu-se no primeiro semestre de 2011.

Em agosto de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV, em nível de mestrado, submetendo-se à defesa de tese em 26 de julho de 2013.

SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS.....	8
I CAPÍTULO Evapotranspiração da palma forrageira irrigada e sua relação com a disponibilidade hídrica e demanda atmosférica no Semiárido brasileiro.....	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS.....	41
II CAPÍTULO Crescimento de clones de palma forrageira irrigada no Semiárido brasileiro.....	49
RESUMO.....	49
ABSTRACT.....	50
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS.....	76
CONCLUSÕES GERAIS	81

LISTA DE SÍMBOLOS

AC	Ascensão capilar	mm
AC1	Área do cladódio de primeira ordem	cm ²
AC2	Área do cladódio de segunda ordem	cm ²
ACB	Área do cladódio basal	cm ²
A _f	Armazenamento de água acumulado no final do período	mm
A _i	Armazenamento de água acumulado no início do período	mm
AP	Altura da planta	cm
C3	Via fotossintética do ciclo de Benson-Calvin	-
C4	Via fotossintética de Kortschack, Hatch-Slack	-
CC1	Comprimento do cladódio de primeira ordem	cm
CC2	Comprimento do cladódio de segunda ordem	cm
CCB	Comprimento do cladódio basal	cm
cm	Centímetros	-
cm ³	Centímetros cúbicos	-
CN	Número da curva	-
CO ₂	Dióxido de Carbono	-
DAC	Dias após o corte	dias
DP	Drenagem profunda	mm
EC1	Espessura do cladódio de primeira ordem	mm
EC2	Espessura do cladódio de segunda ordem	mm
ECB	Espessura do cladódio basal	mm
ENOS	El Niño-Oscilação Sul	-
ET	Evapotranspiração	mm
ETc	Evapotranspiração da cultura	mm
ETo	Evapotranspiração de referência	mm
ETr	Evapotranspiração real	mm
ETr (ac.)	Evapotranspiração real acumulada	mm
ETr (dia.)	Evapotranspiração real média diária	mm
ETr/ETo	Variabilidade sazonal da evapotranspiração real e de sua relação com a demanda atmosférica local	-
F	Frequência de irrigação	dias

F7	Frequência de irrigação a cada 7 dias	dias
F14	Frequência de irrigação a cada 14 dias	dias
F28	Frequência de irrigação a cada 28 dias	dias
γ	Constante de ajuste	-
h	Hora	-
H ₂ O	Água	-
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato	-
I	Irrigação	mm
IPA	IPA-Sertânia/IPA-200205	-
K(θ)	Condutividade hidráulica do solo	m h ⁻¹
kg	Quilograma	-
Ko	Condutividade hidráulica saturada	m h ⁻¹
LC1	Largura do cladódio de primeira ordem	cm
LC2	Largura do cladódio de segunda ordem	cm
LCB	Largura do cladódio basal	cm
LP	Largura da planta	cm
m	Metros	-
m ²	Metros quadrados	-
MAC	Metabolismo ácido das crassuláceas	-
MIU	Miúda/IPA-100004	-
MJ	Megajoules	-
mm	Milímetros	-
NC1	Número de cladódios de primeira ordem	ud
NC2	Número de cladódios de segunda ordem	ud
NCP	Número de cladódios por planta	ud
NPK	Nitrogênio, Fosforo e Potássio	-
°C	Grau Celsius	-
OEM	Orelha de Elefante Mexicana/IPA-20016	-
P	Precipitação pluviométrica	mm
PC1	Perímetro do cladódio de primeira ordem	cm
PC2	Perímetro do cladódio de segunda ordem	cm
PCB	Perímetro do cladódio basal	cm
Q	Fluxo vertical de água no solo	mm

R	Escoamento superficial	mm
s	Segundos	-
sp	Espécie no singular	-
spp	Espécie no plural	-
z	Coordenada vertical de posição;	m
α	Parâmetros adimensionais ajustados pelo método do perfil instantâneo, para a profundidade de 0,50 m e 0,70 m	-
β	Parâmetros adimensionais ajustados pelo método do perfil instantâneo, para a profundidade de 0,50 m e 0,70 m	-
ΔA	Variação do armazenamento de água no solo	mm
ΔESS	Escoamento subsuperficial	mm
Δz	Diferença da profundidade do solo	m
$\Delta \psi_t$	Diferença dos potenciais totais de água no solo	m
$\Delta \psi_t / \Delta z$	Gradiente de potencial total	$m\ m^{-1}$
Θ	Conteúdo de água no solo	$cm^3\ cm^{-3}$
Θ_0	Conteúdo de água no solo saturado	$cm^3\ cm^{-3}$
ψ_t	Potencial total da solução no solo	m

RESUMO

PEREIRA, Poliana de Caldas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Evapotranspiração e crescimento de clones de palma forrageira irrigada no Semiárido brasileiro.** Orientador: Sérgio Zolnier. Coorientadores: Thieres George Freire da Silva e Sérvulo Mercier Siqueira e Silva.

O objetivo deste estudo foi quantificar a evapotranspiração e o crescimento de clones de palma forrageira irrigada durante o primeiro ano produtivo do segundo ciclo da cultura (março de 2012 a fevereiro de 2013). O experimento foi conduzido em Serra Talhada – PE, localizada no Semiárido brasileiro. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em arranjo fatorial (3x3), no qual as parcelas foram compostas por três condições de disponibilidade de água, resultantes da aplicação de uma lâmina fixa (L: 7,5 mm) em três frequências (F: 7, 14 e 28 dias), e as subparcelas por três clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia; MIU: Miúda; e OEM: Orelha de Elefante Mexicana). Foi realizado, durante o período de junho de 2012 a fevereiro de 2013, o monitoramento do conteúdo de água no solo com auxílio de uma sonda capacitiva (Diviner 2000@ SentekPty Ltda. Austrália), no intervalo médio de três dias. Dados diários dos elementos meteorológicos foram obtidos a partir de uma estação automática, visando determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith, parametrizado no Boletim 56 da FAO. Por meio desses dados e de propriedades físico-hídricas do solo, foi realizado o balanço de água no solo (BAS) a cada 14 dias, sendo que os componentes foram acumulados, posteriormente, em nove períodos de 28 dias. Por resíduo do BAS, estimou-se a evapotranspiração real da cultura (ET_r) para determinação da relação ET_r/ET_o. Após 150 dias do primeiro corte, foram realizadas oito campanhas biométricas, com intervalos de trinta dias cada, para análises morfológicas da planta e dos cladódios. Com esses dados, foram determinadas as taxas morfogênicas ao longo do tempo para o ciclo dos clones. Todos os dados foram comparados pela análise de variância e pelo teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância. A evapotranspiração e os demais componentes do BAS apresentaram diferenças significativas entre os clones e condições de irrigação ao longo do tempo. Entretanto, para os valores acumulados ao longo do ciclo, apenas o fluxo de água no solo do clone IPA, na condição F14 (-66,5 mm), diferenciou-se dos demais clones, apresentando o valor mais alto de fluxo. A ET_r média da palma forrageira irrigada, durante o período de análise foi de 1,5 mm dia⁻¹ para uma demanda atmosférica

média de 5,1 mm dia⁻¹. A relação ETr/ETo dos clones apresentou baixa magnitude nas condições impostas (ambiente em conjunto com a irrigação), proporcionando valores de 0,27±0,12; 0,30±0,14 e 0,29±0,12 para a IPA, MIU e OEM, respectivamente. Constatou-se que as condições de disponibilidade de água avaliadas também não afetaram significativamente ($P>0,05$) a maioria dos valores absolutos e relativos das variáveis de crescimento dos três clones. Quando se compararam os diferentes clones, independentemente da condição de disponibilidade de água, observou-se que, em termos de valores absolutos, a OEM apresentou as maiores médias. Na avaliação ao longo do tempo, houve evolução significativa do crescimento dos clones nos últimos meses do primeiro ano produtivo. Porém, isso ocorreu devido aos eventos de precipitação pluviométrica, que em conjunto com a aplicação dos tratamentos de irrigação, promoveram maiores incrementos nos clones OEM e IPA, nessa ordem, atingido 70% e 60% da taxa total para a altura, e 37,0% e 45,3% para a largura da planta. Assim, conclui-se que as diferentes condições de disponibilidade de água no solo não influenciaram a evapotranspiração e o crescimento dos clones de palma forrageira. Todavia os clones OEM e IPA tiveram os melhores desempenhos de crescimento em relação ao MIU, que foi o que apresentou o menor crescimento sob condições irrigadas do Semiárido brasileiro.

ABSTRACT

PEREIRA, Poliana de Caldas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Evapotranspiration and growth of clones of irrigated forage cactus in the Brazilian Semiarid.** Advisor: Sergio Zolnier. Co-advisers: Thieres George Freire da Silva and Sêrvulo Mercier Siqueira e Silva.

The objective of this study was to quantify evapotranspiration and growth of clones of irrigated forage cactus during the first production year of the second crop cycle (March 2012 to February 2013). The experiment was carried out in Serra Talhada - PE, located in the Brazilian Semiarid region. A randomized block design with three replications was used in a factorial arrangement (3x3), in which the plots consisted of three conditions of soil water availability, determined by applying a fixed irrigation depth (L: 7.5 mm) with three frequencies (F: 7, 14 and 28 days), and subplots were three forage cactus clones (IPA: IPA Sertânia; MIU: Tiny and, OEM: Mexican Elephant Ear). The soil water content was monitored from June 2012 to February 2013 with a capacitive probe (Diviner 2000 @ Sentek Pty Ltd, Australia.) using an average time interval of three days. Daily meteorological data were obtained from an automatic weather station and used to determine the reference evapotranspiration (ET_o), according to the Penman-Monteith method, parameterized in the 56 FAO Bulletin. In addition to meteorological data, physical and hydraulic properties of the soil, a soil water budget (SWB) was performed every 14 days, and the components were accumulated subsequently in nine periods of 28 days. The actual crop evapotranspiration (ET_r) was estimated as a residual of the SWB to determine the relationship ET_r/ET_o. After 150 days from the first cut, eight biometric campaigns were carried out in each thirty day time intervals for cladodes and plant morphological analysis. With these data, morphogenetic rates were determined over time for the three forage cactus clones. All data were compared by analysis of variance test and the Tukey test at the 5% level of significance. Evapotranspiration and other SWB components showed significant differences among clones and irrigation conditions over time. However, for values accumulate during the crop cycle, only the soil water flow for clone IPA, under the F14 condition (-66.5 mm), differed from the other two clones showing the highest flow value. The average ET_r for irrigated forage cactus was 1.5 mm day⁻¹ during the analysis period, based on an average atmospheric demand of 5.1 mm day⁻¹. The ratio ET_r / ET_o for the clones

showed low magnitude of the imposed conditions (ambient together with the irrigation), providing values of 0.27 ± 0.12 , 0.30 ± 0.14 and 0.29 ± 0.12 for IPA, and OEM MIU, respectively. It was found that the evaluated conditions of water availability did not affect significantly ($P > 0.05$) most of the absolute and relative values of the growth variables of the three clones significantly. When different clones were compared, regardless of water availability conditions, it was observed that, in terms of absolute values, the OEM presented the highest means. Evaluations in the long run showed that there was a significant increase in the growth of clones in the last months of the first year of production. However, this occurred due to rainfall events which, together with the application of the irrigation treatments, provided greater growth increase for the OEM and IPA clones, in this order, reaching 70% and 60% of the total rate for height, and 37.0 % and 45.3% for plant width. Thus, it can be concluded that the different conditions of the soil water availability did not affect evapotranspiration and growth of forage cactus clones. Nevertheless, the OEM and IPA clones had the best growth performances when compared to the MIU clone, which was the one that showed the lowest growth under irrigated conditions of the Brazilian Semiarid region.

INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 1.600.000 km² do território nacional, sendo que 62% de suas terras (aproximadamente 980.000 km²) forma a região Semiárida, que está sujeita a períodos críticos de prolongadas estiagens (EMEPA, 2007). É caracterizada pela grande variabilidade temporal e espacial da precipitação, com baixos níveis pluviométricos (em torno de 350 a 700 mm ano⁻¹), e elevados níveis temperaturas (média de 28°C), além de uma alta demanda atmosférica que pode ultrapassar os 1800 mm ano⁻¹ (ANDRADE et al., 2010).

As características climáticas do Semiárido proporcionam quedas e paralisações na produção agropecuária local, acarretando em um aumento nos custos de fabricação dos produtos que são dependentes desse setor primário. Tratando-se especificamente do cultivo de plantas forragens, além da climatologia, a deficiência no manejo dessas plantas é outro fator limitante para o estabelecimento e produção de forragens nesta região do país (HERNÁNDEZ et al., 2004; VASCONCELOS et al., 2007; BISPO et al., 2007; TEGEGNE et al., 2007; COSTA et al., 2012).

Em decorrência disso, grande esforço tem sido feito para promover a produção de forragens adaptadas à região, que atendam às exigências de manutenção e de produção dos animais (BISPO, 2007). Dentro deste contexto, a palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.), tornou-se uma alternativa alimentar importante para as atividades da pecuária, a qual pode alcançar uma produtividade de até 40 toneladas de matéria seca por hectare em cultivo de sequeiro, na região do Semiárido brasileiro (SANTOS et al., 2006).

Essa espécie destaca-se por satisfazer eficientemente as exigências de adaptação às regiões áridas e semiáridas, tolerando condições de escassez de água,

altas temperaturas, solos pobres, sendo bastante utilizada como alimento no setor agropecuário de subsistência (NOBEL, 2001, HERNÁNDEZ et al., 2004; TEGEGNE et al., 2007). Além de forragem para os animais, essa planta proporciona produtos e subprodutos que podem ser usados na alimentação (frutas, verduras, bebidas, queijo vegetariano, etc.) e medicina humana, na indústria de cosméticos (xampus, sabonetes, etc.), na produção de aditivos naturais, biomassa para fins energéticos (combustível ou biogás), para criação de cochonilha (produção de carmim), entre outros fins, podendo tornar-se uma alternativa de renda para população das regiões áridas e semiáridas de todo o mundo (NOBEL, 2001; SÁENZ et al., 2004).

Originária do continente americano, mais precisamente do México (NOBEL, 2001; LIMA, 2011), a palma é uma espécie xerófila, que possui elevado potencial de produção de fitomassa e alto valor nutritivo, que são amplamente incorporados aos processos produtivos da região do Nordeste brasileiro (GUIMARÃES FILHO et al., 1995).

Rica em carboidratos, principalmente não fibrosos, importante fonte de energia para os ruminantes, a palma forrageira também apresentar baixa porcentagem de constituintes da parede celular e alto nível de digestibilidade de matéria seca (BISPO et al., 2007). Apresenta ainda como vantagem, a característica de seus cladódios serem fonte de água, que alivia e regula o suprimento hídrico dos animais, fortalecendo a sua importância para as áreas de baixa disponibilidade hídrica (BISPO, 2007).

No Brasil, acredita-se que a introdução da palma forrageira se deu por meio dos portugueses durante o período de colonização, para produção de carmim, sendo somente explorada pra forragem por volta de 1915 (PESSOA, 1967). O registro mais

antigo sobre cactáceas como forrageira, na literatura brasileira, foi a publicação de J. Barbosa Rodrigues em 1893, cujo título era Hortus Fluminensis ou Breves Notícias sobre as plantas cultivadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (DOMINGUES, 1963).

Já a sua introdução no Nordeste brasileiro deve-se a Herman Lundgren (ANDRADE, 1968), por volta do ano de 1877 (VIANA, 1969; ANDRADE, 1990; SANTOS, 1992). Entretanto Duque (2004) relata que a palma foi introduzida no nordeste, provavelmente depois de 1900 e que após a seca de 1932 foram plantados diversos campos de demonstração, desde o Piauí até a Bahia, 222 campos de propagação dessa cactácea, por ordem do Ministério da Viação, o qual foi considerado com o primeiro grande trabalho de difusão da palma no Nordeste brasileiro.

É também nessa região, onde se encontra a maior área cultivada com palma forrageira do mundo (mais de 500 mil hectares), difundida em sete estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), destacando-se Alagoas e Pernambuco com as maiores áreas, o que proporciona a alimentação e suplementação dos rebanhos (ovinos, caprinos e bovinos) (EMEPA, 2007).

Porém, nos últimos anos o Nordeste brasileiro vem sofrendo uma redução das áreas de palma cultivada, devido à presença de pragas e patógenos, o que tornaram um dos grandes entraves para propagação e manutenção dessa cultura. Entre esses problemas destaca-se a cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.), inseto introduzida no país para a produção do corante carmim, utilizado na indústria alimentícia, que quando mal manejada ou difundida livremente se torna uma praga para esse cultivo. Esse inseto alimenta-se sugando os cladódios e inserindo toxinas, o que provoca o amarelecimento e queda dessas partes vegetativas das plantas, podendo provocar a

morte da planta e eliminação do cultivo, em níveis de alta infestação (VASCONCELOS et al., 2009).

Os estudos correlacionados com o controle biológico e químico dessa praga ainda são poucos, havendo mais pesquisa para a determinação de plantas resistentes, caracterizado dessa forma como a melhor estratégia para o seu cultivo em áreas infestadas. Em decorrência disso, vêm sendo cada vez mais estudado e cultivado na região Nordeste alguns clones resistentes, como é o caso do clone Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, do gênero *Opuntia*, e dos clones Miúda/IPA-100004 e IPA-Sertânia/IPA-200205, do gênero *Nopalea* (VASCONCELOS et al., 2009; ARAÚJO PRIMO, 2013).

A adaptabilidade que essa espécie possui aos ambientes de baixa disponibilidade hídrica se deve as suas características de captação diária do dióxido de carbono (CO₂) e da perda de água para atmosfera. É uma espécie de metabolismo MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), que fecha os estômatos durante o dia, evitando a perda de água, e abrem durante a noite, quando há um baixo déficit de pressão de vapor d'água. Como resultado, esse tipo de espécie apresenta alta eficiência no uso da água (kg de água/ kg de matéria seca), sendo muito superior às plantas de metabolismo C3 (ciclo de Benson-Calvin) e C4 (Via de Kortschack, Hatch-Slack) (PIMENTEL, 1998; NOBEL, 2001; BISPO et al., 2007).

Apesar de toda a essa adaptabilidade morfológica ao ambiente, o crescimento e desenvolvimento da palma variam com as oscilações das condições meteorológicas, onde muitas vezes se faz necessário a realização de eventos de irrigação em seu sistema de produção para que possa atender suas necessidades hídricas (MERWE et al., 1997; HERNÁNDEZ et al., 2004, GUGLIUZZA et al., 2002).

Nobel (2001) considerada a temperaturas de 25°C durante o dia e de 15°C durante a noite é uma combinação ideal, sendo próxima a de Souza et al. (2008), que consideram satisfatórias para atingiram o potencial produtivo dessa cultura a faixa de temperaturas médias variando de 16,1°C a 25,4°C, com uma precipitações pluviométricas em torno dos 368,4 mm e 812,4 mm ano⁻¹.

É bastante comum irrigá-la em áreas com longos períodos de estiagem, onde essa planta é utilizada para produção de frutas (Israel, Itália e Chile) (NOBEL, 2001) para suprir as necessidades hídricas das plantas, principalmente em períodos de baixos níveis pluviométricos, a fim de assegurar a produtividade e a sobrevivência culturas, ou até mesmo para entender a dinâmica de absorção nutricional da cultura (CASTILLO et al., 2006).

Na região do Nordeste brasileiro, ainda são poucos as áreas com palma irrigada, porém elas vêm crescendo nos últimos anos, principalmente devido a pesquisas que correlacionem à produtividade da cultura conforme a disponibilidade de água. Lima et al. (2009) divulgaram que a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, a partir de experiência de um produtor locais, inseriu um projeto de pesquisa de cultivo irrigado (gotejamento de 5 litros por metro linear a cada 15 dias) e adensado (50 mil plantas/ha) da palma forrageira, nos municípios de Lajes, Pedro Avelino, Angicos e Cruzeta, Rio Grande do Norte, em que indicaram, a parti das análises técnicas e econômicas iniciais, que esse método poderá ser uma opção viável para a pecuária do Semiárido.

O déficit de água no solo influencia negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ser considerado como uma barreira para o aumento da produtividade agrícola (MARTINS et al., 2008), devido provocar uma redução do seu conteúdo de água e do seu potencial hídrico, resultando em perda de

turgescência, fechamento dos estômatos, redução do crescimento e, conseqüentemente, redução da produção final (FERREIRA et al., 2007).

Desta forma, os conhecimentos de como as plantas respondem aos diferentes níveis de disponibilidade de água, são consideradas como indispensáveis para o estabelecimento de estratégias de manejo, que visam o melhor uso das reservas de água no solo pelas culturas (SILVA, 2007). Informações como essas são fundamentais para o manejo da palma forrageira, na busca de um uso mais eficiente da água disponível, uma vez que esta cultura é muito cultivada em áreas com baixa disponibilidade hídrica.

Para esse tipo de determinações, o método do balanço de água no solo em um sistema de cultivo é considerado satisfatório, e vem sendo utilizado para se estimar a evapotranspiração e da eficiência no uso de água (MOROKE et al., 2011). Esse método ajuda a definir os períodos mais prováveis de déficit hídrico para a cultura (CINTRA et al., 2000; LIBARDI, 2005). Trata-se da quantificação, durante um determinado período de tempo, da lâmina de água que entrou ou saiu de água em um volume delimitado pela superfície solo (superfície superior) a profundidade do sistema radicular (superfície inferior) (LIBARDI, 2005). Esse método é muito utilizado para determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), componente esse que é empregado para obtenção do seu requerimento hídrico das culturas (SILVA et al., 2009), no dimensionamento e planejamento da irrigação, especialmente em regiões como a do Semiárido brasileiro, que a escassez e a irregularidade das chuvas são fatores limitantes na produção agrícola (OLIVEIRA et al., 2010).

Outra forma de obtenção da resposta das plantas a quantidade de água disponível no solo é por meio do monitoramento do seu desenvolvimento. Para isso, são necessárias observações das modificações morfológicas das estruturas da planta

(caule, folha, fruto, entre outros), visando melhorar o entendimento da influência que a disponibilidade de água. Poucos são os estudos que fazem referências às alterações da morfologia em função da disponibilidade hídrica, logo que a maioria atrela a resposta da planta apenas ao retorno produtivo, ou seja, aos efeitos no decréscimo da produção (SILVA et al., 2010a; SILVA; NEVES, 2011).

Embora a palma seja muito estudada em termos de influência do manejo (adubação, espaçamento, escolha da cultivar, entre outros) sobre o rendimento (RAMOS et al., 2011; SILVA et al., 2010b), são poucos os estudos que abordam a evapotranspiração e a análise morfogenética a diferentes níveis de disponibilidade hídrica. Por se tratar de uma cultura bastante usada no processo produtivo animal em áreas áridas e semiáridas, como é o caso do Semiárido brasileiro, são indispensáveis esses conhecimentos para melhoria do seu manejo, pois não existem dados dessa cultura em condições irrigada na região, uma vez que será possível aperfeiçoar o uso dos recursos hídricos locais e ao mesmo tempo atender às necessidades hídricas da espécie e da produtividade esperada.

Como a palma forrageira é uma espécie de alta eficiência no uso de água com bons níveis de produtividade em baixas taxa de precipitação, e por possuir um metabolismo CAM que proporciona uma alta adaptação às condições do Semiárido brasileiro, espera-se que com estudos dessa natureza possam identificar um possível aumento da sua produtividade em baixos níveis de disponibilidade hídrica. Diante deste contexto esse trabalho teve como objetivo de quantificar a evapotranspiração e a resposta do crescimento de clones de palma forrageira irrigada, resistentes à cochonilha do carmim, na região do Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. A de. Notas para História da Palma forrageira no Nordeste. **Revista do Instituto do Ceará**, p. 168-170, 1968.
- ANDRADE, J. C. **As palmas forrageiras em Alagoas**. Maceió; Ed. Grupo Tércio Wanderley, p.181 1990.
- ANDRADE, A.P.; COSTA, R.G.; SANTOS, E.M.; SILVA, D.S. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p. 01-14, 2010.
- ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada.
- BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.V.; PESSOA, R.A.S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1902-1909, 2007.
- BISPO, S.V. **Substituição do Feno de Capim Elefante por Palma Forrageira em dietas para Ovinos**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- CASTILLO, I.O.; CUETO W.J.A.; SANTAMARÍA J.C.; MURILLO A.B.; TROYO E.D.; FLORES, H. N, P and K Removal by Vegetable Cactus Pear Cultivated with Dairy Manure under Drip Irrigation. In: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 5., 2006, Chapingo, **Resumos...** Chapingo: ISHS Acta Horticulturae, 2006. p. 193-198.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.23-28, 2000.

COSTA, R.G.; PINTO, T. F.; MEDEIROS, G.R.; MEDEIROS, A.N.; QUEIROGA, R.C.E.; TREVIÑO, I.H.; Meat quality of Santa Inês sheep raised in confinement with diet containing cactus pear replacing corn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.432-437, 2012.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife; Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais. p.76, 1963.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4. ed. Fortaleza-CE: BNB, 2004. EMEPA-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba), Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. **VI International Congresso n Cactus Pear and Cochineal/ VI General Meeting of FAO-CACTUSNET**: João Pessoa-Paraíba, 2007.

FERREIRA, P.A.; GARCIA, G.O.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, F.G.; SANTOS, D.B. Tolerância da variedade milho ufvm 100 à salinidade avaliada por três métodos. **Irriga**, v. 12, n. 4, p. 532-544, 2007.

GUGLIUZZA, G.; INGLESE, P.; FARINA, V.; Relationship between fruit thinning and irrigation on determining fruit quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits *In: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL*, 4., 2002, Hammamet, **Resumos...** Hammamet: ISHS Acta Horticulturae, 2002. p. 205-209.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J.G.G.; RICÉ, G.R. Sistema caatinga-buffel-leucena para produção de bovinos no Semiárido. Petrolina, PE: **EMBRAPA-CPATSA**, 39 p., 1995.

HERNÁNDEZ, A.F.; CASTILLO, I.O.; AMADOR, B.M.; HERNANDEZ, J.L.G. Enrique Troyo-Diegezc Yield and physiological traits of prickly pear cactus ‘nopal’ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, p. 97–107, 2004.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: **EDUSP**, 335p. 2005.

LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; NOBRE, F. V.; BARRETO, H. F. M. **Produção estratégica de alimentos para a pecuária familiar no semiárido: alternativas para a formulação de rações na própria fazenda**. Natal, RN: EMPARN, 2009. 53p.

MARTINS, F.B.; STRECK, N.A., SILVA, J.C.; MORAIS, W.W.; SUSIN, F.; NAVROSKI M.C.; VIVIAN, M.A.; Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1297-1306, 2008.

MOROKE, T.S.; SCHWARTZ, R.C.; BROWN, K.W.; JUO, A.S.R.; Water use efficiency of dryland cowpea, sorghum and sunflower under reduced tillage, **Soil & Tillage Research**, v.112, p. 76–84, 2011.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. P.300, João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001.

OLIVEIRA, G.M; LEITÃO, M.M.V.B.R.; ALMEIDA, A.C. Determinação da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura para as diferentes fases de desenvolvimento do melão (*Cucumis melo* L.) na região norte da Bahia. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.2, p. 142-151, 2010.

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

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. EDUR - Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.

SANTOS, D. C. **Estimativas de parâmetros genéticos em caracteres de clones da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill. e *Nopalea cochenillifera*, Salm Dyck)**. 1992. 119f. Dissertação de Mestrado (Zootecnia) Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

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

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, 48p., 2006.

SILVA, M.M. DA, **Balanço de água no solo com milho sob sistema plantio direto e diferentes dose de nitrogênio**. 2007. 87f. Tese de Doutorado (Física do Ambiente Agrícola) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SILVA, T.G. F., MOURA, M. S. B., ZOLNIER, S., SOARES, J. M., CARMO, J.F., Requerimento hídrico e eficiência de o uso da água em um cultivo de cana-de-açúcar

na Bacia do Rio São Francisco, Brasil; **XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Juazeiro (BA)/Petrópolis (PE), 2009.

SILVA, V.A.; ANTUNES, W.C.; GUIMARÃES, B.L.S.; PAIVA, R.M.C.; SILVA, V.F.; FERRÃO, M.A.G.; MATTA, F.M.; LOUREIRO, M.E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.5, p.457-464, 2010a.

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010b.

SILVA, J.A.L.; NEVES, J. A.; Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.29-36, 2011.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A.; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: III JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, **Anais...** Petrópolis: Embrapa Semi-Árido, 2008.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K.J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v.72, p.157–164, 2007.

VASCONCELOS, A.G. V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTI, V.A. L.; SANTOS, M.V. F.; CÂMARA, T.; WILLADINO, L.; Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck), **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n.1, p. 28-31, 2007.

VASCONCELOS, A.G. V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTI, V.A. L.; SANTOS, M.V. F.; CÂMARA, T.; WILLADINO, L. 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.

VIANA, O. J. Pastagens de cactáceas nas condições do Nordeste. **Zootecnia**, v. 7, n. 2, p. 55-65, 1969.

I CAPÍTULO

Evapotranspiração da palma forrageira irrigada e sua relação com a disponibilidade hídrica e demanda atmosférica no Semiárido brasileiro

RESUMO – O objetivo deste estudo foi quantificar os componentes do balanço de água no solo cultivado com clones de palma forrageira, em diferentes condições de disponibilidade hídrica no Semiárido brasileiro, visando à determinação da variabilidade sazonal da evapotranspiração real e de sua relação com a demanda atmosférica local (razão E_{Tr}/E_{To}). O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada - PE, localizado no Nordeste brasileiro. A cultura foi submetida a nove tratamentos, dispostos em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em arranjo fatorial (3×3), no qual as parcelas foram compostas por três condições de disponibilidade hídrica, resultantes da aplicação de uma lâmina fixa de 7,5 mm em intervalos de 7; 14; e 28 dias, e as subparcelas por três clones de palma forrageira (OEM: Orelha de Elefante Mexicana; MIU: Miúda; e IPA: IPA Sertânia). O balanço de água no solo foi realizado a cada 14 dias, durante o período experimental (junho de 2012 a fevereiro de 2013), totalizando 18 subperíodos, que foram subdivididos em nove períodos. Em média, para o ciclo, as diferentes condições de disponibilidade de água no solo não influenciaram na evapotranspiração real (E_{Tr}) dos clones de palma forrageira, exibindo magnitude de $1,50 \text{ mm dia}^{-1}$, com evapotranspiração de referência (E_{To}) média de $5,13 \text{ mm dia}^{-1}$. Todavia, ao longo do tempo, houve maior diferença entre os períodos para o mesmo clone do que entre os clones no mesmo período. A relação E_{Tr}/E_{To} dos clones apresentou baixa magnitude nas condições impostas (ambiente acrescido da irrigação), proporcionando valores de $0,27 \pm 0,12$; $0,30 \pm 0,14$ e $0,29 \pm 0,12$ para a IPA, MIU e OEM, respectivamente.

Palavras-chave: balanço de água no solo, CAM, *Opuntia* spp., *Nopalea* spp.

**Evapotranspiration of irrigated forage cactus and its relationship with water
availability and atmospheric demand in the Brazilian Semiarid**

ABSTRACT - The objective of this study was to quantify the water budget components in the soil cultivated with forage cactus clones, under different conditions of water availability in the Brazilian Semiarid, in order to determine the seasonal variability of actual evapotranspiration and its relation with the local atmospheric demand (E_{Tr}/E_{To}). The experiment was conducted in Serra Talhada - PE, located in the Brazilian Northeast. The crop was subjected to nine treatments according to a randomized complete block design with three replications in a factorial arrangement (3×3), in which the plots consisted of three conditions of water availability, resulting from the application of a fixed irrigation depth of 7.5 mm using intervals of 7, 14, and 28 days, and the subplots consisted of three forage cactus clones (OEM: Mexican Elephant Ear; MIU: Tiny and, IPA: IPA Sertânia). The soil water budget was performed every 14 days during the experimental period (June 2012 to February 2013), providing a total of 18 subsamples, which were subdivided into nine periods. On the average, for the crop cycle, different conditions of soil water availability did not influence the actual evapotranspiration (E_{Tr}) of the forage cactus clones, showing a magnitude of 1.50 mm day^{-1} , with reference evapotranspiration (E_{To}) average 5.13 mm day^{-1} . However, there was a greater difference over time between the periods for the same clone, when compared to the clones in the same period. The relationship E_{Tr}/E_{To} showed low magnitude conditions imposed (ambient plus irrigation), giving values of 0.27 ± 0.12 , 0.30 ± 0.14 and 0.29 ± 0.12 for the IPA, MIU and OEM, respectively.

Keywords: Soil water budget, MAC, *Opuntia* spp., *Nopalea* spp.

INTRODUÇÃO

A palma (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) é considerada uma espécie muito promissora para a alimentação animal nas regiões áridas e semiáridas do mundo, em decorrência da redução da disponibilidade de outras plantas forrageiras, sobretudo durante os períodos de estiagens. Além disso, essa planta também minimiza os problemas de suprimento hídrico dos animais, devido a sua característica de retenção de elevado teor de água em seus cladódios (ARAÚJO et al., 2005; BISPO et al., 2007; CERVANTES et al., 2011).

A sua adaptabilidade a essas regiões deve-se ao mecanismo morfofisiológico MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), o qual possibilita alta eficiência no aproveitamento da água, logo que a abertura estomática é realizada à noite. Neste período ocorre a fixação do dióxido de carbono (CO₂) e de produtos fotossintéticos, pois o déficit de pressão de vapor d'água no ar é mais baixo, diminuindo, assim, as perdas por transpiração (NOBEL, 2001; HERNÁNDEZ et al., 2004; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2009).

Apesar destas características, que possibilitam a sua sobrevivência em ambiente de baixa disponibilidade de água, o crescimento e desenvolvimento da palma varia com as oscilações das condições meteorológicas (OLIVEIRA et al., 2011), sendo necessário, em muitas ocasiões, a utilização de irrigação para atender suas necessidades hídricas (MERWER et al., 1997; GUGLIUZZA et al., 2002).

O déficit de água no solo constitui um grande problema do ponto de vista da produção agrícola, afetando praticamente todos os aspectos de crescimento, como modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (SANTOS; CARLESSO, 1998; CAVALCANTE et al., 2009). Informações sobre as respostas das plantas aos níveis de armazenamento de água no perfil do solo são importantes

para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo que permitam o melhor uso das reservas de água pelas culturas (CINTRA et al., 2000; SILVA, 2007).

Uma das formas de aquisição dessas informações pode ser obtida por meio do método do balanço de água no solo, o qual combina as entradas e saídas de água num volume de controle, que vai da superfície até a profundidade desejada (dependendo do sistema radicular da cultura), em determinado intervalo de tempo (LIBARDI, 2005). Esse método permite a obtenção da demanda de água da cultura, por meio da determinação da sua evapotranspiração (ZHAO et al., 2004; MOUNZER et al., 2008; MOROKE et al., 2011; WARD et al., 2012), além do acompanhamento da quantidade de água armazenada no solo, ajudando a definir os períodos mais prováveis de déficit hídrico (LIBARDI, 2005; RAES et al., 2006; MA et al., 2013).

Em condições ideais de disponibilidade hídrica, é possível determinar o coeficiente de cultura (K_c) por meio da razão entre a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) e a evapotranspiração de referência (E_{To}), sendo este parâmetro um reflexo do sistema de cultivo, aspectos morfofisiológicos e a demanda atmosférica do local (CARVALHO et al., 2006; ALLEN et al., 1998). Contudo, em condições de limitações hídricas, essa razão apenas revela a resposta da E_{Tc} às condições do ambiente local (ARAÚJO PRIMO, 2013).

As características fisiológicas das plantas influenciam diretamente nos resultados do balanço hídrico, principalmente com relação à evapotranspiração. Elas podem ser classificadas em grupos, de acordo com a sua eficiência em fixar CO_2 , devido aos seus mecanismos estomáticos de controle de entrada e a saída de gases, sendo distribuídos em grupos de plantas MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), C3 (ciclo de Benson-Calvin) e C4 (Via de Kortschack, Hatch-Slack). Quando comparada

aos grupos C3 e C4, as plantas MAC possuem elevada eficiência do uso de água (PIMENTEL, 1998; NOBEL, 2001).

Apesar da importância da palma forrageira para a pecuária, são raras as pesquisas sobre a evapotranspiração dessa espécie (CONSOLI et al., 2013; HAN; FELKER, 1997), principalmente em condições irrigadas. Desta forma, objetivou-se com este trabalho quantificar os componentes do balanço de água no solo cultivado com clones de palma forrageira, em diferentes condições de disponibilidade hídrica no Semiárido brasileiro, visando à determinação da variabilidade sazonal da evapotranspiração real e de sua relação com a demanda atmosférica local (razão E_{Tr}/E_{To}).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (Latitude: 7°57' S; longitude: 38°11' O; e altitude: 506 m), no município de Serra Talhada, Pernambuco, região Semiárida do Nordeste brasileiro, com clima predominante do tipo BSw'h', conforme a Classificação Climática de Köppen, que o enquadra como tropical seco. Sendo esta localidade é caracterizada por apresentar uma média histórica de precipitação pluvial de 642 mm ano⁻¹, com temperatura do ar que varia entre 20,1 a 32,9°C e umidade relativa do ar em torno de 63% (SUDENE, 1990; CAVALCANTI; SILVA, 1994; SILVA et al., 2007).

A área experimental possui aproximadamente 864 m² (15 x 57,6 m), cujo solo foi classificado como um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico de textura franco arenosa. O plantio foi realizado em fevereiro de 2010, com três clones de palma forrageira, sendo uma do gênero *Opuntia*, denominada de Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, e os outros do gênero *Nopalea*, denominados de Miúda/IPA-100004 e IPA-Sertânia/IPA-200205. Todos os clones foram cultivados em

espaçamento de 0,2 m entre os cladódios e de 1,6 m entre linhas, em curva de nível, tendo 50% do seu comprimento enterrado no solo. O cultivo foi conduzido em condições de sequeiro durante os dois primeiros anos, que caracterizaram o primeiro ciclo bianual da cultura.

Em março de 2012 houve a primeira colheita, permanecendo em campo apenas o cladódio basal (cladódio inserido no solo e que irá originar os demais cladódios), iniciando-se o segundo ciclo produtivo da cultura. Neste ciclo, a irrigação foi iniciada em junho de 2012 até o final do primeiro ano do segundo ciclo produtivo (em fevereiro de 2013), por meio de um sistema de gotejamento (0,4 m entre os gotejadores). Assim, três meses do ciclo de um ano foram conduzidos em condições de sequeiro e nove em condições irrigadas, sendo os nove meses utilizados para realização desta pesquisa.

Ao longo do período experimental, sempre quando necessário, houve a realização de capinas para eliminação de plantas invasoras, controle de insetos com produtos químicos (controle de lagartas com Losban a 0,15% e cochonilha de escama com óleo mineral a 2%). A adubação seguiu as recomendações do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, utilizando mensalmente 50 kg ha⁻¹ de NPK (14-0-18).

A disposição do experimento foi em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em arranjo fatorial (3x3), onde as parcelas foram compostas por três condições de disponibilidade hídrica (7; 14; e 28 dias de frequências de irrigação), resultantes da aplicação de uma lâmina fixa de 7,5 mm; e as subparcelas foram formadas pelos três clones de palma forrageira (OEM: Orelha de Elefante Mexicana; MIU: Miúda; e, IPA: IPA Sertânia). No total, o experimento foi constituído de 27 subparcelas, cada uma com 32 m² (5 x 6,4m) de área total e 12,8 m² (4 x 3,2 m) de área útil.

A lâmina de 7,5 mm foi definida com base em informações levantadas em áreas de produtores de palma forrageira do Estado do Rio Grande do Norte, que realizam a irrigação da cultura com eventos de 5,0 mm a cada 14 dias. Esses valores de referência foram utilizados para estabelecer a lâmina de 7,5 mm em três diferentes em frequências de irrigação (7; 14; e 28 dias) para os três clones de palma forrageira (IPA, MIU e OEM).

As irrigações iniciaram-se no mês de junho de 2012, sendo feito primeiramente aplicações de lâminas de uniformização, para atingir a capacidade de campo e estabilizar o dossel da cultura. As diferenciações entre os tratamentos começaram a partir do mês de agosto de 2012, quando a palma forrageira recebeu durante todo o período experimental, independente do clone, lâminas de irrigação de 188; 105 e 68 mm, conforme as frequências de irrigação de 7, 14 e 28 dias. Estes valores somados a precipitação pluviométrica, durante o período de junho de 2012 a fevereiro de 2013 (159 mm) e a lâmina de uniformização (159 mm), totalizaram 506 mm; 423 mm e 386 mm, respectivamente.

Foi feito o monitoramento do conteúdo de água no solo, por meio da instalação de um tubo de acesso por subparcela e de uma sonda capacitiva (Diviner@2000, Sentek Pty Ltda. Austrália), que registrava leituras de frequência relativa a cada 0,1m de profundidade (ANDRADE JÚNIOR et al., 2007; FRANCO, 2009). Posteriormente, as leituras foram convertidas em lâmina de água (mm) (SENTEK, 2007). Os dados foram obtidos nas profundidades de 0,1 a 0,7 m, em intervalos de três dias, desde junho de 2012 (quando iniciaram as irrigações) a fevereiro de 2013 (término do experimento). Conforme descrito em Araújo Primo (2013), a sonda capacitiva foi calibrada antes da realização das medições.

Elementos meteorológicos (temperatura do ar, °C; e umidade relativa do ar, %; precipitação pluviométrica, mm; radiação solar global, MJ m⁻² dia⁻¹; e, velocidade do vento, m s⁻¹) foram adquiridos a partir de uma estação automática pertencente à Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC/ITEP, localizada a cerca de 700 m da área de cultivo. Com esses dados, foi estimada a evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹) pelo método de Penman-Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

O balanço de água no solo foi realizado por meio da determinação dos componentes que representam as entradas e saídas de água no solo, considerando-se um volume de controle limitado a profundidade de 0,60 m, para todos os tratamentos, uma vez que as maiores concentrações de raízes da palma forrageira ocorrem nas camadas mais superficiais (NOBEL, 2001). Na determinação dos componentes do balanço de água no solo, as entradas e saídas de água por escoamento subsuperficial (ΔESS) foram desprezadas devido à baixa declividade da área.

Assim, a equação do balanço de água no solo foi escrita como:

$$\Delta A = P + I \pm R \pm Q - ET \quad (1)$$

em que, ΔA é a variação do armazenamento de água no solo (mm), P é a precipitação pluviométrica (mm), I é a irrigação (mm), R escoamento superficial (mm), Q é o fluxo vertical de água no solo (mm) e ET representa a evapotranspiração (mm).

A variação do armazenamento (ΔA , mm) foi obtida pela diferença dos valores de lâmina de água determinadas a cada 0,10 m e integrados até 0,60 m, com medições realizadas em intervalos de 14 dias, de tal modo que:

$$\int_{n=1}^{14} \Delta A = A_f - A_i \quad (2)$$

em que, A_f e A_i são os armazenamentos de água acumulados no final e início do período de 14 dias, nessa ordem.

O monitoramento da precipitação pluviométrica (P , mm), foi executado pela estação meteorológica automática; e a irrigação (I , mm), foi constituída de um valor fixo de lâmina (7,5 mm) para todos os tratamentos.

O escoamento superficial (R , mm) foi estimado utilizando uma metodologia proposta pelo Serviço de Conservação dos Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS-USDA), denominado método do “Número da Curva”, e desenvolvido para grandes volumes de chuvas, levando em consideração o tipo de solo, o seu uso, a umidade inicial e as propriedades hidrológicas do local, sendo calculado pela equação:

$$R = \frac{\left(P - 0,2 * \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right)} \quad (3)$$

em que, CN é o número da curva, que para esse estudo foi de 75, sendo o que melhor representa a condição de solo do experimento, com moderada taxa de infiltração quando completamente úmido e plantio em fileiras com curvas de nível de boa condição hidrológica.

O fluxo vertical de água no solo (Q , mm) é representado pela drenagem profunda (DP, mm; sinal negativo) e/ou ascensão capilar (AC, mm; sinal positivo), determinados pela equação proposta por Darcy-Buckingham (LIBARDI, 2005):

$$Q = -K(\theta) \frac{\Delta\psi t}{\Delta z} \quad (4)$$

em que, $K(\theta)$ é a condutividade hidráulica do solo, $\Delta\psi t/\Delta z$ o gradiente do potencial de água no solo, entre as camadas de 0,50 e 0,70 m.

O parâmetro $K(\theta)$, expresso em $m\ h^{-1}$, foi estimado em função do conteúdo de

água no solo, usando a equação abaixo, calibrada para a profundidade de 0,60 m, por meio do método do perfil instantâneo, conforme descrito por Araújo Primo (2013).

$$K(\theta) = K_o e^{\gamma(\theta - \theta_o)} \quad (5)$$

em que, γ é uma constante de ajuste (67,8977), e K_o (0,0001 m h⁻¹) e θ_o (0,3105 m³ m⁻³) são os valores iniciais da condutividade hidráulica e do conteúdo de água no solo, correspondente ao tempo zero de redistribuição, ou seja, na condição de saturação e, θ é a umidade volumétrica (cm³ cm⁻³).

O gradiente do potencial total de água no solo ($\Delta\psi_t/\Delta z$), em m m⁻¹, entre as camadas de 0,50 e 0,70 m, foi obtido pela estimativa do potencial total de água no solo (ψ_t), para ambas as profundidades, em todos os 27 tubos de acesso, por meio dos valores de conteúdo de água no solo e da equação abaixo ajustada conforme Araújo Primo (2013).

$$\psi_t = \alpha e^{-\beta\theta} \quad (6)$$

em que, α e β são parâmetros adimensionais que foram ajustados, por meio do método do perfil instantâneo, para as profundidades de 0,50 m (249,9288 e -20,2236) e 0,70 m (789,0253 e -19,1510).

A evapotranspiração (ET, mm), foi quantificada a partir do resíduo da equação do balanço de água no solo, cujos componentes foram calculados para intervalos de 14 dias, resultando em 18 subperíodos ao longo do tempo experimental, e subdivididos posteriormente em nove períodos de 28 dias, para melhor análise dos dados (Tabela 1).

Tabela 1. Datas de início e término dos nove períodos em que foram acumulados os componentes que constituem o balanço de água no solo, durante o período de junho de 2012 a fevereiro de 2013, no município de Serra Talhada-PE.

Período	Data de Início	Data de Término
1	21-Jun-2012	18-Jul-2012
2	19-Jul-2012	15-Ago-2012
3	16-Ago-2012	12-Set-2012
4	13-Set-2012	10-Out-2012
5	11-Out-2012	07-Nov-2012
6	08-Nov-2012	05-Dez-2012
7	06-Dez-2012	02-Jan-2013
8	03-Jan-2013	30-Jan-2013
9	31-Jan-2013	27-Fev-2013

Libardi (2005) recomenda que a estimativa dos componentes do balanço de água no solo, visando a determinação da ET, seja feita em pequenos intervalos de tempo e, depois, integrada para todo o período de tempo selecionado. De acordo com o autor, quando a estimativa do fluxo vertical de água no solo (Q), é realizada com a utilização de intervalos maiores pelo método de Darcy-Buckingham, os resultados não são satisfatórios. Dessa forma, há incertezas no que se refere a variação da umidade e potencial total de água do solo com a profundidade.

Alberto et al. (2009) determinaram o balanço de água com a utilização de intervalos de tempo de aproximadamente 14 dias. Já Ward et al. (2012) relataram que o armazenamento de água no solo foi determinado a cada 28 dias. Souza et al.(2013), por sua vez, estimaram os componentes do balanço, na cidade de Areia, Paraíba, em períodos que variaram de 7 a 13 dias. Portanto, os intervalos desses trabalhos estão próximos ao adotado no presente pesquisa, que foi de 14 dias.

A razão E_{Tr}/E_{To} foi obtida pela relação entre a evapotranspiração real (E_{Tr}) dos diferentes clones de palma forrageira e a evapotranspiração de referência (E_{To}), determinadas ao longo dos 9 períodos do balanço de água no solo (Tabela 1).

Todos os componentes do balanço de água no solo foram comparados por meio da análise de variância (ANOVA) e, caso a mesma fosse significativa, aos testes de média de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o Software GENES (Genética Quantitativa e Estatística Experimental) (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o primeiro ano do segundo ciclo da cultura (março/2012 a fevereiro/2013), os maiores valores das taxas da evapotranspiração de referência (ET_o) ocorrem quando são observados os maiores eventos de precipitação, proporcionando um valor médio de 5,1 mm dia⁻¹, com uma demanda atmosférica total de 1872 mm (Figura 1).

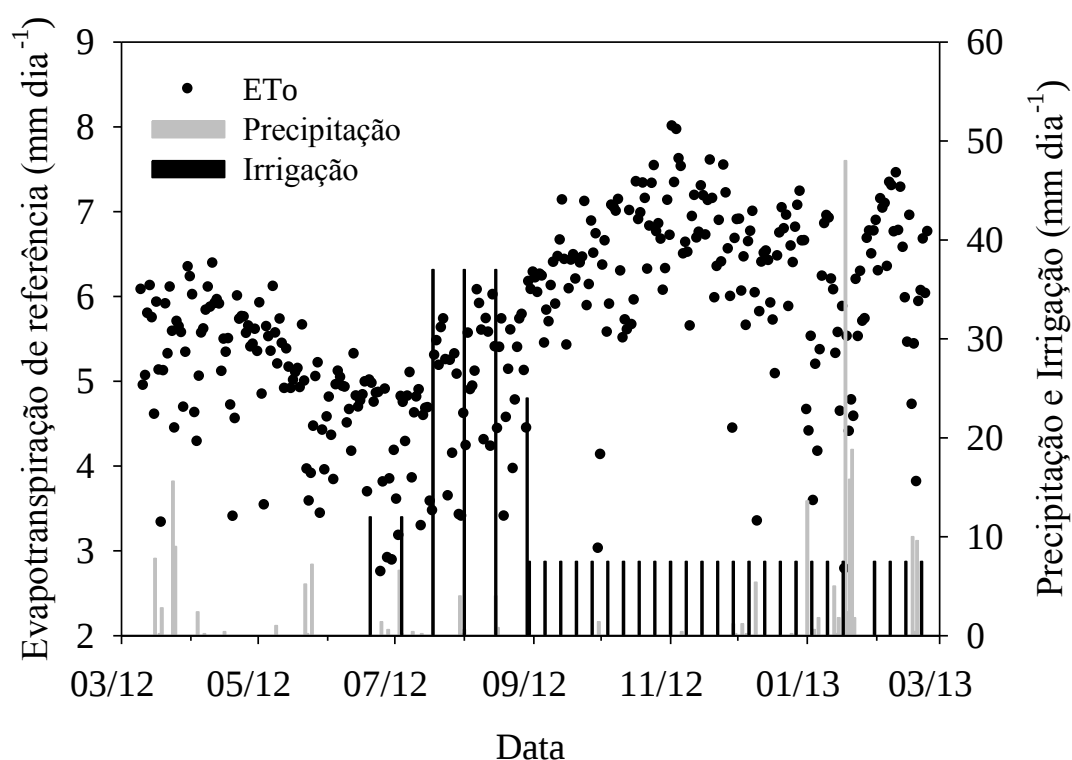


Figura 1. Valores diários de evapotranspiração de referência, precipitação e irrigação para área cultivada com três clones de palma forrageira, durante o período de março/2012 a fevereiro/2013, no município de Serra Talhada-PE.

Durante esse período, foi registrado apenas 211 mm de precipitação, representando apenas 33 % da normal climatológica anual (642 mm), como resultado do fenômeno atmosférico conhecido como El Niño - Oscilação Sul (ENOS), o qual provoca baixos níveis de precipitação pluviométrica e aumento da demanda atmosférica no Nordeste brasileiro.

O conteúdo médio de água ao longo do tempo, no perfil do solo cultivado com três clones de palma forrageira (IPA, MIU e OEM) em diferentes condições de disponibilidade de água no solo (frequências de irrigação de 7; 14 e 28 dias), na lâmina (L) de 7,5 mm (Figura 2, 3 e 4), apresentou um rápido aumento, nos meses de junho a agosto de 2012, por causa dos eventos de irrigação (lâmina de uniformização) e de precipitação, e no mês de janeiro de 2013, devido a uma elevada precipitação (129 mm). Para todos os clones avaliados, independente da disponibilidade de água no solo, o comportamento do conteúdo de água foi semelhante, apresentando médias de $0,14 \pm 0,04$; $0,13 \pm 0,04$ e $0,13 \pm 0,04 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, para os clones IPA, MIU e OEM, nessa ordem, com média de $0,13 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

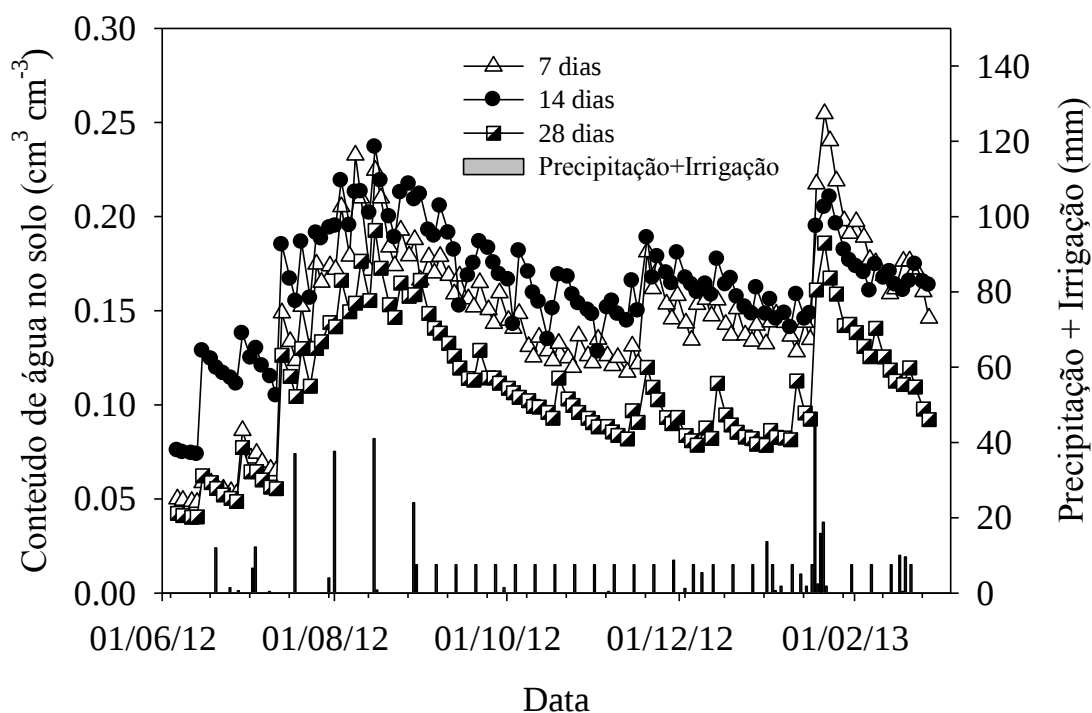


Figura 2. Evolução do conteúdo médio de água entre a superfície do solo e a profundidade de 0,60 m, em área cultivada com o clone IPA Sertânia - IPA (*Nopalea* sp.), sob diferentes condições de disponibilidade de água no município de Serra Talhada-PE. Os eventos de irrigação foram realizados com frequências de 7, 14 e 28 dias, utilizando uma lâmina de água de 7,5 mm.

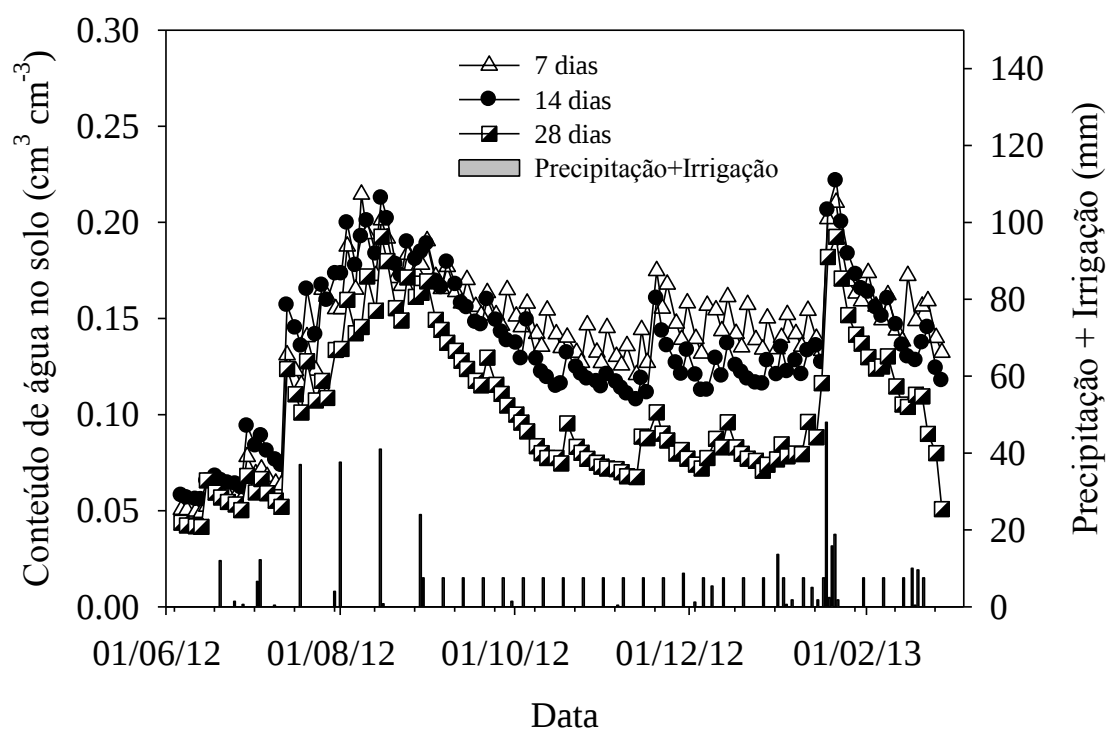


Figura 3. Evolução do conteúdo médio de água entre a superfície do solo e a profundidade de 0,60 m, em área cultivada com o clone Miúda - MIU (*Nopalea* sp.), sob diferentes condições de disponibilidade de água no município de Serra Talhada-PE. Os eventos de irrigação foram realizados com frequências de 7, 14 e 28 dias, utilizando uma lâmina de água de 7,5 mm.

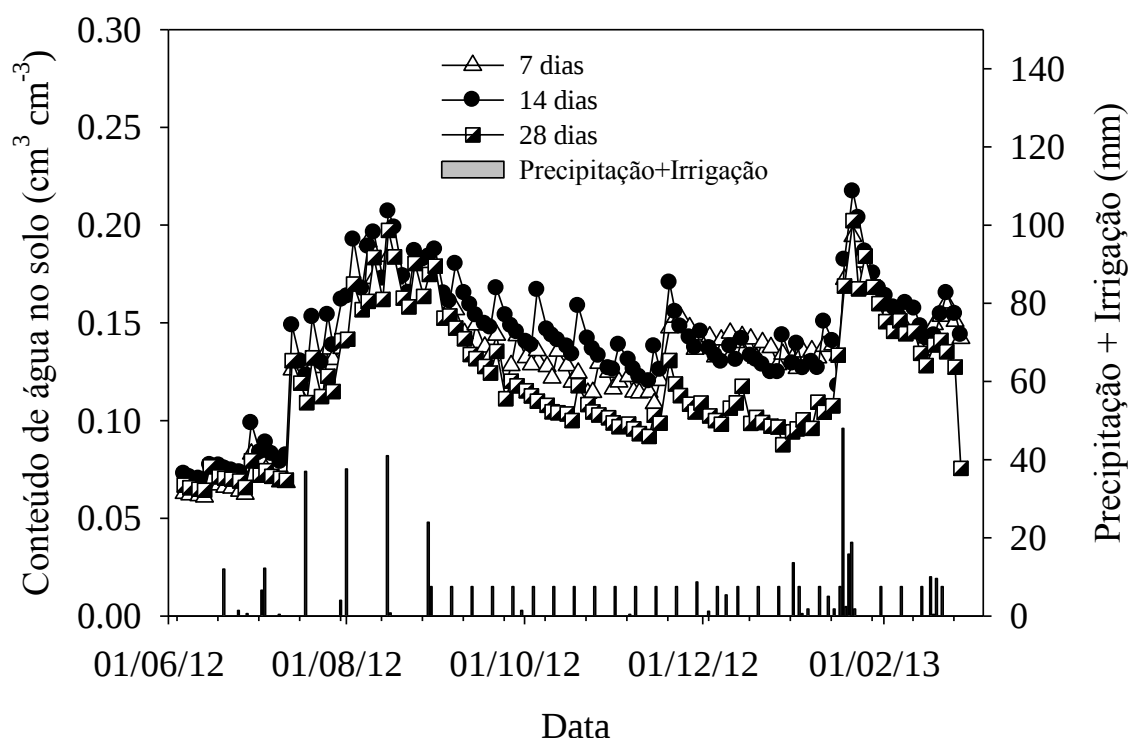


Figura 4. Evolução do conteúdo médio de água entre a superfície do solo e a profundidade de 0,60 m, em área cultivada com o clone Orelha de Elefante Mexicana - OEM (*Opuntia* sp.), sob diferentes condições de disponibilidade de água no município de Serra Talhada-PE. Os eventos de irrigação foram realizados com frequências de 7, 14 e 28 dias, utilizando uma lâmina de água de 7,5 mm.

O maior valor do conteúdo de água no solo foi detectado no dia 21/01/2013, próximo de $0,25 \pm 0,04 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Figura 2, frequência de 7 dias), que coincide com o período em que ocorreu o maior evento de precipitação pluviométrica. Todavia, o menor valor foi observado no dia 11/06/2012, com aproximadamente $0,04 \pm 0,02 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, que ocorreu antes do início dos eventos de irrigação (Figura 2, frequência de 28 dias).

Araújo Primo (2013), em trabalho executado no município de Serra Talhada, PE, durante dois anos de experimento com esses mesmos clones, em sequeiro (precipitação total de 1269 mm), também relatou que a rápida resposta do aumento do conteúdo de água no solo foi resultado dos eventos de precipitação. Os resultados mais métodos depois dos períodos de longa estiagem, quando não houve diferença do

conteúdo de água no solo entre os três clones, com os menores e maiores valores na ordem de $0,0797 \pm 0,0106 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,2630 \pm 0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente.

Para os valores acumulados dos componentes do balanço de água no solo durante o período experimental (Tabela 2), o escoamento superficial (R) foi bastante reduzido, equivalente a 0,08% da precipitação pluviométrica. Em muitos estudos, sobre a dinâmica de água no solo, este componente é considerado desprezível (CASTELLANOS et al., 2013; SOUZA et al., 2013).

Constatou-se nas diferentes condições de disponibilidade de água no solo, para a maioria dos componentes, que não houve diferenças significativas no fluxo vertical de água no solo entre os clones, tendo ocorrido apenas diferença estatística na condição de 14 dias para o clone IPA, com o maior valor drenagem profunda (-66 mm), diferindo do clone MIU (-23 mm).

Tabela 2. Valores acumulados de precipitação pluviométrica (P) adicionado a irrigação (I), fluxo vertical de água no solo (Q), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), evapotranspiração real acumulada (ETr (ac.)) e evapotranspiração real média diária (ETr (dia.)) no um solo cultivados com três clones de palma forrageira (IPA Sertânia – *Nopalea* sp., Miúda - *Nopalea* sp., Orelha de Elefante Mexicana - *Opuntia* sp.), em condições irrigadas no município de Serra Talhada-PE.

Condição		7 dias	
Clones	IPA	MIU	OEM
P+I	494	494	494
Q	-30 A	-12 A	-11 A
ΔA	54 A	44 A	46 A
ETr (ac.)	-411A	-439 A	-439A
ETr (dia.)	-1,6 A	-1,7 A	-1,7 A

Condição		14 dias	
Clones	IPA	MIU	OEM
P+I	411	411	411
Q	-66 B	-23 A	-34 AB
ΔA	26 A	31 A	41 A
ETr (ac.)	-319 A	-358 A	-336 A
ETr (dia.)	-1,3 A	-1,4 A	-1,3 A

Condição		28dias	
Clones	IPA	MIU	OEM
P+I	374	374	374
Q	-2 A	-2 A	-10 A
ΔA	22 A	-4 A	3 A
ETr (ac.)	-351 A	-376 A	-362 A
ETr (dia.)	-1,4 A	-1,5 A	-1,4 A

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal não diferem estatisticamente entre si.

Na avaliação dos componentes do balanço de água no solo ao longo do tempo, nos nove períodos de 28 dias, para os diferentes clones, pôde-se constatar que os mesmos, na maioria das vezes, também acompanharam os eventos de precipitação pluviométrica (Figura 5, 6 e 7). Todavia, o fluxo vertical de água no solo (Q) foi caracterizado apenas por fluxos descendentes (Figura 5), sendo principalmente identificado nos períodos 2 e 3, devido às lâminas de uniformização. Nos períodos 7, 8 e 9, quando a precipitação pluviométrica foi mais significativa, o valor de drenagem não se expressou na mesma intensidade, isto devido, provavelmente a boa

parte da água ter sido usada para o armazenamento no solo (Figura 6) e pelo aumento do consumo pela planta (Figura 7).

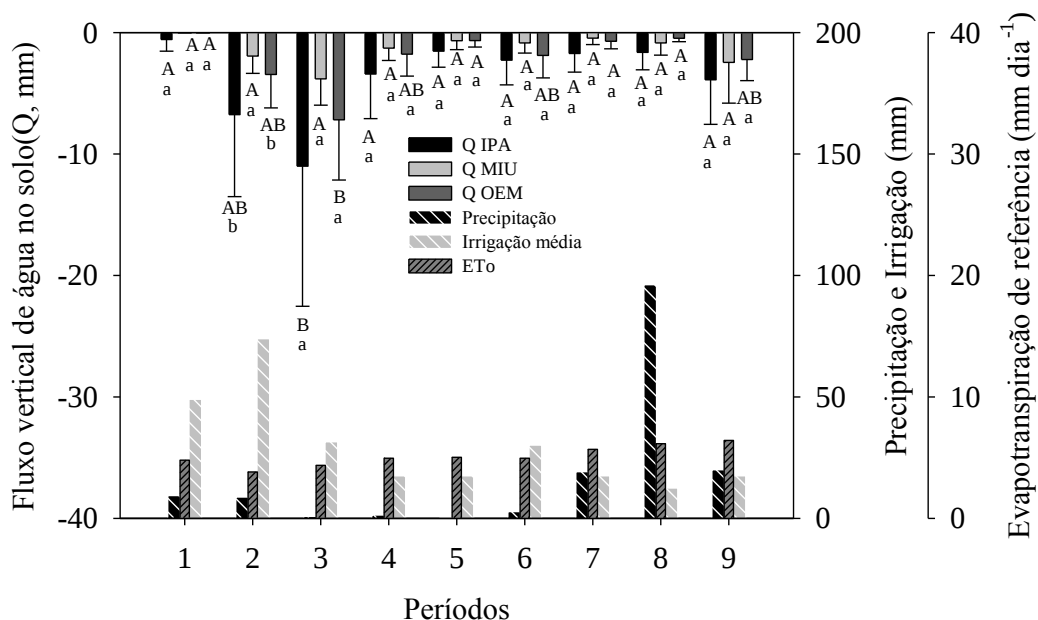


Figura 5. Fluxo vertical de água no solo, precipitação pluviométrica, irrigação e evapotranspiração de referência, de um solo cultivado com três clones de palma forrageira, em condições irrigadas no município de Serra Talhada-PE.

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, ao longo dos períodos, não diferem estatisticamente entre si ao longo do tempo e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, no mesmo período, não diferem estatisticamente entre si.

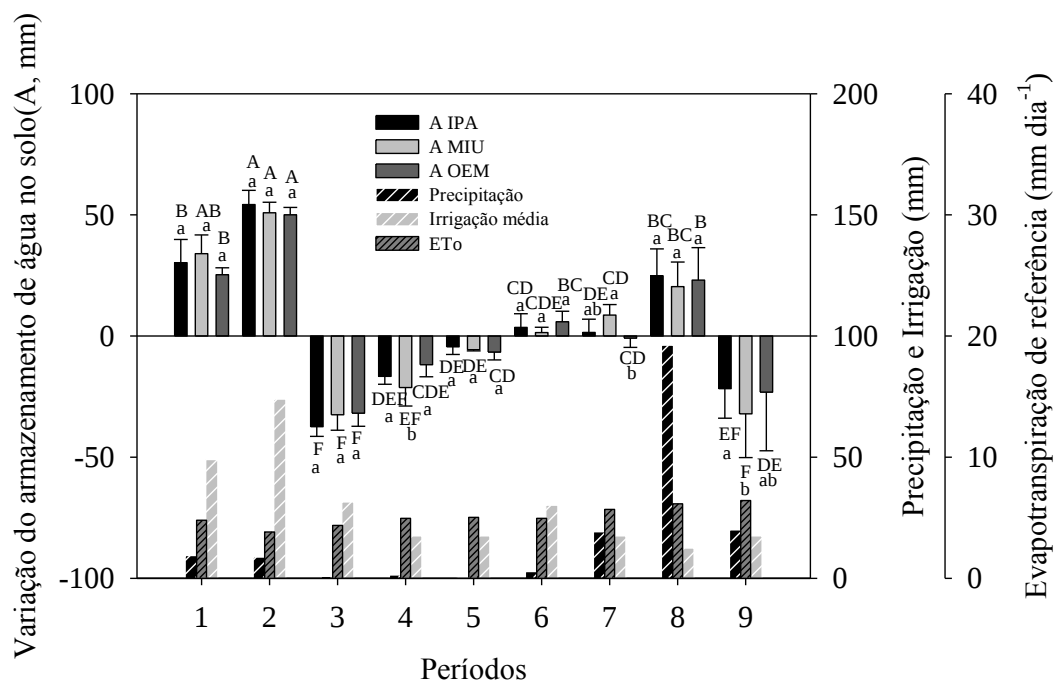


Figura 6. Variação no armazenamento de água, precipitação pluviométrica, irrigação e evapotranspiração de referências, de um solo cultivado com três clones de palma forrageira em condições irrigadas no município de Serra Talhada-PE.

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, ao longo dos períodos, não diferem estatisticamente entre si ao longo do tempo e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, no mesmo período, não diferem estatisticamente entre si.

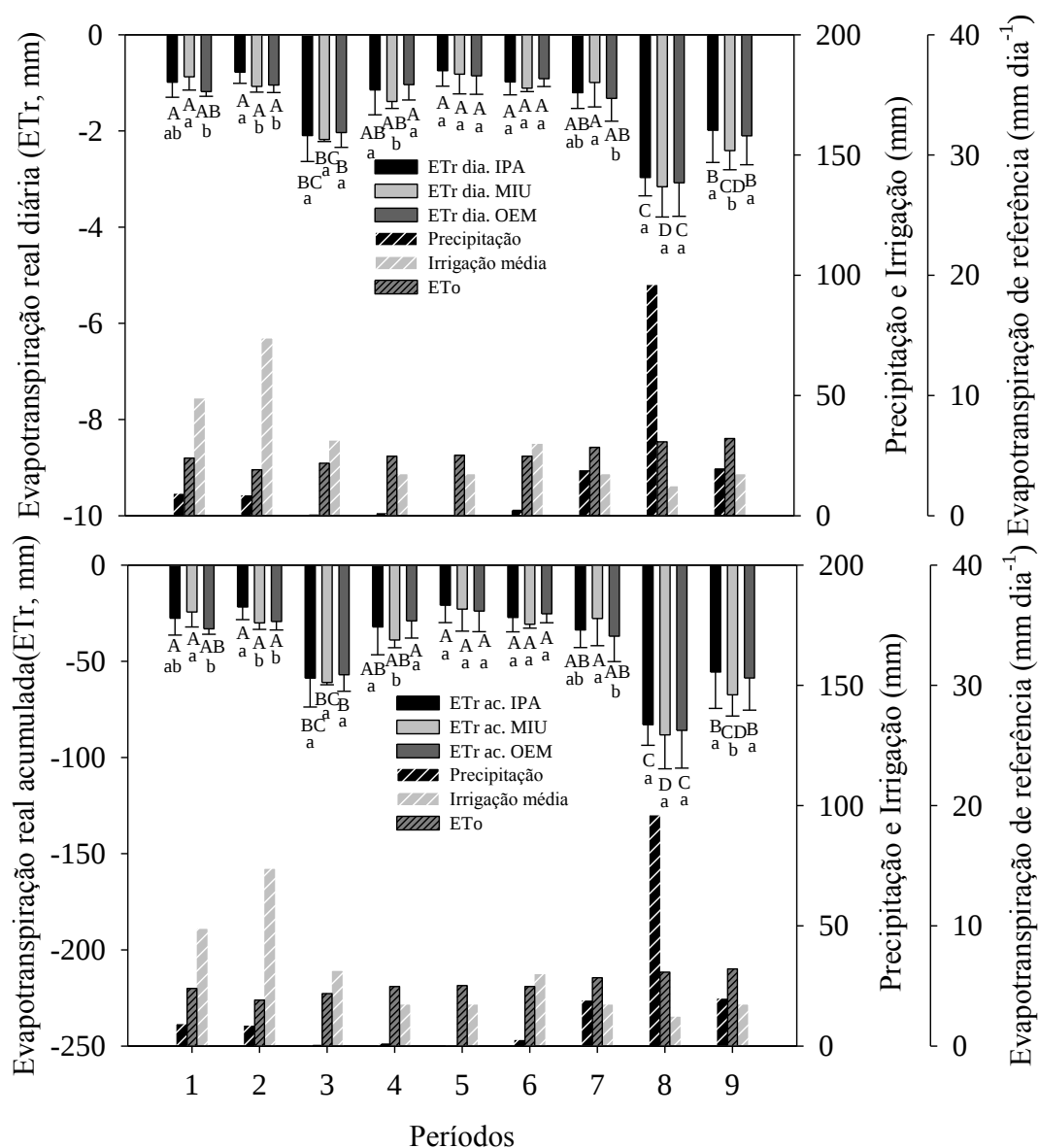


Figura 7. Evapotranspiração real diária, evapotranspiração real acumulada, precipitação pluviométrica, irrigação e evapotranspiração de referências, de um solo cultivado com três clones de palma forrageira, em condições irrigadas no município de Serra Talhada-PE.

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, ao longo dos períodos, não diferem estatisticamente entre si ao longo do tempo e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, no mesmo período, não diferem estatisticamente entre si.

O aumento do consumo de água pelos clones deve-se à formação rápida de raízes nas camadas mais rasas, denominadas de "raízes de chuva". Elas se formam depois que as gemas laterais respondem à umidade, e se desenvolvem a partir de gemas

latentes ocultas na casca de raízes adultas (HILLS, 2001; DUBROVSKY et al., 1998). Essas “raízes de chuva” morrem tão logo o nível de água diminui no solo (DUBROVSKY et al., 1998), o que explica os baixos valores de drenagem profunda nos períodos em que houve apenas os eventos de irrigação (Figura 5).

Araújo Primo (2013) também observou que, em períodos de precipitação elevada, os valores de drenagem profunda não acompanharam o mesmo ritmo, justificando que uma boa parte da água foi armazenada no solo e extraída pelo sistema radicular dos clones. Snyman (2006) em Bloemfontein, na região Semiárida da África do Sul, relata que a palma tem o sistema radicular superficial, ocorrendo predominantemente nas camadas superiores do solo (0 - 15 cm), onde o conteúdo de água é mais heterogêneo e ocorre absorção mais eficiente após a chuva.

Ao longo do tempo, o fluxo vertical de água no solo apresentou diferença estatística apenas no período 3, para os clones IPA e OEM. Já quando os clones são comparados no mesmo período de tempo, apenas o período 2 apresentou diferença significativa, tendo o clone MIU (-1,94 mm) diferenciado do IPA (-6,76 mm) e da OEM (-3,45 mm). Esta diferença pode estar associada com a maior extração de água pelas raízes desse clone, durante essa época de maior disponibilidade hídrica, que coincidiu com as lâminas de uniformização (Figura 5).

Para a variação do armazenamento de água no solo (Figura 6), constata-se que os maiores valores positivos ocorrem quando houve eventos de precipitação pluviométrica (períodos 1; 2; 6; 7 e 8), enquanto os valores negativos (períodos 3; 4; 5 e 9), são observados em períodos que precederam os maiores níveis de precipitação. Essa variável apresentou-se com um comportamento semelhante ao do relato de Araújo Primo (2013), em que os valores positivos ocorrem nos períodos de

maiores níveis de precipitação e os valores negativos nos períodos antecedentes aos eventos de chuva.

Na análise temporal, observa-se que, para todos os clones, o armazenamento de água no solo apresentou os maiores valores de variação no período 2, diferindo dos demais. Porém, nesta ocasião, o alto valor foi devido à lâmina de uniformização. Após a época de diferenciação das lâminas, foi possível detectar que os maiores valores positivos ocorrem no oitavo período, por causa do elevado da lâmina elevada de precipitação pluviométrica. Pela avaliação dos clones no mesmo período de tempo, constata-se diferença estatística nos valores do período 4, em que o clone MIU (-21,26 mm) diferiu da IPA (-16,65 mm) e da OEM (-11,86 mm). Esse mesmo clone também se diferenciou no período 7 (8,63 mm) do clone OEM (-0,83 mm); e no período 9 (-32,13 mm) do clone IPA (-21,75 mm).

Em termos de evapotranspiração real, expressa em valores diários e em as taxas acumuladas, os maiores valores, para todos os clones, foram identificados nos períodos 3, 8 e 9, que apresentaram as maiores precipitações pluviométricas, especialmente no oitavo período, que se diferenciou dos demais. Já quando se analisou os clones no mesmo período, a evapotranspiração real da OEM diferiu da MIU nos períodos 1 e 7. Para os períodos 4 e 9, o clone MIU se diferenciou dos demais, tendo no período 2 a OEM e a MIU e diferenciado da IPA (Figura 7).

Durante os 252 dias de avaliação (junho/2012 a fevereiro/2013), os clones exibiram média da evapotranspiração real acumulada de, aproximadamente, 378 mm, o que equivale a uma média de $1,5 \text{ mm dia}^{-1}$. Esses valores ficaram próximos aos obtidos por Han e Felker (1997), em um trabalho executado com duração de dois anos, na cidade de Kingsville, Texas-Estados Unidos da América. Os autores mencionaram valores de evapotranspiração para a palma forrageira de 1,53 e 1,37

mm dia⁻¹, quando a precipitação local foi de 883 e 662 mm, respectivamente. Araújo Primo (2013), em experimento conduzido durante um período de dois anos observou uma evapotranspiração real acumulada de 1170 mm, com média diária de 2,22 mm dia⁻¹. Por sua vez, Consoli et al. (2013), na região do Mediterrâneo, de Sicily, Itália, adotando o método micrometeorológico dos Vórtices Turbulentos, encontraram para a *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) a média de 2,5 mm dia⁻¹, tendo recebido 1329 mm.

As plantas MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) possuem uma elevada eficiência do uso de água (10 a 40 g de CO₂ fixado kg⁻¹ de H₂O transpirada), quando comparadas às plantas de metabolismo C3 (1 a 3 g de CO₂ fixado kg⁻¹ de H₂O transpirada) e C4 (2 a 5 g de CO₂ fixado kg⁻¹ de H₂O transpirada). Isso porque as plantas C4 apresentam uma condutância mesofílica superior às das C3, em decorrência da maior taxa de carboxilação, e da grande afinidade da enzima fosfoenolpiruvato carboxilase que utiliza como substrato o HCO₃⁻. Esta característica permite que as plantas C4 fotossintetizem com pequena abertura estomática e, conseqüentemente, com baixa perda de água e ausência de fotorrespiração. Devido a essa maior condutância mesofílica, as plantas C4 podem ter menor condutância estomática, economizando água. Já as plantas MAC, mantendo os seus estômatos abertos à noite, quando a transpiração é mais reduzida, e fechados durante o dia, quando a transpiração é máxima, terão maior economia de água (NOBEL, 1991).

Estudos relatam que algumas espécies MAC podem se comportar como espécies C3, quando submetidas a condição de maior disponibilidade hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2009). Nobel (2001) cita que sob uma boa disponibilidade de água, palma forrageira geralmente absorvem CO₂ pela manhã e no final da tarde, enquanto que as plantas C3 e C4 não absorvem durante a noite. Desta forma, em condições de alta disponibilidade de água no solo, espera-se que a evapotranspiração real da palma

forrageira atinja valores mais elevados, próximos àqueles observados em médias para plantas C3 e C4 (ARAUJO PRIMO, 2013).

Um exemplo disso é a cultura do abacaxi (*Ananas comosus* L.), planta de metabolismo MAC, que quando submetida a condições de elevada disponibilidade de água, passa a usar o metabolismo de plantas C3 (ALMEIDA; REINHARDT, 1999). Santana et al. (2013) conduziram um experimento no município de Uberaba, Minas Gerais, com abacaxi, em sistema irrigado por tubogotejamento, com tubulações superficiais e enterradas. Os autores obtiveram valores médios diários de evapotranspiração da cultura iguais a 3,37 mm para a tubulação superficial e de 2,88 mm para a enterrada.

Esses valores ficaram próximos aos relatados por Lima et al. (2011), que determinaram a evapotranspiração do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), classificado como uma espécie C3, para a cidade de Areia, Paraíba, sob condições de sequeiro. Nessas condições, foi observado um valor acumulado de 331 mm durante do ciclo, sendo a média diária de 3,8 mm. Similarmente Stone et al. (2006) obtiveram valor médio de evapotranspiração diária de 2,9 a 3,8 mm para o feijão (*Phaseolus vulgaris*), submetido a diferentes tipos de cobertura, na cidade de Santo Antônio de Goiás, Goiás.

Por outro lado, Silva et al. (2012) determinaram o requerimento hídrico da cana-de-açúcar irrigada, durante o ciclo de soca, variedade RB 92-579, na região semiárida do Submédio do Vale do São Francisco, município de Juazeiro, Bahia. Os autores obtiveram 4,7 mm dia⁻¹ de evapotranspiração média, sendo o requerimento total de 1710 mm, durante 357 dias de monitoramento.

Esses estudos confirmam as afirmativas de que as taxas diárias de evapotranspiração de espécies MAC são inferiores as de plantas C3 e C4, devido pois

a mesma priorizam em a assimilação de CO₂ durante o período noturno, quando a demanda atmosférica é a menor (CUSHMAN, 2001).

A relação entre a evapotranspiração real da de palma forrageira e a evapotranspiração de referência (ET_r/ET_o). Também acompanhou os eventos de precipitação pluviométrica da região, tendo os clones comportamentos semelhantes (Figura 8). Os maiores valores de ET_r/ET_o foram verificados no período 8 ($0,50 \pm 0,02$), em decorrência da precipitação de 129 mm, enquanto, o menor valor foi constatado no período 5 ($0,16 \pm 0,01$), o qual coincidiu com a ausência de eventos de precipitação pluviométrica, sendo que a reposição de água foi realizada apenas por irrigação (Figura 8).

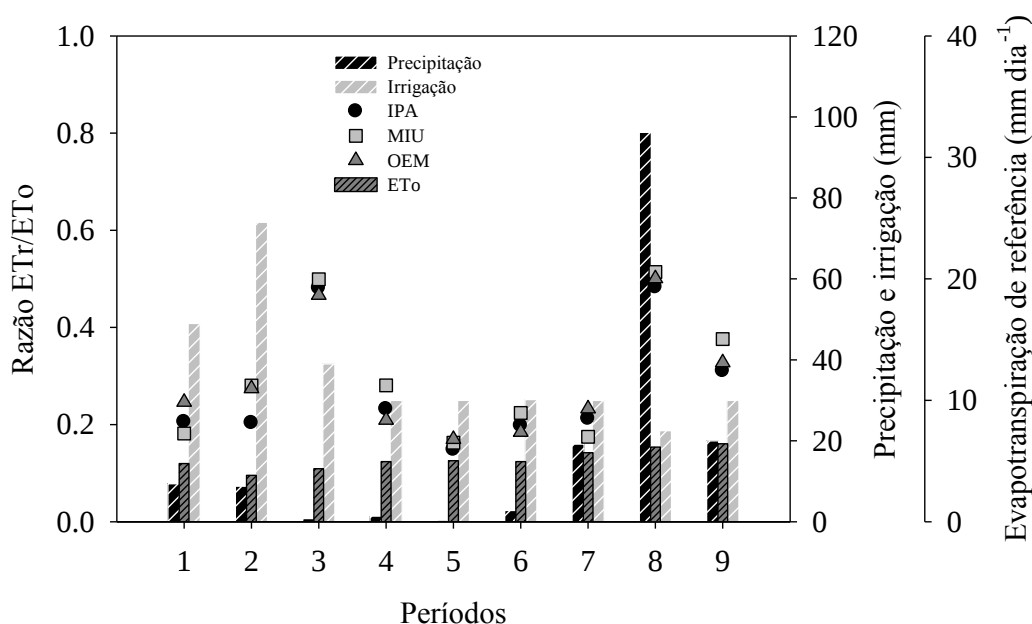


Figura 8. Relação entre a evapotranspiração real (ET_r) e a de referência (ET_o) para três clones de palma forrageira (IPA Sertânia – *Nopalea* sp., Miúda - *Nopalea* sp., Orelha de Elefante Mexicana - *Opuntia* sp.) em condições irrigadas, precipitação pluviométrica e a evapotranspiração de referência do município de Serra Talhada-PE.

Em média, os valores da razão E_{Tr}/E_{To} para os clones IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana foram em torno de $0,27 \pm 0,12$; $0,30 \pm 0,14$ e $0,29 \pm 0,12$, respectivamente, sendo a média entre os três clones igual a $0,29 \pm 0,12$. Esta relação é feita para obtenção do coeficiente de cultura em condições potenciais de plantio, e reflete a o sistema de cultivo, aspectos morfofisiológicos e a demanda atmosférica do local (CARVALHO et al., 2006; ALLEN et al., 1998). Entretanto, em condições com limitações hídricas, essa relação reflete a resposta da evapotranspiração da cultura às condições do ambiente local (ARAÚJO PRIMO, 2013).

Araújo Primo (2013) verificou comportamento semelhante ao do presente trabalho, no qual os maiores valores desta relação para clones de palma forrageira foram identificados nos períodos de altos níveis pluviométricos (acima de 400 mm), em consequência do aumento da evapotranspiração real dos clones e da menor demanda atmosférica. Porém, nestes períodos, os clones MIU e OEM receberam destaque com valores superiores a 1. Para o período de menor nível pluviométrico (abaixo de 50 mm), os clones tiveram comportamento semelhante, com média menor do que 0,20; isto por causa da redução da disponibilidade de água no solo e do aumento da demanda atmosférica.

Os valores da relação E_{Tr}/E_{To} encontrados por Consoli et al. (2013), para a palma forrageira, variaram de 0,25 a 0,50 durante o período de análise, com média de 0,40. Doorenbos e Kassam (1979) determinaram valores médios dessa relação para o abacaxi, sendo igual a 0,4 durante o período de 0 a 120 dias após o plantio (DAP), e de 0,5 após os 121 DAP. Por outro lado, Santana et al. (2013) obtiveram valores médios entre 0,63 e 0,73 para o abacaxi em condição irrigada. Mendonça et al. (2007) determinaram o valor médio de 0,86 para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.),

com variação entre 0,34 (Fase final) a 1,14 (Fase intermediária). Esses valores ($0,27 \pm 0,12$; $0,30 \pm 0,14$ e $0,29 \pm 0,12$,) ficaram próximos aos encontrados por Allen et al. (1998), que alternaram de 0,35 (Fase final) a 1,15 (Fase intermediária). Silva et al. (2012) apresentaram valores médios para a cana-de-açúcar, durante o ciclo de soca, de 0,65 a 1,10, respectivamente, as fases de brotação, e estabelecimento e crescimento máximo; que reduziu para 0,85 na fase de maturação da cultura.

CONCLUSÕES

1. Os componentes do balanço de água no solo apresentaram maiores diferenças, ao longo do tempo em decorrência dos eventos de precipitação pluviométrica, em comparação as diferentes condições de disponibilidade hídrica e dos distintos clones;
2. Os três clones de palma forrageira (IPA Sertânia – *Nopalea* sp., Miúda - *Nopalea* sp., Orelha de Elefante Mexicana - *Opuntia* sp.) não apresentaram diferenças nos valores de evapotranspiração;
3. As diferentes disponibilidades de água no solo (lâmina de 7,5 mm a cada 7, 14 e 28 dias) não influenciaram na evapotranspiração dos clones de palma forrageira;
4. A reposta da evapotranspiração dos clones de palma forrageira foi mais condicionada pela baixa disponibilidade de água no solo do que pela demanda atmosférica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A.; REINHARDT, D. H. R. C. Irrigação. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F.S. (Org.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 203-227. 1999.
- ALBERTO, C. M.; STRECK, N. A.; OLIVEIRA, F. B.; ZANON, A. J.; PINHEIRO, D. G. **Simulação do balanço de água no solo cultivado com trigo com**

modificação de dois modelos. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2009, vol.33, n.5, pp. 1449-1458. ISSN 0100-0683.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration:** Guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SILVA, C.R.; ROSSINI, D. Calibração de um sensor capacitivo de umidade em Latossolo Amarelo na microrregião do Litoral Piauiense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, p.303-307, 2007.

ARAÚJO, L.F.; OLIVEIRA, L.S.C; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O.L.S.; SILVA, F.L.H. Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus – indica* Mill) using *saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. **Brazilian archives of biology and technology**, v.48, p. 161-168, 2005.

ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano.** 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada.

BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.V.; PESSOA, R.A.S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1902-1909, 2007.

CASTELLANOS, M. T.; CARTAGENA, M. C.; RIBAS, F.; CABELLO, M. J.; ARCE, A.; TARQUIS. A. M. Impact of nitrogen uptake on field water balance in fertirrigated melon. **Agricultural Water Management**, v.120, p.56-63, 2013.

CAVALCANTE, A.C.R.; CAVALLINI, M.C; LIMA, N.R.C.B. Estresse por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras, **Documentos 89 on line**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, 2009.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1994, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p. 154-157.

CERVANTES, J.L.; MACHADO, D.I.S.; BAYPOLI, O.N.C.; SOLANO, C.B. Functional properties and proximate composition of cactus pear cladodes flours. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p.654-659, 2011.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.23-28, 2000.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Submitted September 18, 2012; January 31, 2013; posted ahead of print February 2, 2013. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000589

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: análise multivariada e simulação. Viçosa, Minas Gerais: UFV, p.175, 2006.

CUSHMAN, J.C. Crassulacean Acid Metabolism. A Plastic Photosynthetic Adaptation to Arid Environments. **Plant Physiology**, v.127, p.1439-1448, 2001.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 33).

DUBROVSKY, J. G., NORTH G. B.; NOBEL, P. S. Root growth, developmental changes in the apex, and hydraulic conductivity for *Opuntia ficus-indica* during drought. **New Phytology**, v.138, p.75-82, 1998.

FRANCO, E. M. **Monitoramento da dinâmica da água e solutos em um perfil de solo, sobre um sistema de fertirrigação por gotejamento, utilizando sonda de capacitância e extratores de solução**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

GUGLIUZZA, G.; INGLESE, P.; FARINA, V.; Relationship between fruit thinning and irrigation on determining fruit quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits In: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 4., 2002, Hammamet, **Resumos...** Hammamet: ISHS Acta Horticulturae, 2002. p. 205-209.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, v.36, p.133-148, 1997.

HERNÁNDEZ, A.F.; CASTILLO, I.O.; AMADOR, B.M.; HERNANDEZ, J.L.G. Enrique Troyo-Dieguez Yield and physiological traits of prickly pear cactus ‘nopal’ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, p. 97-107, 2004.

HILLS, F.S., Anatomia e morfologia, **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001, p.300.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335p.

LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIRA, C.A.B.O.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 65-74, 2011.

MA, Y.; FENG, S.; SONG, X. A root zone model for estimating soil water balance and crop yield responses to deficitirrigation in the North China Plain. **Agricultural Water Management**, v.127, p.13–24, 2013.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M.T.; PEÇANHA, A.L.; GOTTARDO, R.D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.471–475, 2007

MERWER, L.L.V.D.; WESSELS, A.B.; FERREIRA, D.I., Supplementary irrigation for cactus pear. In: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL. 3., 1997, Midrand, **Resumos...** Midrand: ISHS Acta Horticulturae, 1997. p. 77-81.

MOROKE, T. S.; SCHWARTZ, R. C.; BROWN, K. W.; JUO, A. S. R. Water use efficiency of dryland cowpea, sorghum and sunflower under reduced tillage. **Soil & Tillage Research**, v.112, p.76-84, 2011.

MOUNZER, O. H.; HERNÁNDEZ, R. M.; VILLENA, I. A.; MUÑOZ, J.V.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; VARGAS, L. M. T.; ARNALDOS, V. P.; GARCÍA, J. M. A. Estimating evapotranspiration by capacitance and neutron probes in a drip-irrigated apricot orchard. **INCI** [online], v.33, p. 586-590, 2008.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. New York: Academic Press, 1991. 635p.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB, João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 36-48.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J.P.F.; LEITE, M.L.M.V.; BRITO, E.A.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, p.7-12, 2009.

OLIVEIRA, A.S.C.; CAVALCANTE FILHO, F.N.; NASCIMENTO, A.H.; LOPES, K.B.P. A palma forrageira: alternativa para o semi-árido. **Revista Verde**, v.6, p. 49-58, 2011.

RAES, D.; GEERTS, S.; KIPKORIR, E.; WELLENS, J.; SAHLI, A. Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model. **Agricultural Water Management**, v.81, p.335–357, 2006.

SANTANA, M. J.; SOUZA, O. P.; CAMARGOS, A. E. V.; ANDRADE, J. P. R.; Coeficientes de cultura do abacaxizeiro nas condições edafoclimáticas de Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.6, p.602-607, 2013.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.287-294, 1998.

SENTEK. Diviner 2000: user guide version 1.4. **Stepney**: Sentek Pty Ltd, 2007.

SILVA, M.M. DA, **Balanço de água no solo com milho sob sistema plantio direto e diferentes dose de nitrogênio**. 2007. 87f. Tese de Doutorado (Física do Ambiente

Agrícola) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SILVA, T. G. F.; ZONIER, S.; MOURA M. S. B. DE; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, L. S. B. Umidade relativa do ar: estimativa e espacialização para o estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, 2007. Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia e EMBRAPA/Tabuleiros Costeiros. 2007.

SILVA, T.G.F.; MOURA, M.S.B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J.M.; VIEIRA, V.S.; JÚNIOR, W.G.F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.64–71, 2012.

SNYMAN, H. A. Root distribution with changes in distance and depth of two-year-old cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* plants. **South African Journal of Botany**, v.72, p.434-441, 2006.

SOUZA, C.; ANDRADE, A.P.; LIMA, J.R.S.; ANTONINO A.C.D.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. Balanço hídrico da cultura da mamona sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.3-10, 2013.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A.J.B.P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.4, p.577-582, 2006.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste- Estado de Pernambuco. Recife, 1990.

WARD, P. R.; FLOWER, K. C.; CORDINGLEY, N.; WEEKS, C.; MICIN S. F. Soil water balance with cover crops and conservation agriculture in a Mediterranean climate. **Field Crops Research**, v.132, p.33-39, 2012.

ZHAO, C.; FENG, Z.; CHEN, G. Soil water balance simulation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the semiarid Chinese Loess Plateau. **Agricultural Water Management**, v.69, p.101–114, 2004.

II CAPÍTULO

Crescimento de clones de palma forrageira irrigada no Semiárido brasileiro

Growth of clones of irrigated forage cactus in the Brazilian Semiarid

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento de clones de palma forrageira, submetidos a diferentes condições de disponibilidade de água na região do Semiárido brasileiro, durante o primeiro ano produtivo do segundo ciclo da cultura (março de 2012 a fevereiro de 2013). Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com três repetições usando um arranjo fatorial (3x3), no qual as parcelas foram formadas por três condições de disponibilidade de água, resultantes da aplicação de uma lâmina fixa de 7,5 mm em intervalos de 7, 14 e 28 dias para a disponibilidade de água no solo, e as subparcelas foram formadas por três clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia; MIU: Miúda; e OEM: Orelha de Elefante Mexicana). Durante o experimento, foram realizadas oito campanhas biométricas para análise morfológica da planta e dos cladódios. Constatou-se que, as condições de disponibilidade de água não apresentaram influências significativas ($P>0,05$) sobre a maioria dos valores absolutos e relativos das variáveis de crescimento dos três clones. Já quando se compararam os diferentes clones, independentemente da condição de disponibilidade de água, observou-se que, em termos de valores absolutos, a OEM apresentou as maiores médias, diferindo apenas da MIU. Quanto à avaliação ao longo do tempo, houve aumento das taxas de crescimento nos últimos meses do ciclo, devido à ocorrência de eventos de precipitação pluviométrica que, em conjunto com a aplicação dos tratamentos de irrigação, promoveram melhores incrementos biométricos nos clones OEM e IPA.

Palavras-chave: *Opuntia* spp., *Nopalea* spp., avaliações morfológicas.

ABSTRACT– The objective of this study was to evaluate the growth of clones of forage cactus, subjected to different conditions of water availability in the Brazilian Semiarid region, during the first production year of the second crop cycle (March 2012 to February 2013). The experiment was carried out in a randomized block design with three replications using a factorial arrangement (3x3), in which the plots consisted of three conditions of water availability, resulting from the application of a fixed irrigation depth (7.5 mm) at intervals of 7, 14 and 28 days, and the subplots were three forage cactus clones (IPA: IPA Sertânia; MIU: Tiny and, OEM: Mexican Elephant Ear. Eight biometric campaigns were performed during the experiment period allowing morphological analysis of the plants and cladodes. It was found that water availability conditions showed no significant influence ($P > 0.05$) on the majority of the absolute and relative values of the growth variables of the three forage cactus clones. However, when comparisons were performed among different clones, regardless of the water availability conditions, it was observed that, in terms of absolute values, the OEM had the highest means, differing only from the MIU clone. Regarding evaluations over time, there were increased growth rates in the last months of the crop cycle because of the occurrence of rainfall, which in conjunction with the application of the irrigation treatments promoted the best biometric increments for the OEM and IPA clones.

Keywords: *Opuntia* spp., *Nopalea* spp., morphological evaluations.

INTRODUÇÃO

A pecuária na região Semiárida do Brasil sofre influências da variabilidade temporal e espacial das chuvas, principalmente em decorrência da estacionalidade da

produção de forragens nos meses com baixos índices pluviométricos. Aliado a isso, a reduzida capacidade de suporte da caatinga para alimentação animal acarreta deficiência nutricional durante períodos de estiagem (RAMOS *et al.*, 2011), gerando a busca por plantas forrageiras alternativas, que sejam adaptadas às condições climáticas locais capazes de suprir, de certa forma, a deficiência alimentar dos animais.

Entre as plantas forrageiras mais utilizadas na alimentação animal no Nordeste brasileiro, destaca-se a palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.), uma espécie xerófila, que devido as suas características morfofisiológicas possibilita a sobrevivência em ambiente com escassez de água, alta temperatura e solos de baixa fertilidade (HERNÁNDEZ *et al.*, 2004; TEGEGNE *et al.*, 2007).

A adaptação dessa espécie está associada ao seu processo fotossintético MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), que induz a abertura estomática à noite, quando o déficit de vapor d'água no ar é reduzido, diminuindo assim, as perdas de água por transpiração (BISPO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2010a). Além disso, as plantas MAC possuem uma elevada eficiência do uso de água (10 a 40 g de CO₂ fixado kg⁻¹ de H₂O transpirada), quando comparada às plantas de metabolismo C3 (1 a 3 g de CO₂ fixado kg⁻¹ de H₂O transpirada) e C4 (2 a 5 g de CO₂ fixado kg⁻¹ de H₂O transpirada) (NOBEL, 1991).

Apesar desta adaptabilidade, o crescimento e desenvolvimento da palma varia com as oscilações das condições meteorológicas. Souza et al. (2008) relatam que o potencial produtivo desta cultura se expressa de forma mais significativa em regiões com precipitações anuais entre 368 mm e 812 mm, com temperaturas médias variando de 16,1°C a 25,4°C.

Em regiões produtoras de palma, quando a precipitação pluviométrica local não atinge os níveis considerados ideais ou que se concentram durante um pequeno período durante o ano, faz-se necessário a utilização de irrigação em seu sistema de produção para atender sua necessidade hídrica (GUGLIUZZA *et al.*, 2006; MERWER *et al.*, 1997) e a dinâmica de absorção nutricional (CASTILLO *et al.*, 2006), de modo a alcançar o maior rendimento. Estudos que avaliam a resposta desta espécie ao déficit hídrico são inexistentes.

Essa resposta tem sido analisada em várias culturas (HERNÁNDEZ *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2102), todavia, na maioria das vezes, considerando apenas o retorno produtivo. Assim, uma alternativa seria a utilização da análise de variáveis de crescimento, que demonstrem as alterações da morfologia das espécies em função da disponibilidade hídrica do ambiente (SILVA *et al.*, 2010b; SILVA; NEVES, 2011).

As análises de crescimento vêm sendo utilizadas nos estudos sobre ecofisiologia de plantas forrageiras, sobretudo em Poaceas, como uma ferramenta que permite a conversão de valores absolutos de variáveis biométricas em taxas (valores relativos) de alongamento, aparecimento e senescência, etc. Essa técnica denomina-se morfogênese, que permite exibir os diferentes padrões de resposta das plantas, a qual pode ser aplicada como uma ferramenta para a tomada de decisão no manejo de diferentes espécies (CUNHA *et al.* 2012).

Embora a palma seja muito estudada em termos de influência do manejo (adubação, espaçamento, adoção de clones, entre outros) sobre o rendimento (RAMOS *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2010a), não existem estudos que abordam a análise morfogênica a diferentes níveis de disponibilidade hídrica. A identificação do comportamento dos seus parâmetros morfológicos é uma ação importante para a

elaboração de critérios para a seleção de clones dessa espécie e a identificação das características que mais influenciam na sua produção. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de clones de palma forrageira submetidos a diferentes condições de disponibilidade hídrica na região do Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA (Latitude: 7°57'S; longitude: 38°11'O; e altitude: 506 m), no município de Serra Talhada, Pernambuco, localizado na região Semiárida do Nordeste brasileiro. Esta região está situada em uma área com clima predominante do tipo BSw^h, conforme a “Classificação Climática de Köppen”, que o enquadra como tropical seco, tendo como características marcantes baixos valores de precipitação pluviométrica (média de 350 a 700 mm/ano), os quais são distribuídos durante o ano, e estão associados a elevadas temperaturas do ar de forma que a evaporação excede a precipitação (ANDRADE *et al.*, 2010). Especificamente para essa localidade, a média histórica da precipitação pluviométrica fica em torno de 642 mm ano⁻¹, com médias de temperatura do ar que variam entre 20,1 a 32,9°C, e umidade relativa do ar em torno de 63% (SUDENE, 1990; CAVALCANTE; SILVA, 1994; SILVA *et al.*, 2007).

O período experimental compreendeu o primeiro ano (março de 2012 a fevereiro de 2013) do segundo ciclo da palma forrageira, o qual tem duração de dois anos (colheita bienal). Ao longo do tempo, foram monitoradas as variáveis meteorológicas (temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹)), por meio de uma estação automática

pertencente à Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC/ITEP, localizada a cerca de 700 m da área de cultivo.

O experimento foi conduzido em uma área de aproximadamente 864 m² (15 x 57,6 m), cujo o solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de textura franco arenoso. O plantio foi realizado em fevereiro de 2010, utilizando três clones de palma forrageira, sendo um a Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, do gênero *Opuntia*, e os outros clones Miúda/IPA-100004 e a IPA-Sertânia/IPA-200205, ambos do gênero *Nopalea*. Os clones foram plantados com espaçamento de 0,2 m entre os cladódios e de 1,6 m entre linhas, tendo 50% do comprimento do cladódio enterrado no solo. Durante os dois primeiros anos, o cultivo foi conduzido sob condições de sequeiro.

Em março de 2012, houve a primeira colheita bienal da área, preservando-se, no entanto, o cladódio basal (cladódio utilizado no plantio). O segundo ciclo produtivo da cultura foi conduzido sob irrigação, utilizando um sistema de gotejamento, sendo que os gotejadores foram espaçados por 0,4 m. Antes da imposição dos tratamentos com as distintas frequências de irrigação, o solo foi colocado em capacidade de campo com a aplicação de lâminas de uniformização que totalizaram 159 mm. A irrigação foi iniciada em junho de 2012, após o período de chuvas na região, e se estendeu até fevereiro de 2013, compreendendo, assim, o primeiro ano do segundo ciclo da cultura nesta área.

Os tratamentos de irrigação foram iniciados a partir do mês de agosto de 2012, resultando assim, em três meses do ano em condições de sequeiro e nove em condições irrigadas, dos quais seis meses com a aplicação dos tratamentos.

O experimento foi composto por um delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em arranjo fatorial (3x3), no qual as parcelas foram constituídas por três

frequências de irrigação (F) (7; 14 e 28 dias), resultantes da aplicação de uma lâmina fixa (7,5 mm); e as subparcelas foram formadas pelos três clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda e OEM: Orelha de Elefante Mexicana), totalizando 27 subparcelas. Cada subparcela tinha 32 m² (5 x 6,4m) de área total, sendo 12,8 m² (4 x 3,2 m) de área útil, totalizando 9 tratamentos experimentais: IPA-F7; IPA-F14; IPA-F28; MIU-F7; MIU-F14; MIU-F28; OEM-F7; OEM-F14 e OEM-F28.

Cada clone recebeu 188, 105 e 68 mm, conforme a frequência de irrigação de 7, 14 e 28 dias. Todavia, quando as lâminas de uniformização (159 mm) mais a precipitação pluviométrica durante o período de março de 2012 a fevereiro de 2013 (211 mm), o total de água recebido pela cultura em cada condição de disponibilidade hídrica foi de 558, 475, 438 mm, respectivamente.

A lâmina de 7,5 mm foi adotada com base em informações levantadas em áreas de produtores de palma forrageira do Estado do Rio Grande do Norte, que realizam a irrigação da cultura com lâminas de 5,0 mm a cada 14 dias. Esses valores foram utilizados como referência para estabelecer diferentes condições de disponibilidade de água, utilizando-se uma lâmina de irrigação fixa de 7,5 mm e três frequências de irrigação (7; 14; e 28 dias) para os três clones (IPA, MIU e OEM).

Ao longo do período experimental, foram realizados eventuais capinas para eliminação de plantas invasoras, aplicação de produtos químicos (controle de lagartas com Losban a 0,15% e de cochonilhas de escama com óleo mineral a 2%). A adubação seguiu as recomendações do Instituto Agronômico de Pernambuco-IPA, aplicando-se, mensalmente, 50 kg ha⁻¹ de NPK (14-0-18).

Durante o período experimental (março de 2012 a fevereiro de 2013), foram realizadas campanhas biométricas mensalmente, sendo a primeira em julho de 2012,

aos 150 dias após o corte (DAC), até o término do experimento, em fevereiro de 2013 (359 DAC), totalizando oito campanhas durante todo esse período.

As análises das campanhas biométricas consistiram na avaliação das características morfológicas da planta e do cladódio, conforme metodologia mencionada por Silva *et al.* (2010a). Para isso, foram utilizadas três plantas por repetição, totalizando nove por tratamento, com o registro da altura (AP), largura (LP), o número total de cladódios por planta (NCP), número de total de cladódios de primeira ordem (NC1), de segunda ordem (NC2), até “n” ordens, conforme o surgimento de cada unidade em relação ao cladódio basal (Figura 1).

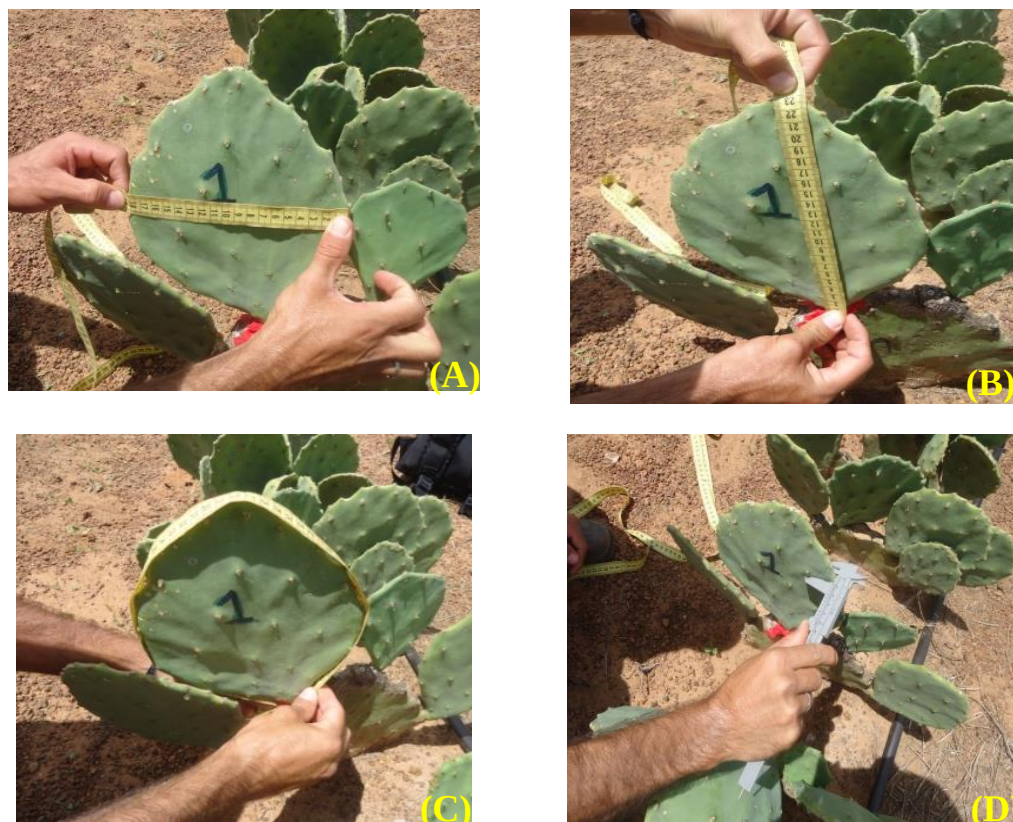
Figura 1. Etapas da análise biométrica dos clones de palma forrageira: altura (A), largura (B) das plantas, número total de cladódios por planta (C), número de total de cladódios de primeira ordem (C), de segunda ordem (C), até “n” ordens, conforme o surgimento de cada unidade em relação ao cladódio basal.



Antes da realização das medidas biométricas, foi escolhida uma ramificação na planta e, a partir dela, foi registrada a largura (LC), comprimento (CC), perímetro (PC) e espessura (EC) dos cladódios, conforme a ordem de surgimento dos mesmos na referida ramificação (Figura 2). Por fim, a área dos cladódios (AC), por ordem de inserção na planta, foi estimada de acordo com as equações propostas por Miranda *et al.* (2011), que calibraram modelos lineares ($AC = a \times b$) para os mesmos clones avaliados no presente trabalho. Esses autores encontraram os respectivos valores para os coeficientes “a” e “b” de 0,6972 e 19,3890 no clone IPA-Sertânia, 0,7327 e

3,3339 no clone Miúda e de 0,7927 e -29,1373 no clone Orelha de Elefante Mexicana, sendo que “x” corresponde a variável independente, que é o produto gerado entre o comprimento e a largura dos cladódios (CC x LC).

Figura 2. Etapas da análise biométrica dos clones de palma forrageira: largura (A), comprimento (B), perímetro (C) e espessura (D).



Primeiramente, foram determinados os valores médios absolutos da última campanha biométrica e os valores médios relativos das taxas de crescimento, obtidos pela diferença entre os dados biométricos da primeira e da última medição. Em ambos, pretendeu-se analisar a influência das diferentes condições de disponibilidade hídrica sobre o crescimento dos clones. Além disso, foram estimadas as taxas de crescimento de cada parâmetro biométrico ao longo do tempo, por meio do ajuste dos valores observados aos modelos estatísticos disponíveis no software Sigmaplot, v.11. Nesse caso, foi utilizado dias após o corte (DAC) como variável independente,

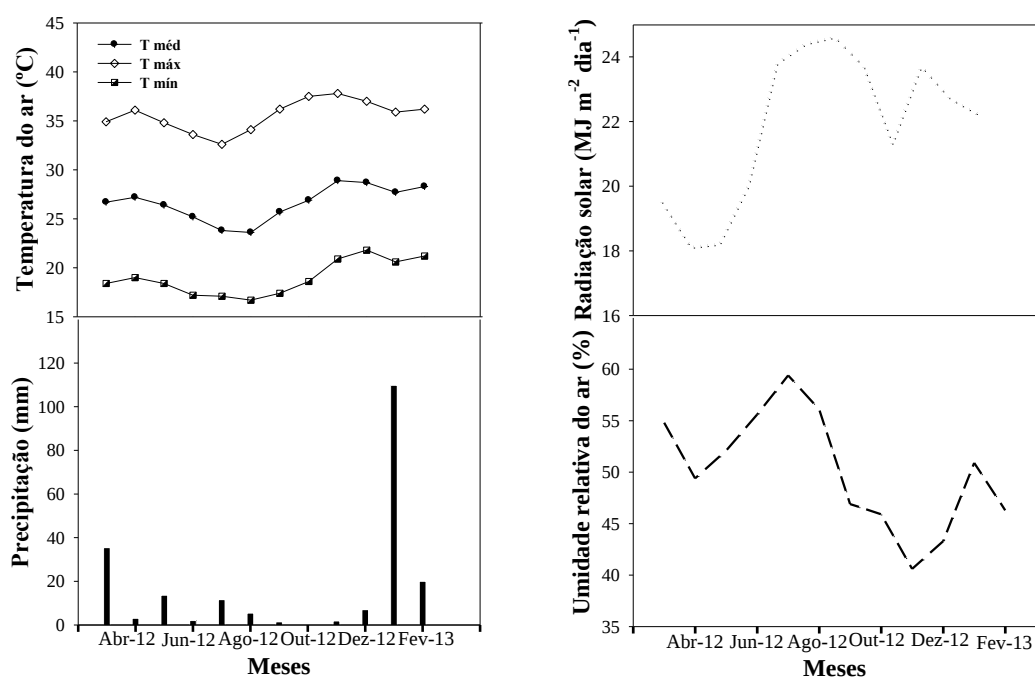
visando avaliar a evolução do crescimento da cultura. Foram ajustados modelos exponenciais com 2 e 3 parâmetros, e em seguida, os mesmos foram derivados, utilizando o software Maple 2010, onde seus resultados proporcionaram a determinação das taxas de crescimento de cada variável biométrica.

Os dados biométricos foram comparados entre os clones de palma forrageira e ao longo do tempo para todas as variáveis de crescimento a partir da análise de variância (ANOVA). As médias significativas foram analisadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o Software GENES (Genética Quantitativa e Estatística Experimental) (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variabilidade das condições meteorológicas ao longo do primeiro ano produtivo do segundo ciclo da cultura, compreendido de março de 2012 até fevereiro de 2013 é destacada na Figura 3.

Figura 3. Comportamento das variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (março de 2012 a fevereiro de 2013), em áreas cultivada com clones de palma forrageira, no município de Serra Talhada-PE



Ao longo desse período houve a ocorrência do fenômeno atmosférico conhecido como El Niño - Oscilação Sul (ENOS), o qual resultou baixos valores de precipitação pluviométrica e de umidade relativa do ar, os quais estiveram associados a temperaturas do ar mais elevadas em relação a normal climatológica. A precipitação acumulada nos doze meses de ciclo foi de 211 mm, representando apenas 33% da média histórica (642 mm).

Pela análise dos valores absolutos do crescimento dos clones, obtidos na última campanha biométrica (fevereiro de 2013), verificou-se que as distintas condições de disponibilidade hídrica não proporcionaram efeitos significativos ($P > 0,05$) para a maioria das variáveis analisadas. Este fato pode estar associado à baixa lâmina de água aplicada ao longo do tempo (7,5 mm), nas três condições de disponibilidade de água. Foram então determinadas as médias dos valores que não apresentaram efeitos significativos, para as variáveis biométricas dos três clones em condição irrigada, as quais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios absolutos das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA-IPA Sertânia; MIU-Miúda, OEM-Orelha de Elefante Mexicana) obtidos no mês de fevereiro de 2013, em condições irrigadas no município de Serra Talhada-PE.

Clone	AP	LP	NCP	NC1	CC1	CC2	ECB	EC1	PC2	AC2
IPA	52,1	49,8	9,89	6,37	22,4	18,8	34,2	18,5	44,1	149
MIU	47,5	48,8	13,9	5,52	16,5	16,3	29,4	14,1	39,0	127
OEM	46,9	56,8	13,5	8,11	23,8	10,4	25,5	11,8	27,3	74,6
Médias	48,8	51,8	12,4	6,67	20,9	15,2	29,7	14,8	36,8	117
DP	2,87	4,39	2,21	1,32	3,87	4,32	4,35	3,39	8,66	38,1

AP=Altura da planta (cm); LP=Largura da planta (cm); NCP=Número de cladódios da planta (ud); NC1=Número de cladódios de primeira ordem (ud); CC1=Comprimento do cladódio de primeira ordem (cm); CC2=Comprimento do cladódio de segunda ordem (cm); ECB=Espessura do cladódio basal (mm); EC1=Espessura do cladódio de primeira ordem (mm); PC2=Perímetro do cladódio de segunda ordem (cm); AC2= Área do cladódio de segunda ordem (cm²).

As variáveis AP e LP apresentaram médias de 48,8 e 51,8 cm (Tabela 1), estando seus valores próximos dos citados por Sales *et al.* (2009), em estudo realizado em São João do Cariri, Paraíba. No referido experimento, os autores utilizaram oito

clones de palma forrageira, onde a altura das plantas variou entre 30 e 60 cm a depender do clone, sendo que as avaliações foram realizadas no primeiro ano produtivo do ciclo de quatro anos, quando a precipitação média anual foi de 619 mm. Oliveira Júnior *et al.* (2009), em Soledade - PB, encontraram AP variando entre 67 e 76 cm a depender do espaçamento de cultivo, quando a precipitação pluviométrica foi 224 mm até os 330 dias após o plantio. Gomes (2011), em experimento conduzido em Assunção, no Cariri Paraibano, onde a precipitação pluviométrica foi de 913 mm, durante 360 dias após o plantio, a AP foi em média igual a 79,8 cm, a depender de diferentes doses de adubação orgânica.

Comportamentos semelhantes entre os três clones foram identificados com base nos valores médios do CC1, CC2, PC2 e EC1 (Tabela 1) os quais foram, porém menores do que os relatados por Silva *et al.* (2010a) (28,1; 22, 50,5 cm e 39 mm, respectivamente), para 50 clones de palma forrageira com dois anos após o corte, nas condições climáticas de Caruaru, PE.

O número de cladódios por plantas (NCP) exibiu uma média de 12,4 ud por clone (Tabela 1), que é próxima à mencionada por Silva *et al.* (2010a) de 12,5 ud, porém em dois anos após o primeiro corte, e a relatada no trabalho de Oliveira Júnior *et al.* (2009), que observaram em média 11 ud por planta para a cultivar Italiana (gênero *Opuntia*). No entanto, o valor médio no estudo aqui conduzido foi superior ao encontrado por Sales *et al.* (2009), que constataram de até 5 ud por clone no primeiro ano. Porém, está abaixo do determinado por Araújo Primo (2013), no qual para o primeiro ciclo produtivo de dois anos em condições de sequeiro, nas mesmas condições experimentais do presente estudo, que foi de 21,1 ud.

O número de cladódios de primeira ordem (NC1) em condições irrigadas demonstrou boa magnitude (6,67 ud), mesmo considerando que estatisticamente as

diferentes condições de disponibilidade hídrica não influenciaram no desenvolvimento dos clones (Tabela 1). Esse valor é superior ao mencionado por Araújo Primo (2013) de 4,45 ud, por Silva *et al.* (2010a), que foi de 2,82 ud, ambos em dois anos de ciclo, e por Oliveira Júnior *et al.* (2009) que encontraram 3,92 ud. Por sua vez, as variáveis ECB e AC2 tiveram médias de 29,73 mm e 116,70 cm², respectivamente. Estes estão abaixo dos encontrados por Araújo Primo (2013), que foram nessa ordem de 34,14 mm e 263,78 cm².

Houve interação significativa entre os clones e as diferentes disponibilidades de água apenas na espessura do cladódio de segunda ordem (EC2), na condição de F14 para o clone IPA, e nas variáveis, referentes ao número de cladódios de segunda ordem (NC2) e largura dos cladódios de segunda ordem (LC2) na condição de F14 para o clone OEM (Tabela 2). Para a EC2, na condição de F14 para o clone IPA, foi constatada a média de 5,0 mm, que é muito baixa quando comparada com as demais condições hídricas de cultivo deste clone. Este valor está abaixo do encontrado por Araújo Primo (2013), que foi de 9,56 mm, após dois anos de ciclo em sequeiro, e do relatado por Silva *et al.* (2010a), que foi de 18 mm para a EC2.

Tabela 2. Valores médios das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA-IPA Sertânia; MIU-Miúda, OEM-Orelha de Elefante Mexicana), avaliados durante o mês de fevereiro de 2013, em diferentes condições de disponibilidade hídrica, no município de Serra Talhada-PE.

Clone	Variável	Condição	Médias
IPA	EC2	7 dias	21,0 a
		14 dias	5,00 b
		28 dias	15,2 ab
OEM	NC2	7 dias	7,67 a
		14 dias	1,56 b
		28 dias	4,22 a
	LC2	7 dias	12,7 a
		14 dias	0,00 b
		28 dias	12,5 a

*Médias seguidas pela mesma letra na horizontal, para a mesma variável de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

EC2=Espessura do cladódio de segunda ordem (mm), NC2= Número de cladódios de segunda ordem (ud); LC2=Largura do cladódio de segunda ordem (cm).

A variável NC2 (Tabela 2), na condição de F14 para o cultivo do clone OEM, foi a que exibiu a menor média (1,56 ud), que está próxima do menor valor encontrado por Silva *et al.* (2010a) de 1,3 ud, cuja média foi igual a 6,8 ud, assemelhando-se à condição de F7 para o clone OEM. Em comparação Araújo Primo (2013) cita a média de 7,33 ud para a OEM. Por sua vez, a variável LC2, na condição de F14 para o clone OEM (Tabela 2), diferiu das demais médias devido não ter ocorrido o surgimento de cladódios de segunda ordem. Neste caso, Araújo Primo (2013) cita médias obtidas em torno de 22,94 cm para a LC2.

Na comparação dos diferentes clones de palma forrageira na mesma condição de irrigação, verificou-se que algumas variáveis de crescimento apresentaram diferenças significativas (Tabela 3). No entanto, a variável comprimento do cladódio basal (CCB), na condição de F28 para o clone IPA, não se diferenciou da OEM, tendo porém esses clones apresentado diferença em relação à MIU.

Tabela 3. Valores médios das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA-IPA Sertânia; MIU-Miúda, OEM-Orelha de Elefante Mexicana), avaliados durante o mês de fevereiro de 2013, em diferentes condições de disponibilidade hídrica, no município de Serra Talhada-PE.

	CCB	LCB	LCB	LCB	LC1	LC1
Clone	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias
IPA	18,2 a	15,9 b	18,6 ab	16,7 ab	11,0 b	13,5 a
MIU	11,0 b	12,0 b	10,8 b	11,1 b	9,4 b	8,4 b
OEM	17,2 a	24,6 a	25,2 a	23,1 a	18,7 a	15,4 a
	LC1	PCB	PCB	PCB	PC1	PC1
Clone	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	28 dias
IPA	11,2 b	42,7 ab	49,3 a	48,8 a	49,1 ab	55,7 a
MIU	6,83 c	33,5 b	31,8 b	28,9 b	40,8 b	29,8 b
OEM	16,2 a	51,2 a	48,3 a	46,0 a	68,6 a	59,0 a
	ACB	ACB	ACB	AC1	AC1	AC1
Clone	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias
IPA	185 b	248 b	223 ab	160 b	242 a	170 b
MIU	134 b	122 b	109 b	134 b	121 b	92,5 b
OEM	357 a	420 a	356 a	285 a	310 a	377 a

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical, para a mesma variável de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CCB=Comprimento do cladódio basal (cm); LCB=Largura do cladódio basal (cm); LC1=Largura do cladódio de primeira ordem (cm); PCB=Perímetro do cladódio basal (cm); PC1=Perímetro do cladódio de primeira ordem (cm); ACB=Área do cladódio basal (cm²); AC1= Área do cladódio de primeira ordem (cm²).

Possivelmente, este fato pode ser explicada ponto de vista fisiológico em que os cladódios dos clones IPA e OEM são maiores do que o clone MIU (LEITE, 2009). Além disso, devido terem sido cultivados numa área que estava em sistema de sequeiro, eles mantiveram esse mesmo comportamento uma vez que foram implantados em campo e sob condição de baixos níveis de água (7,5 mm) e com um intervalo entre irrigações considerado alto (28 dias).

Comportamento semelhante foi detectado nas variáveis LCB, LC1, PC1, ACB, AC1, sob distintas frequências de irrigação (Tabela 3), em que o clone OEM apresentou as maiores médias significativas nas diferentes condições hídricas. No entanto, foi constatado comportamento diferente para as variáveis CCB e PCB, em que o clone IPA exibiu as maiores médias. Por sua vez, os valores do clone MIU apresentaram as menores magnitudes.

Araújo Primo (2013) também observou os mesmos resultados durante o primeiro ciclo produtivo em condições de sequeiro na mesma área experimental do presente estudo, quando a precipitação pluviométrica acumulada foi de 1269 mm. Similarmente, encontrou uma tendência desse comportamento aos 745 DAP para essas mesmas variáveis, quando o clone OEM apresentou as maiores médias. Resultados similares são citados por Viana *et al.* (2008), em São João do Cariri (PB), onde algumas variáveis (comprimento, largura e perímetro dos cladódios) dos clones do gênero *Opuntia* sp. diferiram apenas do clone MIU, quando a precipitação pluviométrica foi 46 mm, em seis meses de análise.

Para as variáveis LCB, LC1, PCB, PC1, ACB e AC1, o clone IPA não diferiu da MIU na condição hídrica de F7, levando a inferir que, por se tratar do mesmo gênero, se comportam de maneira semelhante nas mesmas condições de disponibilidade de água no solo. A única exceção foi nas variáveis PCB e PC1, pois, nestes casos, o

clone IPA não diferiu da OEM. Para as demais condições (F14 e F28), a OEM não diferenciou da IPA, exceto pela ACB e AC1, respectivamente. Assim, quando há redução da disponibilidade de água no solo, esses dois clones tendem a apresentar comportamentos semelhantes. Por outro lado, percebe-se que o clone MIU sofre mais com a redução na disponibilidade de água no solo (Tabela 3).

Santos et al. (1997) relatam que no Brasil, em especial na região Nordeste, predomina o cultivo de espécies de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. No gênero *Opuntia*, destacam-se as cultivares Redonda e Gigante, enquanto no gênero *Nopalea* predomina a cultivar Miúda. As cultivares Gigante e Redonda são produzidas, geralmente, em zonas mais secas, enquanto a Miúda é mais sensível às altas temperatura do ar e conteúdo de água do solo (LEITE, 2009).

Santos et al. (2006) realizaram uma pesquisa com palma forrageira nas cidades de Caruaru, São Bento do Una, e Arcoverde (Pernambuco) e Palmeira dos Índios (Alagoas), utilizando as variedades Gigante, Redonda, Copena F1, Copena V1, Miuda e IPA-20. Os autores destacaram que, apesar da variedade "Miuda" apresentar maiores níveis de teor de carboidratos solúveis e digestibilidade da matéria seca, quando comparada as outras variedades testadas, ela é mais recomendada para as regiões semiáridas que apresentaram condições edafoclimáticas favoráveis.

Em termos das taxas de crescimento, verificou-se também que as três condições de disponibilidade de água não apresentaram efeitos significativos ($P < 0,05$), na maioria das variáveis analisadas. Os dados das médias dos valores das variáveis biométricas dos três clones são demonstradas na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios das taxas de crescimento das variáveis biométricas de clones de palma forrageira (IPA-IPA Sertânia; MIU-Miúda, OEM-Orelha de Elefante Mexicana), avaliados durante o período de agosto/2012 a fevereiro/2013, em diferentes condições irrigadas no município de Serra Talhada-PE.

Clone	LP	NC1	CCB	CC1	CC2	LCB	LC1	LC2	ECB
IPA	2,21	0,55	-0,14	0,36	2,36	0,16	0,26	1,14	0,93
MIU	3,51	0,18	0,14	0,09	2,03	-0,20	0,12	1,14	0,37
OEM	1,79	0,04	0,01	0,40	1,30	0,03	0,39	1,05	0,48
Médias	2,50	0,26	0,00	0,28	1,90	0,00	0,26	1,11	0,59
DP	0,90	0,26	0,14	0,17	0,54	0,18	0,14	0,05	0,30
Clone	EC1	EC2	PCB	PC1	PC2	ACB	AC1	AC2	-
IPA	0,95	1,72	0,04	0,92	5,52	0,25	7,28	18,6	-
MIU	0,32	1,31	0,03	0,53	4,87	-0,35	1,79	15,8	-
OEM	0,53	0,38	0,07	1,19	3,41	6,76	13,7	9,5	-
Médias	0,60	1,14	0,05	0,88	4,60	2,22	7,58	14,7	-
DP	0,32	0,69	0,02	0,33	1,08	3,94	5,95	4,6	-

* LP=Largura da planta(cm mês⁻¹); NC1=Número de cladódios de primeira ordem (ud mês⁻¹); CCB=Comprimento do cladódio basal (cm mês⁻¹); CC1=Comprimento do cladódio de primeira ordem (cm mês⁻¹); CC2=Comprimento do cladódio de segunda ordem (cm mês⁻¹); LCB=Largura do cladódio basal (cm mês⁻¹); LC1=Largura do cladódio de primeira ordem (cm mês⁻¹); LC2=Largura do cladódio de segunda ordem (cm mês⁻¹); ECB=Espessura do cladódio basal (mm mês⁻¹); EC1=Espessura do cladódio de primeira ordem (mm mês⁻¹); EC2=Espessura do cladódio de segunda ordem (mm mês⁻¹); PCB=Perímetro do cladódio basal (cm mês⁻¹); PC1=Perímetro do cladódio de primeira ordem (cm mês⁻¹); PC2=Perímetro do cladódio de segunda ordem (cm mês⁻¹); ACB=Área do cladódio basal (cm² mês⁻¹); AC1= Área do cladódio de primeira ordem (cm² mês⁻¹); AC2= Área do cladódio de segunda ordem (cm² mês⁻¹).

Com base nos valores apresentados na Tabela 5, pode ser observado que houve diferença significativa entre os clones na mesma condição hídricas, apenas para as taxas de crescimento da AP, em que o clone MIU, nas condições de F14 e F28 (2,22 e 2,98 cm mês⁻¹) exibiu os maiores valores, diferindo da OEM (0,74 e 1,20 cm mês⁻¹).

Tabela 5. Taxa de crescimento das variáveis biométricas de clones de palma forrageira (IPA-IPA Sertânia; MIU-Miúda, OEM-Orelha de Elefante Mexicana), avaliadas durante o período de agosto/2012 a fevereiro/2013, em diferentes frequências de irrigação (7, 14 e 28 dias) no município de Serra Talhada-PE.

	AP	AP	NCP	NC2
Clone	14 dias	28 dias	28 dias	7 dias
IPA	1,27 ab	2,12 ab	0,44 b	0,28 b
MIU	2,22 a	2,98 a	1,32 a	0,53 ab
OEM	0,74 b	1,20 b	0,60 ab	0,96 a

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical, para a mesma variável de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

AP=Altura da planta (cm mês⁻¹); NCP=Número de cladódios da planta (ud mês⁻¹); NC2=Número de cladódios de segunda ordem (ud mês⁻¹).

Vários trabalhos são encontrados na literatura, os quais citam que o clone MIU pode se sobressair, em termos da taxa de AP, em relação ao clone OEM. Cunha *et al.* (2012), em experimento conduzido no município de Arapiraca-AL, com o uso de diferentes doses de nitrogênio durante 22 meses, obtiveram uma taxa média crescimento da variável AP de 9,3 cm mês⁻¹ para o clone MIU (no tratamento que não recebeu adubação). Porém essa maior taxa pode estar relacionada ao clima deste município, que se localiza na região Agreste do Estado, que é mais favorável para o desenvolvimento deste clone.

Viana *et al.* (2008) constataram um comportamento contrário para a cidade de São João do Cariri-Paraíba, onde o clone MIU teve taxa de crescimento menor do que os demais clones, sendo de 5,05 cm mês⁻¹, diferindo da maioria dos clones do gênero *Opuntia*, os quais apresentaram taxas que variaram de 6,89 a 9,85 cm mês⁻¹. Ramos *et al.* (2011), em estudo executado no município de Soledade - PB, observaram que o clone Italiana (*Opuntia ficus indica* Mill.), pertencente ao gênero *Opuntia*, submetido a diferentes espaçamentos, apresentou, depois dos 455 dias após o plantio, taxas de AP que variaram 4,42 cm mês⁻¹ (2 x 1m) a 5,04 cm mês⁻¹ (1 x 1m). Para esses dois municípios, Soledade e São João do Cariri, os climas são mais favoráveis para o desenvolvimento da OEM, pois estão inseridos na região do Sertão

paraibano, tendo o presente trabalho apresentado comportamento diferente em relação a esses estudos. O clone MIU também exibiu taxa de diferente NPC na condição de F28 ($1,32 \text{ ud mês}^{-1}$) em relação ao clone IPA ($0,44 \text{ ud mês}^{-1}$) (Tabela 5).

Leite (2009) observou tendência semelhante quando a MIU emitiu mais cladódios em comparação a IPA. Dados de Cunha *et al.* (2012) também revelaram o bom desempenho da MIU, com taxa de NCP de $2,89 \text{ ud mês}^{-1}$. Viana *et al.* (2008) citam uma taxa de NCP próxima às obtidos no presente trabalho, em que a MIU teve $1,54 \text{ ud mês}^{-1}$, enquanto para a IPA mostrou crescimento de $1,18 \text{ ud mês}^{-1}$. No entanto os dois clones não diferiram entre si.

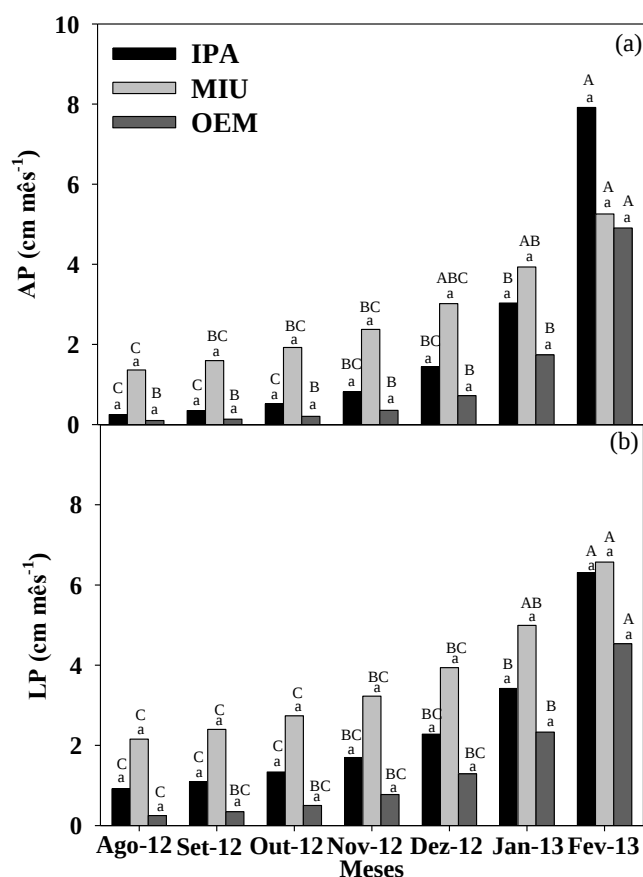
A variável NC2 do clone OEM, na condição hídrica de F7, também diferenciou do clone IPA, tendo a OEM, do gênero *Opuntia*, apresentado uma resposta mais significativa quanto a frequência de irrigação, quando comparada aos clones do gênero *Nopalea* (Tabela 5).

Analisando a evolução as taxas de crescimento (Figuras 4 a 7), observa-se que todas as taxas apresentaram incrementos significativos nos últimos meses do período experimental, possivelmente em decorrência dos eventos de precipitação pluviométrica (130 mm), que ocorreram sobretudo no mês de janeiro de 2013. Nas variáveis AP e LP dos clones IPA e OEM, o aumento foi na ordem de 70% e 60% para AP e de 37,01% e 45,26% para LP, respectivamente. Nessas condições, o clone OEM, nessas condições, apresentou maior crescimento na sua largura do que a altura (Figura 4 a, b).

Todavia, não foi verificada a mesma resposta para o clone MIU, pois as taxa da AP dos meses de dezembro de 2012 a fevereiro de 2013, e as taxas da LP do mês de janeiro e fevereiro de 2013, não foram significativamente diferentes (Figura 4 a, b). Nesse clone, essas variáveis também tiveram as maiores taxas de crescimento em

fevereiro de 2013, porém não foram diferentes significativamente dos demais clones. Resultados similares, quanto a não existência de diferença entre as taxas de crescimento dos clones, também foram verificados para os demais meses.

Figura 4. Evolução das taxas de crescimento da altura (a) e largura da planta (b) para clones de palma forrageira (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) cultivados em Serra Talhada, Pernambuco.

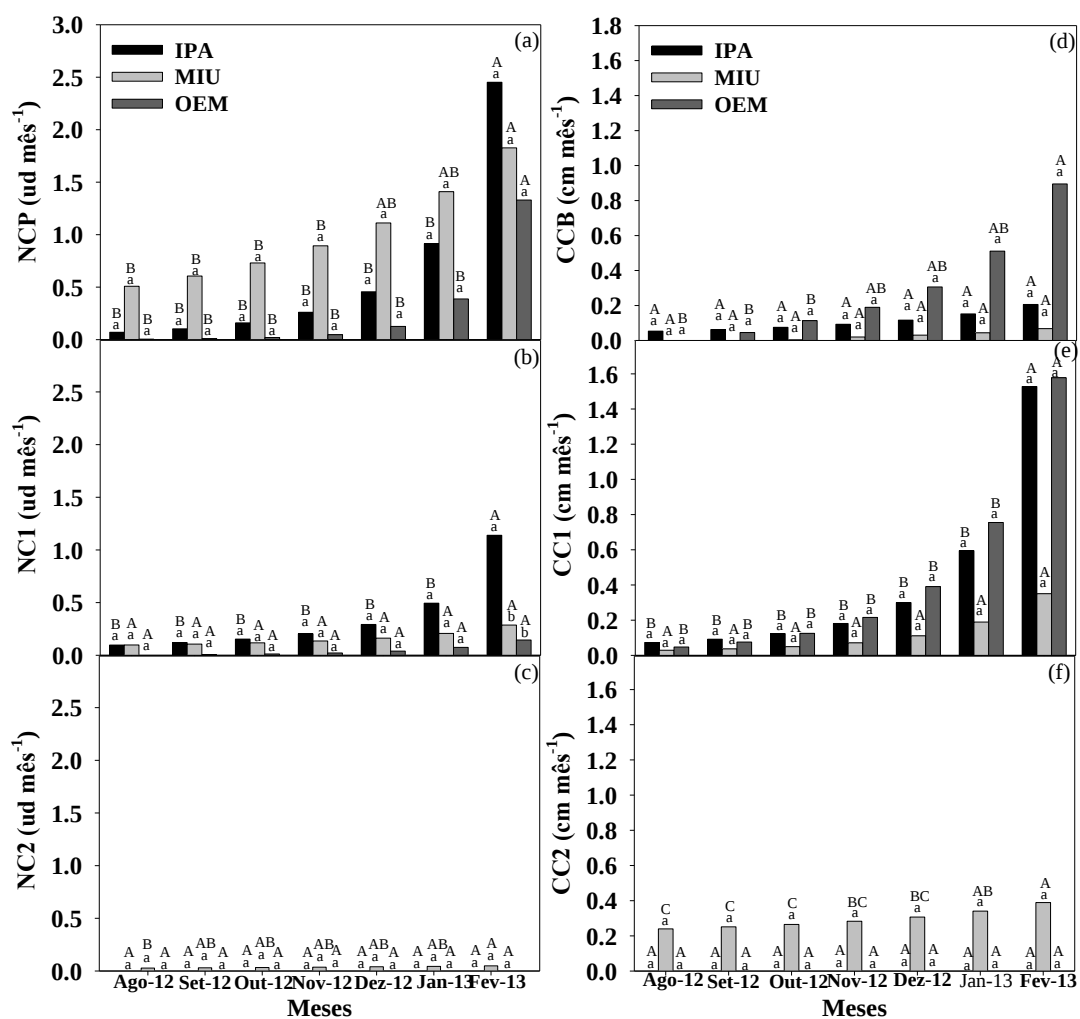


* Taxas seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem ao longo do tempo para o mesmo clone e as minúsculas não diferem os clones no tempo, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A taxa do NCP (Figura 5a) dos clones IPA e OEM no último mês de avaliação do crescimento da palma forrageira se diferenciaram dos demais meses do período experimental, proporcionando as maiores taxas de AP e LP (Figura 4a, 4b). Este fato está associado, principalmente, ao aumento do NC1 (Figura 5b), quando o clone IPA alcançou a maior taxa de crescimento, com resultado semelhante a taxa da variável NCP, sendo esse clone, o único que se diferenciou ao longo do tempo.

O comportamento da taxa do NC1 no último mês foi diferente entre os clones, tendo novamente o IPA se destacado. A taxa do NC2 foi determinada apenas para a MIU (Figura 5c), devido os demais clones apresentarem valores de cladódios semelhantes nos meses finais de análise. Desta forma, esse clone apresentou resposta mais rápida quando rápida a emissão de cladódios de segunda ordem do que a OEM e a IPA.

Figura 5. Evolução das taxas de crescimento do número total de cladódio (a), do número de cladódios de 1ª e 2ª ordem (b, c), comprimento do cladódio basal (d) e comprimento do cladódio de 1ª e 2ª ordem (e, f) para clones de palma forrageira (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) cultivados em Serra Talhada, Pernambuco.



* Taxas seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem ao longo do tempo para o mesmo clone e as minúsculas não diferem os clones no tempo, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável CCB (Figura 5d), a OEM apresentou diferença ao longo do tempo, com as maiores taxas em relação aos demais clones. Já para o CC1 (Figura 5e) os clones, OEM e IPA apresentaram as maiores taxas de crescimento. No que se refere ao CC2, a MIU apresentou, novamente, os maiores valores de taxas nos últimos meses (Figura 5f). Viana *et al.* (2008) e Leite (2009) também constataram baixos valores do comprimento dos cladódios no clone MIU, quando comparado ao clone IPA e a outros clones do gênero *Opuntia*, indicando uma baixa evolução ao longo do tempo.

Nessa ordem, os cladódios da MIU tiveram incremento de taxa maior para a largura do que para o comprimento, que foi de 35,09% da taxa total de CC2 (Figura 5f), no mês de fevereiro.

As variáveis LCB e LC1 (Figura 6a, 6b) da OEM diferiram ao longo do tempo (período de análises biométricas) em relação aos clones IPA e MIU. Com os resultados das taxas de CCB e CC1 e de LCB e LC1, o clone OEM foi o que melhor respondeu ao incremento de água pela chuva nos meses finais, tendo apresentado, durante todos os meses, as maiores taxas de comprimento (Figura 3a, 3b) do que de largura (Figura 6a, 6b). Para variável LC2 (Figura 6c), o clone MIU apresentou taxa de crescimento acumulado nos dois últimos meses de 57,15% da taxa total, que é uma relação entre a taxa total do crescimento durante todo o período de análise, e a taxa crescimento do período desejado.

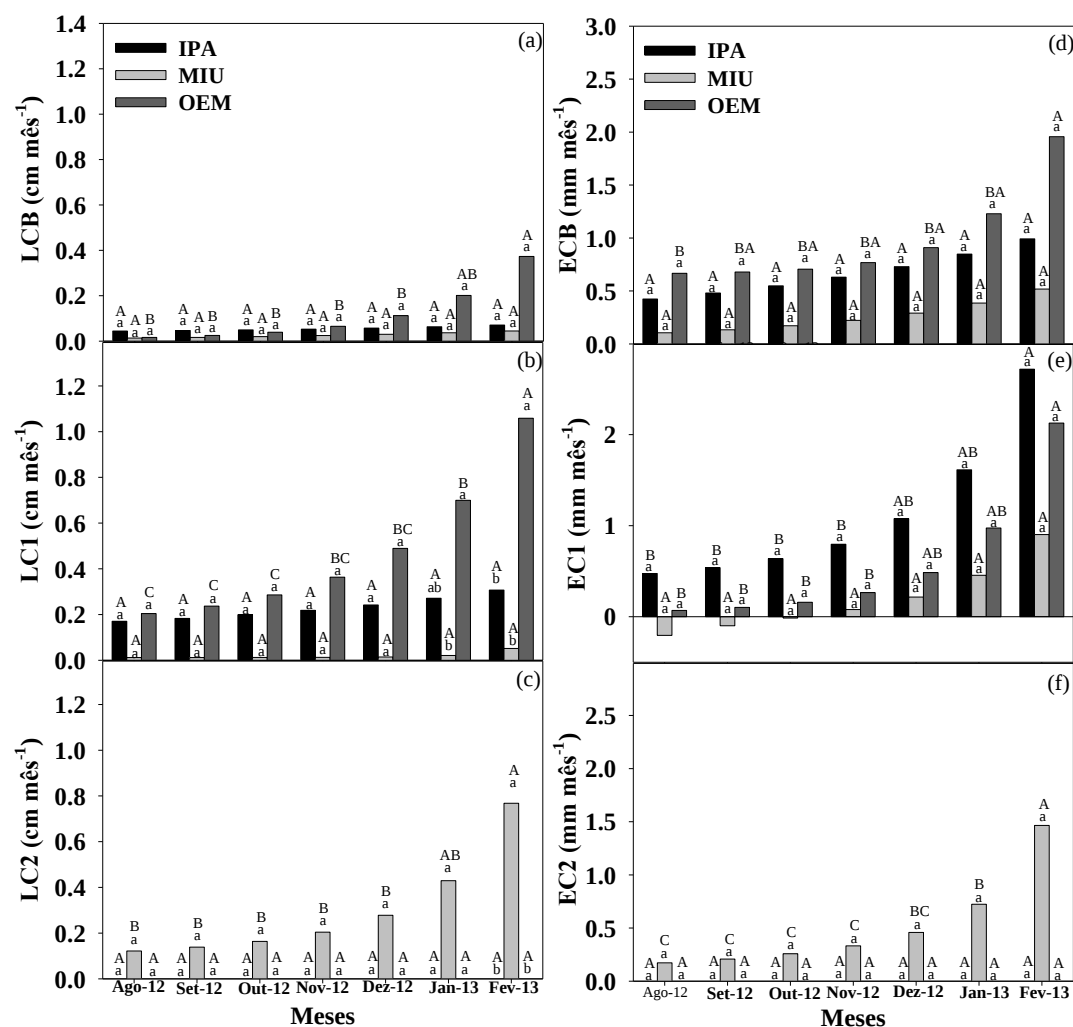
Durante os meses de janeiro e fevereiro de 2013, a LC1 mostrou diferenças entre os clones, novamente, a OEM proporcionou as maiores taxas. No que se refere a variável ECB (Figura 6d), apenas a OEM apresentou diferença ao longo do tempo, alcançando 28,3% da taxa de crescimento total no mês fevereiro de 2013. Para a EC1 (Figura 6e), os clones IPA e OEM apresentaram o mesmo comportamento, com os

maiores valores no último mês de 34,6 e 51,1% do crescimento total, respectivamente. Por fim, para a EC2 (Figura 6f), a MIU acumulou 40,6% da taxa total no mês de fevereiro de 2013, tendo esse mês se diferenciado dos demais.

O clone MIU, para a maioria das variáveis de crescimento, demonstrou os menores valores quando comparado ao IPA e OEM. Resultado semelhante foi encontrado por Sales *et al.* (2009), que trabalharam em São João do Cariri, Paraíba, com oitos clones de palma forrageira. Os autores também identificaram os menores valores de espessura no clone MIU, sendo que os maiores valores foram observados nos clones do gênero *Opuntia*.

Leite (2009) afirma que, para as condições ambientais do Cariri paraibano que está localizada na região do Sertão, o gênero *Nopalea* apresenta maior dificuldade de estabelecimento no campo, comparado ao gênero *Opuntia*.

Figura 6. Evolução das taxas de crescimento da largura do cladódio basal (a), da largura do cladódio basal de 1ª e 2ª ordem (b, c), da espessura do cladódio basal (d) e da espessura do cladódio de 1ª e 2ª ordem (e, f) para clones de palma forrageira (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) cultivados em Serra Talhada, Pernambuco.



* Taxas seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem ao longo do tempo para o mesmo clone e as minúsculas não diferem os clones no tempo, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao mesmo tempo em que clone OEM se sobressaiu na largura e no comprimento dos cladódios, nas condições expostas neste experimento, ele também exibiu os maiores valores taxa na variável espessura, demonstrando que possui capacidade de acumular mais água que os demais. O resultado de espessura encontrado neste também sugere que os clones OEM (gênero *Opuntia*) e IPA (gênero *Nopalea*) devem ter maior potencial de adaptação às condições de baixa disponibilidade de água no

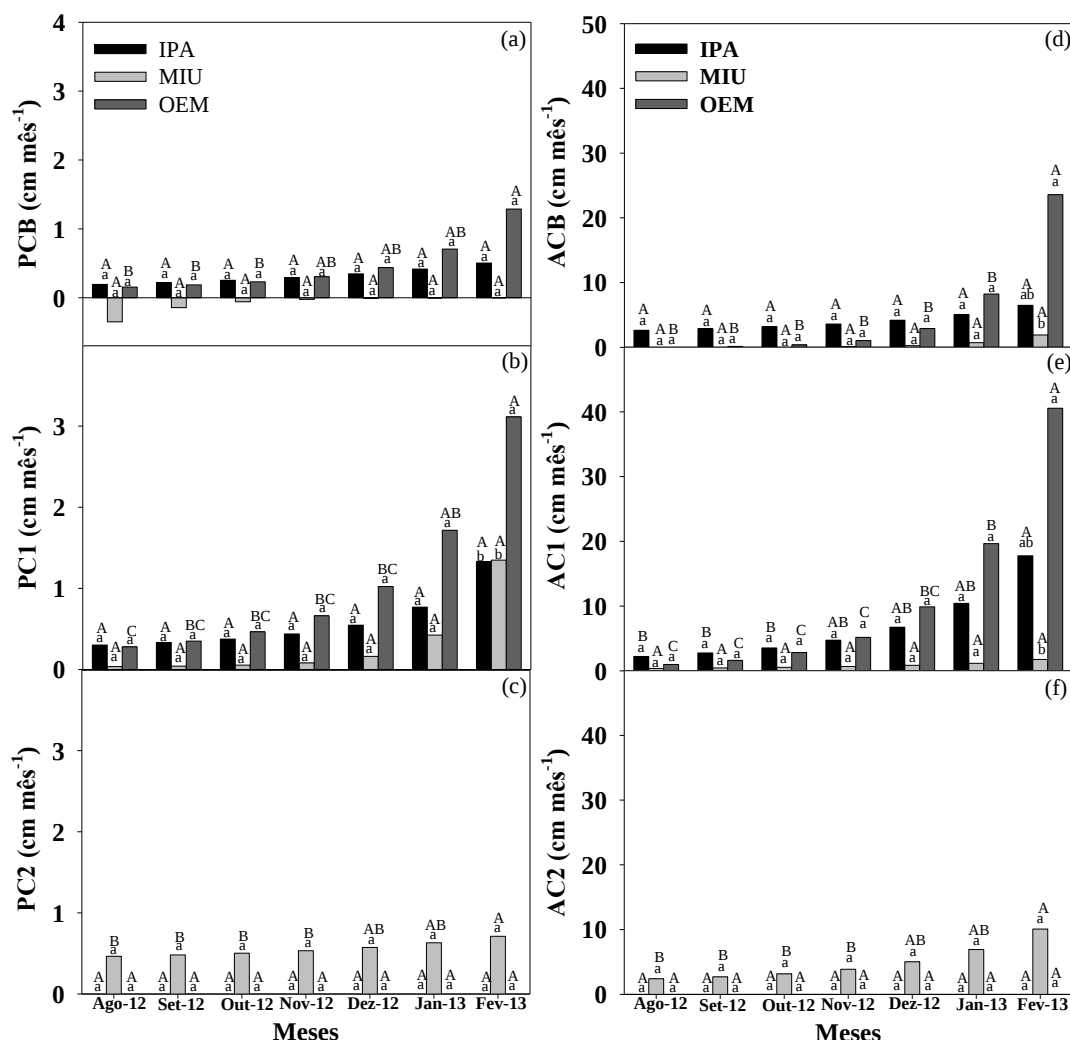
solo, pois sua capacidade de reserva hídrica do cladódio é maior do que a Miúda, pertencente ao gênero *Nopalea*, fato que também foi constatado por Leite (2009).

Um dos atributos principais das plantas CAM é a sua turgidez, que, nas *Opuntias* (gênero da OEM), mostra-se morfológico ou anatomicamente por meio dos cladódios espessos, a presença de grandes vacúolos cheios de água nas células fotossintéticas, e também pelas diversas camadas de células armazenadoras de água. Os cladódios maduros têm, geralmente, espessura maior, sendo que a maior parte é constituída pelo tecido esbranquiçado armazenador de água (NOBEL, 2001).

Com relação às taxas de PCB e PC1 (Figura 7a, 7b), os clones IPA e MIU não se diferenciaram ao longo do tempo ($P>0,05$). Entretanto, o clone OEM, semelhantes às demais variáveis, exibiu uma elevação nas suas taxas no último mês, sendo que para o PCB, neste período, houve diferença apenas, nos três primeiros meses, e para o PC1 só não diferenciou do mês de janeiro de 2013. Similarmente, a OEM se diferenciou dos demais clones para as taxas de PC1 no último mês de avaliação (Figura 7b).

As taxas de PC2 (Figura 7c) do clone MIL, no último mês de avaliação apresentaram diferenças em relação aos quatro meses iniciais, tendo os outros três meses contribuído com, aproximadamente, 49,2% da taxa total. Em relação às taxas de crescimento da ACB, o único clone que se diferenciou ao longo do tempo foi a OEM, o qual apresentou novamente a maior taxa (Figura 7d). Para as taxas de AC1, os clones IPA e OEM apresentaram no último mês crescimento equivalentes a 39,8% e 50,3% da taxa acumulada total (Figura 7e). Tanto a ACB quanto a AC1 exibiram diferenças entre os clones no mês de fevereiro de 2013, tendo a OEM e a IPA as maiores taxas de crescimento do que a MIU.

Figura 7. Evolução das taxas de crescimento da largura do perímetro basal (a), do perímetro do cladódio basal de 1ª e 2ª ordem (b, c), da área do cladódio basal (d) e da área do cladódio de 1ª e 2ª ordem (e, f) para clones de palma forrageira (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) cultivados em Serra Talhada, Pernambuco.



* Taxas seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem ao longo do tempo para o mesmo clone e as minúsculas não diferem os clones no tempo, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A taxa de AC2 do clone MIU nos três últimos meses apresentou crescimento de 29,5% do total (Figura 7f). Oliveira Junior *et al.* (2009) relatam que a variação da área de cladódio ao longo do tempo depende das condições edafoclimáticas e do manejo adotado (da cultivar e da densidade populacional, da disponibilidade de água, entre outros fatores), sendo que, geralmente, a área de cladódio aumenta até um máximo e decresce após algum tempo.

Outros autores têm citado a não resposta da palma quando submetida a eventos de irrigação, conforme foi verificado no presente estudo. Merwer et al. (1997) verificaram que, nas condições climáticas de Pretória, Semiárido da África do Sul, lâminas de irrigação de 12,0 mm aplicadas a cada 7 dias durante sete meses de ciclo, nos meses mais secos, em geral não contribuíram significativamente para o incremento produtivo. A análise foi realizada em termos de massa fresca dos cladódios de clones de palma para fruto, que foi comparada com a obtida em condição de sequeiro. Porém, foram observados médias com maiores magnitudes. As condições de irrigação apresentaram maiores benefícios apenas na massa do fruto e na massa da polpa de alguns clones.

Hernández et al. (2004), analisando o desempenho de clones de palma forrageira submetidos a eventos semanais de irrigação (740 mm ano⁻¹ ou 14,2 mm a cada 7 dias; 1060 mm ano⁻¹ ou 20,4 mm a cada 7 dias; e, 1380 mm ano⁻¹ ou 26,5 mm a cada 7 dias) com base na evaporação do Tanque Classe A, no município de Gómez Palacio, Durango, Semiárido do México, observaram que as mesmas não promoveram incremento na produtividade da cultura. Apesar, disso foi possível verificar diferenças significativas entre os clones avaliados ($P < 0,05$), onde se destacou o clone C-69 pelo maior índice de área do cladódio, e o C-40, que apresentou maior taxa de assimilação líquida, ambos pertencentes ao gênero *Opuntia*. A mesma tendência foi constatada no presente estudo.

CONCLUSÕES

1. Durante o primeiro ano produtivo do segundo ciclo da palma forrageira, as diferentes condições de disponibilidade hídrica (7,5 mm a cada 7, 14 e 28 dias) pouco influenciaram a evolução do crescimento dos clones.

2. A Orelha de Elefante Mexicana e a IPA Sertânia demonstraram uma evolução do crescimento superior ao do clone Miúda; o qual apresentou a menor resposta às condições irrigadas no Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. P., COSTA, R. G., SANTOS, E. M.; SILVA, D. S. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca, **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p. 01-14, 2010.

ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2013.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p. 1902-1909, 2007.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1994, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p. 154-157.

CASTILLO, I. O.; CUETO W. J. A.; SANTAMARÍA J. C.; MURILLO A. B.; TROYO E. D.; FLORES, H. N, P and K Removal by Vegetable Cactus Pear Cultivated with Dairy Manure under Drip Irrigation. *In*: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 5., 2006, Chapingo, **Resumos...** Chapingo: ISHS Acta Horticulturae, 2006. p. 193-198.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: análise multivariada e simulação. Viçosa, Minas Gerais: UFV, p. 175, 2006.

CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, R. C.; FERREIRA, P. S.; Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.13, n.4, p. 1156-1165, 2012.

GOMES, J. B. **Adubação orgânica na produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) no cariri paraibano**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

GUGLIUZZA, G.; INGLESE, P.; FARINA, V.; Relationship between fruit thinning and irrigation on determining fruit quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits *In*: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 4., 2002, Hammamet, **Resumos...** Hammamet: ISHS Acta Horticulturae, 2002. p. 205-209.

HERNÁNDEZ, A. F.; CASTILLO, I. O.; AMADOR, B. M.; HERNANDEZ, J. L. G. Enrique Troyo-Diegezc Yield and physiological traits of prickly pear cactus ‘nopal’ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, p. 97–107, 2004.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano**. 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

MERWER, L. L. V. D.; WESSELS, A. B.; FERREIRA, D. I., Supplementary irrigation for cactus pear. *In*: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL. 3., **Acta Hort**, 438, 1997. Midrand, **Resumos...** Midrand: ISHS Acta Horticulturae, 1997. p. 77-81.

MIRANDA, K. R.; SILVA, T. G. F.; CRUZ NETO, J. F.; QUEIROZ, M. G.; LIRA, M. A. B.; SANTOS, J. E. O. Modelos de estimativa da área do cladódio de variedades de palma no Semiárido pernambucano. *In: CONGRESSO BRASILEIRO PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS*, 2., 2011, Garanhuns. **Anais...**Garanhuns: Sociedade Brasileira de Palma e outras Cactáceas, 2011.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. New York: Academic Press, 1991. 635p.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. *In: BARBERA, G.; INGLESE, P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira***. Traduzido por SEBRAE/PB, João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 36-48.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; BRITO, E. A.; NASCIMENTO, J. P.; Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; SILVA, W. G.; REZENDE, F. C.; ALMEIDA, W. F.; Effects of water deficit in two phenological stages on production of japanese cucumber cultivated in greenhouse, **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 676-68, 2011.

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

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. M. V.; VIANA, B. L.; LEÓN, M. J.; SOLÍS, A. M. Adaptation potential of cactus pear to soil and climatic conditions of the Semi-arid in Paraíba State, Brazil. *In: CONGRESS ON*

CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 6., 2009, João Pessoa, **Resumos...** João Pessoa: ISHS Acta Horticulturae, 2009. p. 395-400.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G.P. **A palma forrageira (Opuntia ficus-indica Mill e Nopalea cochenillifera Salm-Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização.** Recife:IPA (Documentos IPA, 25), 23p.1997.

SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; FARIAS, I.; DIAS, F.M.; SILVA, F.G. Assessment of Forage Cactus Pear Varieties for Semi-Arid Conditions of Northeast, Brazil. *In*: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 5., 2006, Chapingo, **Resumos...** Chapingo: ISHS Acta Horticulturae, 2006. p. 177-182.

SANTOS, D. S.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K.; Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 836–842, 2012.

SILVA, T. G. F.; ZONIER, S.; MOURA M. S. B. DE; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, L. S. B. Umidade relativa do ar: estimativa e espacialização para o estado de Pernambuco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, 2007. Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia e EMBRAPA/Tabuleiros Costeiros. 2007.

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010a.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; MATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta

fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.5, p.457-464, 2010b.

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. PRODUÇÃO de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2011.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A.; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: III JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste- Estado de Pernambuco. Recife, 1990.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v. 72, p. 157–164, 2007.

VIANA, B. L.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. M. V.; PARENTE, H. N.; SALES, A. T.; SANTOS, E. G.; Morfometria de cladódios de palma forrageira no cariri paraibano. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.

CONCLUSÕES GERAIS

Considerando as características climáticas do Semiárido brasileiro e as condições de irrigação adotadas ao longo do período de experimental, concluiu-se que não houve diferenciação na evapotranspiração dos diferentes clones de palma forrageira utilizados. Com esse resultado recomenda-se que hajam mais estudos que se baseiem na demanda atmosférica local para aplicação da irrigação nesta cultura.

Entretanto, quando foram avaliados o crescimento dos clones nas condições expostas, os clones Orelha de Elefante Mexicana e a IPA-Sertânia apresentaram os melhores desempenhos, recebendo destaque a Orelha de Elefante Mexicana, sendo esses dois clones superiores a Miúda, a qual não recomenda-se o seu cultivo nesta região.