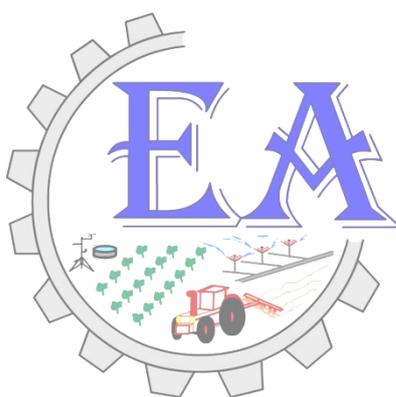




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

DANIELLE MORAIS AMORIM

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO E DE SISTEMAS DE CULTIVO DA
PALMA FORRAGEIRA CV. ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA**



**JUAZEIRO - BA
2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

DANIELLE MORAIS AMORIM

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO E DE SISTEMAS DE CULTIVO DA
PALMA FORRAGEIRA CV. ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro – BA, como requisito da obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof^o. D.Sc. Thieres George Freire da Silva
Corientador: D.Sc. Maria da Conceição Silva

**JUAZEIRO – BA
2015**

	Amorim, Danielle M.
A524e	Estratégias de irrigação e de sistemas de cultivo da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana / Danielle Morais Amorim. -- Juazeiro, 2015.
	XV; 71f. :il.; 29 cm.
	Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2015.
	Orientador: Thieres George Freire da Silva.
	1. Irrigação agrícola. 2. Forrageiras. 3. Evapotranspiração. I Título. II. Silva, Thieres George Freire da, orient. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 631.587

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Renato Marques Alves

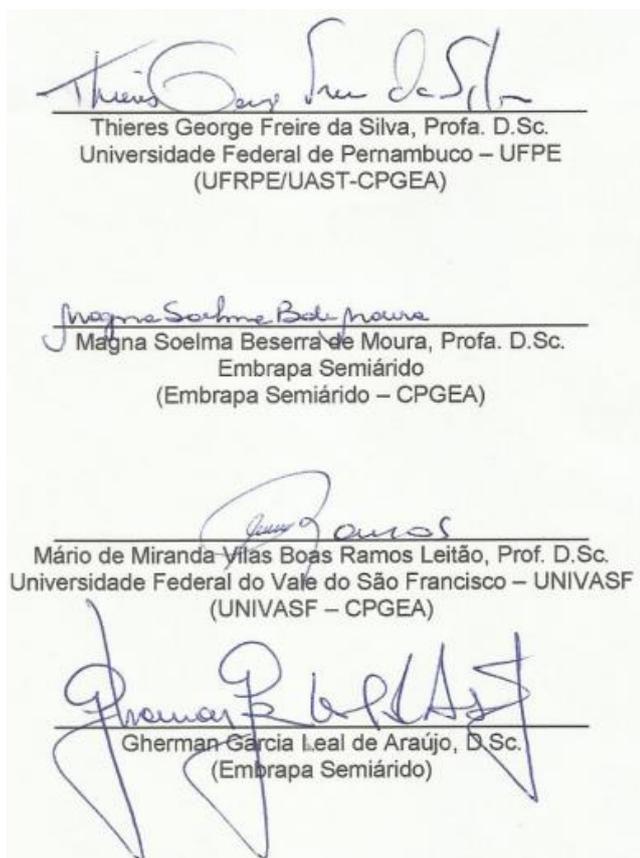
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Danielle Morais Amorim

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO E DE SISTEMAS DE CULTIVO DA
PALMA FORRAGEIRA CV. ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



Juazeiro - BA, 31 de Agosto de 2015.

AGRADECIMENTOS

Ao supremo Criador, autor da minha fé, pelo amor, graça e dom da vida.

Aos meus pais e irmãs pelo amor, apoio e compreensão.

À professora Sílvia Turco bem como ao professor e amigo Daniel Costa, ambos do colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental da UNIVASF, pelo incentivo a mim dado para ingressar na pós-graduação.

Ao professor Thieres George pelo aceite ao convite de orientação, bem como pelos ensinamentos e conselhos.

Aos colegas Roberto, Henrique, Márcio, Saulo, Cinthia, Sheila e Indira, da turma de mestrado em Engenharia Agrícola 2013.2 da UNIVASF, pelos prazerosos momentos de convivência.

Ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF pelos ensinamentos e apoio, em especial ao professor Mário Miranda, a quem tenho profunda admiração.

À Carolina Torres, secretária da pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo carinho, presteza e bons momentos de convivência.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros do Grupo de Agrometeorologia no Semiárido – GAS, em especial à Poliana e Ailton, pelo carinho e aprendizado que obtive durante a convivência e atividades em campo.

À amiga Simone Luz que desde a graduação se faz presente em minha vida com seu apoio, ajuda e carinho.

À Luana, Rayles e Géssica por me acolherem no “1625” durante minha estadia em Serra Talhada.

À querida família Stayne Henrique, Samara Gomes e Nicolas pelo carinho e por terem tornado meus dias em Serra Talhada mais leves. Só Deus para recompensá-los por tudo que fizeram por mim.

À Jucilene Lima pela amizade e carinho nascidos em Serra Talhada.

Aos amigos queridos Roberta, Abraão, Tibério, Yeslândia, Saanny, Fabiana e Cinthia pela amizade, apoio e torcida.

Aos “Morais” que tanto amo (tios e primos), em especial a minha “vó-mãe-Ana”, pelas constantes orações e amor a mim dispensados sem medidas.

A todos que estiveram presentes de alguma forma durante esse meu período de qualificação...

Muito obrigada!!!

“A glória de Deus é encobrir as coisas, mas a glória dos reis é esquadrihá-las.”

Salomão – Livro de Provérbios

AMORIM, D. M. **Estratégias de irrigação e de sistemas de cultivo da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana**. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

RESUMO

O cultivo de palma forrageira apresenta-se como uma estratégia para contornar a realidade da baixa disponibilidade de forragem nos longos períodos de estiagem registrados no Semiárido brasileiro. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no desenvolvimento da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana no tocante à sua morfogênese, fases fenológicas vegetativas e no seu momento de corte. O trabalho foi conduzido em uma área experimental de cultivo de palma forrageira, no município de Serra Talhada, PE, no período de junho de 2012 a junho de 2013. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5x3, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de referência (0; 8,75%ET_o; 17,5%ET_o; 26,25%ET_o e 35%ET_o), sendo esta determinada pelo método de Penman-Monteith, conforme o boletim 56 da FAO. Já as subparcelas foram constituídas por três sistemas de plantio (sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta; sistema de plantio exclusivo com cobertura morta de 8,2 t ha⁻¹ de capim entre as fileiras e sistema de plantio consorciado de palma com sorgo granífero, cv. IPA 2502). Foram realizadas medições biométricas da planta e dos cladódios, bem como da biomassa, para fins de obtenção das taxas das características morfogênicas e dos índices morfofisiológicos. As variáveis foram submetidas à análise de variância, seguida da comparação de médias pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade. Como resultados, propõe-se que a fenologia vegetativa da palma forrageira seja delimitada com base na sua taxa de emissão de cladódios por ordem, de modo que o alcance da fenofase n ocorre no momento em que a taxa de emissão de cladódios de ordem $n - 1$ é ultrapassada pela taxa de emissão de cladódios de ordem n . Diferentemente dos demais, o sistema de cultivo exclusivo de palma sem cobertura morta sobre o solo, sob a menor suplementação hídrica (976 mm), foi aquele que promoveu o desenvolvimento fenológico vegetativo mais rápido, com três fenofases alcançadas em um período inferior a um ano. Observou-se que o sistema de plantio consorciado reduziu a maioria das taxas morfogênicas, atrasou o

desenvolvimento fenológico vegetativo da palma, antecipou seu momento de corte além de reduzir seus incrementos em matéria seca, quando comparado aos sistemas de plantio exclusivo com e sem cobertura morta. Já o uso de cobertura morta sobre o solo promoveu bons resultados no desenvolvimento morfométrico da palma bem como na sua produção de matéria seca.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro, evapotranspiração de referência, cobertura morta, consórcio, *Opuntia*

AMORIM, D. M. **Irrigation strategies and cultivation systems to cv. forage cactus Orelha of Elefante Mexicana**. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

ABSTRACT

The forage cactus tillage presents itself as a strategy to get around the reality of low forage availability in the long periods of drought registered in the Brazilian Semiarid. The objective of this study was to analyze the effect of different levels irrigation and cropping systems in developing of forage cactus clone Orelha of Elefante Mexicana in their morphogenesis, vegetative phenological phases and their harvest time. The work was conducted in an experimental area of forage cactus cultivation in Serra Talhada, PE, from June 2012 to June 2013. The experimental design was randomized blocks, in a factorial 5x3 with four replicates. The plots consisted of irrigation levels based on the reference evapotranspiration (0; 8.75% ETo; 17.5% ETo; 26.25% and 35% ETo), which was determined by the Penman-Monteith method as bulletin 56 FAO. Already the subplots consisted of three tillage systems (exclusive cropping system without mulch; exclusive cropping system with mulch of 8.2 t ha⁻¹ of grass between the rows of palm planting and intercropping system with grain sorghum, cv. IPA 2502). Biometric measurements of the plant and cladodes were held, as well as biomass, for the purpose of obtaining the rates of morphogenesis and morphophysiological indexes. The variables were subjected to analysis of variance, followed by the comparison means by Tukey test, at a significance level of 5% probability. As a result, it is proposed that the vegetative phenology of forage cactus may be defined based on their cladodes emission rate in order: the phenophase n occur when the cladodes emission rate of order $n - 1$ is overtaken by cladode emission rate of n order. Different the others, the exclusive cropping system of cultivation of palm without mulch on the soil, under smaller level's irrigation (976 mm), was the one who promoted the vegetative phenological development faster, with three phenophases reached in less than one year. It was observed that the intercropping system reduced the most part morphogenetic rates, delayed the vegetative phenological development of forage cactus, anticipated its harvest time and reduced their increases in dry matter when compared to exclusive cropping systems with and without mulch. In its turn, the use of mulch on the soil promoted

good results in the morphometric development of palm as well as its dry matter production.

Keywords: brazilian Semiarid, reference evapotranspiration, mulch, intercropping, *Opuntia*

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1. Valores mensais das lâminas de irrigação durante os meses de dezembro de 2012 a junho de 2013, no município de Serra Talhada, PE34

ARTIGO 2

Figura 1. Dados meteorológicos ao longo do período experimental, no segundo ciclo produtivo da palma forrageira (*Opuntia stricta*), em Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.....64

Figura 2. Valores mensais da precipitação pluvial durante o período do experimento, no segundo ciclo produtivo da palma forrageira (*Opuntia stricta*), em Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro65

Figura 3. Delimitação das fases fenológicas vegetativas com base na taxa de emissão dos cladódios de 1^a, 2^a e 3^a ordem da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro.....67

Figura 4. Sazonalidade da taxa de acúmulo de matéria seca da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro.....72

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis morfogênicas da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro: taxas de aumento da altura da planta (dAP/dt), largura da planta (dLP/dt), número de cladódios totais da planta (dNC/dt) e índice de área de cladódios total (dIAC/dt)38
- Tabela 2.** Valores médios das taxas morfogênicas da planta (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro.....39
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as taxas morfogênicas (número, comprimento e largura) dos cladódios da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro41
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância para as taxas morfogênicas (espessura, perímetro, área e índice de área) dos cladódios da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro42
- Tabela 5.** Valores médios da taxa de aumento da espessura do cladódio de 1ª ordem da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro43
- Tabela 6.** Valores médios das taxas morfogênicas (número, comprimento e largura) dos cladódios de 3ª ordem da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro44
- Tabela 7.** Valores médios das taxas morfogênicas (espessura, perímetro e área) dos cladódios de 3ª ordem da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro46

ARTIGO 2

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as fenofases vegetativas F1, F2 e F3, e para a taxa de acúmulo mensal de matéria seca (dW/dt) da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro 66

Tabela 2. Duração média, em meses, das fenofases vegetativas 1, 2 e 3 da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e a sistemas de plantio no Semiárido brasileiro 70

Tabela 3. Momento de corte, expresso em meses, da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro 73

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a produtividade relativa (Y_{rel}) da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro 74

Tabela 5. Valores médios da produtividade relativa da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro..... 75

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	Uso da Palma Forrageira.....	18
2.1.1	Clone IPA-200016/Clone Orelha de Elefante Mexicana	21
2.2	Manejo de irrigação em palma forrageira.....	22
2.3	Sistemas de plantio em culturas agrícolas	23
2.4	Fenologia e fatores condicionantes	25
2.5	Momento de colheita na palma forrageira.....	27
3.	ARTIGO 1	29
	Morfogênese da palma forrageira <i>Opuntia stricta</i> submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio	29
	INTRODUÇÃO	30
	MATERIAL E MÉTODOS	32
	Área de estudo.....	32
	Descrição do experimento	33
	Variáveis analisadas.....	35
	Delineamento estatístico e tratamentos experimentais	36
	Análise estatística e softwares utilizados	37
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
	Morfogênese da planta.....	37
	Morfogênese dos cladódios.....	42
	CONCLUSÕES	48
	LITERATURA CITADA.....	49
4.	ARTIGO 2:	54
	Fases fenológicas vegetativas e momento de corte da palma forrageira palma forrageira <i>Opuntia stricta</i> sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio.....	54
	INTRODUÇÃO	55
	MATERIAL E MÉTODOS	57
	Localização e características da área experimental.....	57
	Tratamentos e delineamento experimental.....	58
	Condução do experimento.....	58

Variáveis analisadas.....	60
Fases fenológicas, momento de corte e produtividade relativa.....	62
Análises estatísticas e softwares utilizados	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
Variáveis meteorológicas e análise de variância	63
Fenologia vegetativa	66
Momento de corte da palma forrageira	71
CONCLUSÃO.....	75
LITERATURA CITADA.....	75
5. CONCLUSÃO GERAL	80
6. Referências bibliográficas	81

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca entre os principais países produtores de palma forrageira. Em âmbito nacional, a produção dessa cultura se concentra no sertão e agreste nordestino, chegando a ultrapassar 40 toneladas de matéria seca por hectare por colheita, sendo considerada como uma forrageira de elevado potencial produtivo por área (SANTOS et al., 2006; SANTOS et al., 2013).

Tal potencialidade apresentada pela palma forrageira faz dela um importante recurso alimentar para os rebanhos do Semiárido nordestino, assegurando a sobrevivência dos animais nos períodos de estiagem (CAVALCANTI et al., 2008; BEZERRA et al., 2014). Vale destacar que além da palma se constituir uma fonte alimentar, ela também acaba por suprir boa parte da necessidade de água dos animais, tendo em vista sua alta constituição em água, que é de, aproximadamente, 90% (LOPES et al., 2013).

Atualmente, vários governos estaduais e municipais do nordeste brasileiro têm desenvolvido programas de incentivo ao cultivo da palma forrageira entre os produtores com a distribuição de mudas da cultivar Orelha de Elefante Mexicana, um clone resistente à cochonilha do carmim que foi introduzido do México no Brasil pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (SANTOS et al., 2006), e se mostra adaptado às condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro. Todavia, segundo Santos et al. (2013), os resultados de pesquisa com essa cultivar ainda são escassos, sendo assim necessários mais estudos relacionados a ela, nos quais, a partir de seus resultados, se obtenham mais informações que subsidiem o desenvolvimento e a eficiência produtiva dessa espécie.

Sobre os estudos já realizados com a palma forrageira, aqueles referentes à sua fenologia são exíguos. Poucas são as pesquisas que têm sido dedicadas ao efeito do meio ambiente sobre a biologia reprodutiva da palma forrageira, bem como ao competitivo crescimento dos seus órgãos reprodutivos e vegetativos, ou seja, sua morfogênese (INGLESE et al., 1995). Considerando que o conhecimento e o entendimento da fenologia vegetativa de uma cultura são essenciais para a compreensão da sua dinâmica de desenvolvimento, estudos com a palma forrageira no tocante à sua fenologia vegetativa apresentam-se como um valioso instrumento para os planos e métodos de manejo que venham a ser elaborados para a cultura.

Ainda sobre os estudos desenvolvidos com a palma, àqueles relacionados ao uso da irrigação como uma estratégia de manejo a fim de garantir o bom desenvolvimento da cultura estão entre os mais recentes. A palma é comumente cultivada em condições de monocultivo e sequeiro, com seus cortes sendo tradicionalmente realizados a cada dois anos (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005). Com seu cultivo conduzido de forma intensiva, que envolve a prática da irrigação, se presume que exista a possibilidade de se realizar cortes precoces na cultura de forma que se obtenham bons resultados produtivos em um menor intervalo de tempo. Para tanto se fazem necessários mais estudos associados ao tema.

Nesse sentido, pesquisas como esta, relacionadas à palma forrageira, se apresentam oportunas frente ao contexto atual de incentivo governamental ao cultivo dessa cultura paralelo à necessidade de forragens na região semiárida do nordeste brasileiro. Os resultados aqui encontrados poderão ser utilizados para orientar produtores no que diz respeito ao cultivo intensivo da palma, bem como subsídio bibliográfico para as políticas públicas voltadas para a produção eficiente dessa cultura, além de se apresentarem também como mais uma contribuição no tocante às pesquisas referentes à palma.

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho a obtenção de taxas morfogênicas e de índices morfofisiológicos para delimitação das fases fenológicas e do momento de corte da palma forrageira palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio nas condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro.

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso da Palma Forrageira

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) é uma cultura nativa do México, pertencente à família das cactáceas (NEDER et al., 2013) que, por sua vez, possui cerca de 130 gêneros e 1500 espécies (SANTOS et al., 2013). É uma planta arbórescente, que pode atingir de 3 a 5 m de altura, apresentando uma copa larga,

em torno de 1,5 m de diâmetro. É formada por artículos suculentos ou raquetes, chamados botanicamente de “cladódios” (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005).

Foi naturalizada em todo o mundo desde o século XV e hoje já é reconhecida como uma cultura cosmopolita, estando presente em todos os continentes (NUNES, 2011). Sua presença é muito comum no desenvolvimento da agricultura de subsistência de muitas comunidades em áreas de sequeiro (INGLESE et al., 1995), onde ela é amplamente utilizada como forragem para os animais.

Na América do Sul, estima-se que existam em torno de 675.000 ha cultivados com palma forrageira abrangendo os gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. Desse total cultivado, estima-se que 600.000 ha estão no Brasil, sendo considerada por Dubeux Júnior et al. (2013) como a maior área plantada com palma não só da América do Sul, mas do mundo. Seu cultivo no Brasil ocorre predominantemente no nordeste (ROCHA, 2012), uma região que concentra em torno de 89,5% da região semiárida do país (IBGE, 2015).

A região semiárida corresponde a uma área de 982.563,3 km², com um clima caracterizado pela escassez e irregularidade de chuvas (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005; IBGE, 2015), apresentando precipitação pluvial com uma variação de 300 a 800 mm anuais distribuídos de forma irregular no tempo e no espaço (GARIGLIO et al., 2010). Nessa região a evaporação potencial média atinge os 2.500 mm anuais, a temperatura média oscila entre 23 e 28°C com amplitude diária de 10°C e a luminosidade média gira em torno das 2800 horas de luz por ano (CHIACCHIO et al., 2006).

Com relação aos índices das variáveis climáticas tidos como adequados para o cultivo da palma forrageira no sentido de se obter um bom potencial produtivo, Souza et al. (2008) apresentam os valores entre 16,1°C e 25,4°C para temperatura média do ar, com máximas entre 28,5°C e 31,5°C e mínimas variando de 8,6°C e 20,4°C; a precipitação deve concentrar-se na faixa entre 368,4 mm e 812,4 mm anuais. Santos et al. (2013) destacam ser ideal que as temperaturas noturnas estejam na faixa de 15°C a 20°C. Tais condições associadas às características anatômica, morfológica, fisiológica e bioquímica da palma forrageira contribuíram para que a palma se adaptasse bem ao Semiárido nordestino (CÂNDIDO et al., 2013).

A adaptação dessa cactácea às condições edafoclimáticas do Semiárido nordestino deve-se principalmente ao metabolismo fotossintético apresentado por

ela, sendo denominado de metabolismo ácido das crassuláceas (SANTOS et al., 2013). Por apresentarem esse metabolismo como mecanismo fotossintético, as *Opuntias* alcançam êxito no seu desenvolvimento em regiões áridas e semiáridas. A abertura de seus estômatos para a captação de CO₂ atmosférico ocorre no período noturno, no qual a temperatura do ar é mais baixa e a umidade é mais alta que no período diurno, o que contribui para uma menor perda hídrica, refletindo em uma maior eficiência no uso da água nas plantas CAM (FAO, 2001). De acordo com Larcher (2006), as plantas CAM ocupam principalmente lugares com secas periódicas ou pobres em substratos.

A palma passou a ser cultivada como forragem no Semiárido nordestino a partir do ano de 1915. Seu cultivo na região é voltado principalmente para a criação de gado de leite, sendo as maiores áreas de cultivo encontradas nos estados de Alagoas, Paraíba e Pernambuco (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005). Moura et al. (2011) destacam o estado de Pernambuco como um dos maiores produtores de palma para fins forrageiros.

Sua representação na região semiárida brasileira é feita por três cultivares que são resistentes à cochonilha do carmim, uma praga comum à cultura: a Gigante e a Redonda, ambas *Opuntia ficus-indica*, e a Doce ou Miúda, *Nopalea cochenillifera* (SANTOS et al., 2006; GAVA & LOPES, 2012). Aquelas são cultivadas nas áreas mais secas e de solos mais pobres, já a Miúda é cultivada nas zonas mais chuvosas e de solos mais ricos (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005).

Seu cultivo no Semiárido brasileiro tem ganhado cada vez mais importância, despertando o interesse de produtores rurais e em especial àqueles que desenvolvem a atividade da pecuária leiteira. A grande maioria dos pecuaristas do Semiárido reconhece a relevância que a palma tem para a região (SILVA, 2012), sendo identificada como o principal recurso forrageiro local e como uma alternativa de alimento que possibilita a produção animal a custo viável para os produtores durante os períodos de secas prolongadas (LOPES et al., 2013; SILVA, 2012; BISPO et al., 2007).

Santos et al. (2013) afirmam que a palma vem se tornando um componente indispensável na alimentação dos rebanhos bovino, ovino e caprino não só nos períodos de estiagem, como também nos demais períodos do ano. De acordo com a FAO (2001), as necessidades econômicas e ambientais de regiões áridas e semiáridas podem ser atendidas pela exploração de várias espécies de *Opuntia*.

Conforme Santos et al. (2013), na ocupação de áreas brasileiras com o cultivo da palma forrageira eram utilizadas basicamente a *Opuntia ficus-indica* Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck. Contudo, houve a extinção de inúmeros palmais em virtude da praga cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), que surgiu no final do século XX, sendo essas espécies de cactáceas altamente susceptíveis à referida praga. Houve a necessidade de se trabalhar com genótipos resistentes à cochonilha do carmim e, nesse sentido, o Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA em parceria com Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE realizaram estudos pelo Programa de Melhoramento da Palma Forrageira a fim de identificar e selecionar tais genótipos. No final de 2005, vários genótipos foram identificados, entre eles o IPA-200016/Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw).

2.1.1 Clone IPA-200016/Clone Orelha de Elefante Mexicana

O clone IPA-200016/Orelha de Elefante Mexicana está entre aqueles distribuídos pelo governo do estado de Pernambuco para os produtores rurais. Sua introdução do México para o Brasil se deu através do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (SANTOS et al., 2006), e esse clone tem se mostrado adaptado às condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro.

Essa cultivar resistente à cochonilha do carmim tem apresentado alta produtividade em diferentes ambientes do Semiárido de Pernambuco, como verificado por Santos et al. (1994), ao compararem o IPA-200016 a outros clones com relação ao potencial produtivo. Sua produção chega a ultrapassar até mesmo a cultivar gigante, que é a mais cultivada na região (SANTOS et al., 2006). Em números, Santos et al. (2006) relatam uma produção de 40 toneladas de matéria seca por hectare por colheita.

A boa adaptabilidade do clone Orelha de Elefante Mexicana às condições de sequeiro no Semiárido do Médio Pajeú já foram constatadas por Silva et al. (2012). Silva et al. (2014) confirmaram a boa resistência ao estresse hídrico apresentada pela variedade ao estudarem sua eficiência no uso de água, bem como sua alta

capacidade de extrair água do solo, reconhecendo o clone IPA-200016 como o mais produtivo e eficiente para as condições do Semiárido pernambucano.

2.2 Manejo de irrigação em palma forrageira

A irrigação de uma cultura gera disponibilidade de água no solo. Como bem coloca Schwartz (2003), a maioria dos processos biológicos está vinculada à água. A realização da fotossíntese, por exemplo, depende de uma adequada disponibilidade de água e nutrientes minerais (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

Apesar de a palma forrageira ser comumente encontrada nas propriedades agrícolas do semiárido nordestino, sua produtividade alcançada é ainda considerada baixa frente ao seu potencial produtivo, e atribui-se a esse fato o baixo nível tecnológico empregado no plantio e condução da cultura (DONATO et al., 2014). Contudo, a inserção de tecnologia no cultivo da palma já é uma realidade para alguns produtores e tem se dado de diferentes maneiras, sendo uma delas o uso da irrigação.

Em regiões onde a precipitação é um fator limitante para o crescimento, a irrigação das culturas implantadas se torna necessária. Cortázar & Nobel (1992) englobam a irrigação aos fatores que contribuem para a alta produtividade da palma forrageira, além da alta fertilidade do solo e a interceptação de boa parte do fluxo fotossintético incidente por parte do tecido fotossinteticamente ativo. No Brasil, os estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará já trabalham com a suplementação hídrica em palma forrageira (SANTOS et al., 2013), apesar de que os estudos relacionados à prática da irrigação no cultivo dessa cultura no Semiárido brasileiro ainda sejam incipientes (QUEIROZ, 2014). Em países como Israel e Itália, onde se cultiva a palma para obtenção de frutas, palmais são irrigados pelo sistema de gotejo com uma lâmina anual de 500 mm (INGLESE et al., 1995).

Uma variável relevante para o bom planejamento da irrigação é a evapotranspiração de referência – ETo (Sousa et al., 2014). Esta corresponde à taxa de evapotranspiração a partir de uma superfície de referência: uma grama hipotética com uma altura fixa de 0,12 metros, albedo de 0,23, sem deficiência hídrica, em crescimento ativo e cobrindo totalmente a superfície do solo. É um parâmetro

climático e pode ser calculado a partir de dados meteorológicos pelo método de Penman-Monteith, padronizado pela Food and Agriculture Organization – FAO (Allen et al., 1998).

No tocante ao sistema de irrigação a ser utilizado em um cultivo de palma forrageira, o sistema de gotejo apresenta-se como adequado para as características do sistema radicular da cultura, que é do tipo superficial (FAO, 2001). Deve-se ainda atentar pela boa condução da irrigação, visto que seu manejo inadequado poderá resultar na lavagem dos nutrientes, na putrefação das raízes (ALVES, 2011), bem como na ocorrência de plantas daninhas nas áreas de cultivo (RESENDE et al., 2005).

Silva et al. (2012) ao realizarem o monitoramento da água em um solo cultivado com diferentes clones de palma forrageira, verificaram que o conteúdo de água no solo foi inferior naquele cultivado com o clone Orelha de Elefante Mexicana, havendo uma maior demanda de água por este clone. Tal demanda pode ser atendida via eventos de irrigação, principalmente onde os índices de precipitação pluvial são baixos e distribuídos no tempo e espaço de forma irregular.

Em suma, a palma forrageira é uma cultura adaptada às condições de baixa disponibilidade hídrica. Contudo, tal fato não anula a possibilidade de conduzir seu cultivo sob irrigação, de modo que o cultivo irrigado dessa cultura configura-se como uma estratégia de manejo a fim de instigar o seu desenvolvimento e produtividade, viabilizando assim a produção de forragem para os produtores do semiárido nordestino.

2.3 Sistemas de plantio em culturas agrícolas

A produtividade de uma cultura ou seu rendimento tem relação direta com o sistema de produção adotado (WANDERLEY et al., 2009). Para espécies que apresentam potencial forrageiro, Pinto et al. (2006) recomendam o cultivo orientado, de forma exclusiva ou em consórcio a fim de obter uma melhor utilização dos recursos naturais.

Um sistema de cultivo bastante recorrente nas regiões áridas e semiáridas é a agricultura em sistema de sequeiro, sendo praticada pelos produtores durante o

período chuvoso anual, ainda que se tenha um alto risco de perda (SANTOS et al., 2013). De acordo com Drumond et al. (2015), em se tratando especificamente da caatinga, a agropecuária de sequeiro constitui a base da economia da região, ainda que essa atividade seja desenvolvida em alguns locais com cultivos irrigados. Entre os fatores que os autores consideram relacionados à agricultura de sequeiro está a eficiência limitada da produção, reconhecendo como uma alternativa mitigadora desse quesito a utilização de variedades melhoradas, que apresentem ciclo curto, bem como resistência às adversidades climáticas da região. Entretanto, por mais que se faça uso de variedades melhoradas, de acordo com Sousa et al. (2010), a agricultura de sequeiro no Semiárido brasileiro torna-se uma atividade de risco, haja vista os longos períodos de estiagem bem como os altos índices de evaporação nos reservatórios comuns na região.

Nesse contexto, a consorciação de culturas apresenta-se como uma prática na qual os riscos de perdas são reduzidos (SOUZA et al., 2014). É por meio da consorciação de culturas forrageiras que a diversificação nos cultivos é buscada por parte da agricultura familiar (SILVA et al., 2013) e que se aumenta a eficiência de uso da terra (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005). Além disso, outras possíveis vantagens que um consórcio de espécies de plantas pode proporcionar são a maior produção de matéria seca, o acúmulo de nutrientes e a proteção ao solo (ANDRADE NETO et al., 2010).

Estudos como o de Farias et al. (2000) e o de Albuquerque & Rao (1997) estão entre aqueles nos quais foi avaliado o consórcio da palma forrageira com o sorgo, que se apresenta como uma opção de forrageira anual com um grande potencial para o Semiárido (ARAÚJO, 2001). Segundo Albuquerque (2000), por mais que o consórcio da palma com culturas anuais como o sorgo gerem decréscimos na produção dela, o restolho do sorgo ao ser utilizado como forragem acaba por compensar tal decréscimo.

Uma outra prática de manejo recomendada para o Semiárido brasileiro e vista hoje como uma estratégia que proporciona melhorias à produção é a cobertura do solo nos cultivos agrícolas (MEDEIROS et al., 2006; BORGES et al., 2014), sendo bastante relevante na agricultura irrigada (STONE et al., 2006). Essa prática de manejo contribui para melhorar as características hidrotérmicas do solo, bem como diminuir a ocorrência de plantas invasoras, o que estimula o desenvolvimento da cultura proporcionando, assim, um resultado de produção maior em vista daquele

obtido por um cultivo em um solo descoberto (RESENDE et al., 2005). De acordo com Stone et al. (2006), a cobertura do solo contribui para que haja redução na taxa de evapotranspiração das culturas, bem como mudança na relação solo-água, principalmente no início do desenvolvimento das plantas onde o solo não é coberto totalmente pelo dossel.

2.4 Fenologia e fatores condicionantes

De um modo geral, a fenologia é definida por Schwartz (2003) como o estudo dos eventos biológicos que ocorrem de forma periódica no ciclo de vida animal e vegetal, os quais são influenciados pelo ambiente. Seu conhecimento é baseado nas observações de estádios de desenvolvimento externamente visíveis: as fenofases (LARCHER, 2006). No caso dos vegetais, o desdobramento das folhas e o florescimento são eventos que podem ser observados de forma precisa, sendo assim aqueles mais comumente observados nas plantas (MARQUES, 2010).

As observações fenológicas geram informação, ou seja, geram dados. Estes, por sua vez, são utilizados na análise da relação tempo *versus* cultura, de modo que cada cultura necessita de certo tempo para seu desenvolvimento. Partindo desse fato - que cada cultura necessita de certo tempo para seu desenvolvimento, a duração média do seu período de crescimento em determinada região definirá os limites ambientais para sua produção (SCHWARTZ, 2003), de forma que espécies submetidas a diferentes condições de meio responderão de forma diferente para tais condições (SEGANTINI et al., 2010).

O clima apresenta-se como um fator determinante na fenologia das plantas, de forma tal que seus elementos podem atuar de maneira interativa ou isolada no desenvolvimento das espécies. Como influência direta de um elemento climático no desenvolvimento das plantas tem-se a disponibilidade térmica, de modo que o metabolismo vegetal é acelerado em uma situação de temperaturas mais elevadas, enquanto que em uma situação de temperaturas mais baixas ocorre uma redução do crescimento, bem como um prolongamento do ciclo das plantas. A temperatura associada ao fotoperíodo também influencia na fenologia: para uma mesma faixa de latitude, sob situação de diferentes condições térmicas, determinada espécie vegetal

terá padrão fenológico diferente entre locais. Com relação apenas ao fotoperíodo, tem-se que várias espécies quando submetidas a diferentes latitudes têm a duração de seu ciclo alterada (BERGAMASCHI, 2007).

Ainda de acordo com o mesmo autor, no tocante ao regime pluviométrico, ele afirma que em regiões onde os períodos sazonais secos e úmidos se alternam – como nas regiões semiáridas, a disponibilidade hídrica se apresenta como um condicionante à fenologia das plantas. É o que afirma Larcher (2006) ao destacar o suprimento de nutrientes e o de água como fatores decisivos para o início e a duração das fases fenológicas. Segundo o autor, nas regiões dos trópicos, onde existem estações secas e chuvosas, as fenofases estão relacionadas às alterações periódicas de disponibilidade de água sendo que, nessas regiões, a estação chuvosa representa o principal período de crescimento da planta. Oliveira Júnior et al. (2009) corroboram ao afirmarem que existe uma forte relação do conteúdo de água no solo com o crescimento vegetativo da planta, principalmente porque os processos bioquímicos e fisiológicos como fotossíntese, respiração e transpiração, dependem da água para serem realizados.

Além das condições climáticas, que podem acelerar ou atrasar o início e duração de cada fase (LARCHER, 2006), e da disponibilidade hídrica, Segantini et al. (2010) afirmam que durante o desenvolvimento das espécies, fatores genéticos e tratos culturais também influenciam no seu comportamento fenológico vegetativo. Dessa forma, o comportamento fenológico de determinada espécie cultivada em uma região pode divergir quando esta mesma espécie é cultivada em outra região (ERASMO et al., 2003) apresentando, assim, diferenças quanto ao seu período vegetativo.

O período vegetativo de uma planta inclui o crescimento e a formação dos órgãos e sua duração pode ser calculada utilizando os eventos fenológicos observados na cultura (LARCHER, 2006). Estes, ao serem distribuídos no tempo, bem como a sua variabilidade, podem atuar como um subsídio na melhoria do manejo da cultura, refletindo em colheitas mais elevadas e estáveis, ao passo que as observações fenológicas desempenham um papel importante nos processos considerados relevantes na prática da agricultura, como a adubação e a irrigação (SCHWARTZ, 2003).

Marques (2010) identificou as subfases fenológicas da cactácea pitáia com base no desenvolvimento das suas características morfológicas ao longo do tempo.

De modo análogo, Erasmo et al. (2003) descreveram a fenologia da *Murdannia nudiflora*, planta pertencente à família Commelinaceae, ao relacionar as alterações morfológicas ao número de dias após a emergência das plântulas, com as fases vegetativas variando conforme a idade de surgimento das plantas-filhas produzidas.

2.5 Momento de colheita na palma forrageira

Uma boa compreensão dos aspectos relacionados ao crescimento e à reprodução das cactáceas contribuirá para a adoção de práticas de manejo adequadas, sendo a frequência de corte da cultura uma delas (SANTOS et al., 2013). Esta pode variar de acordo com a finalidade de cultivo da mesma.

Na palma, quando o cultivo é destinado à produção de frutas, os parâmetros utilizados para definir a época de colheita são relacionados às características fenotípicas da fruta, sendo a cor da casca uma delas. Já para a obtenção de verdura de palma (uso dos cladódios para consumo humano), a colheita é realizada entre os 30 e 60 dias posteriores à brotação dos cladódios, quando estes estão pesando entre 80 e 120 g e com um comprimento aproximado de 15 a 20 cm (FAO, 2001).

No tocante à produção de forragem para alimentação animal, os cortes são realizados tradicionalmente a cada dois anos (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005), quando se presume que a planta apresenta teores de matéria seca, fibras e carboidratos significativos para que se possa destiná-la ao consumo animal. De acordo com Santos et al. (1998), a colheita da palma é realizada manualmente em um intervalo de dois anos, com seu primeiro corte sendo efetuado aos dois ou três anos após o plantio, conforme o desenvolvimento da cultura.

Contudo, a frequência de corte de dois anos na palma forrageira não se apresenta como uma regra geral, pois, de acordo com Santos et al. (2011), ela pode variar de acordo com a necessidade do produtor. Para Galvão Júnior et al. (2014), a colheita se inicia com cerca de um ano e meio ou dois anos após o plantio, de modo que esse período pode se estender, a depender do desenvolvimento da cultura sob as condições de solo e clima nela impostas. Porém, os autores ressaltam que posteriormente a esse período, poderá ser realizado o corte anual.

É também possível que o período de corte seja mais curto. Para Lopes (2007), a colheita inicia-se entre os 12 e 15 meses de idade da cultura, desde que o plantio e a manutenção tenham sido realizados de modo adequado. Vasconcelos et al. (2007), ao estudarem a micropropagação da palma Miúda (*Nopalea cochellinifera*), constataram ser possível a realização da colheita anualmente. Suassuna (2013) reforça ao afirmar que os cortes anuais ao serem realizados são uma forma de manter a palma plantada sadia. Para casos de palma cultivada sob irrigação, Wanderley et al. (2009) recomendam a realização da colheita após 12 meses do plantio da palma.

Paralela à frequência de corte está a intensidade de corte, que pode ser maior ou menor de acordo com a ordem dos cladódios que permanecem na planta após o corte. Como um reflexo da frequência e intensidade de corte na produtividade tem-se que em Farias et al. (2000), ao trabalharem com a frequência de corte tradicional para a palma forrageira, encontraram maiores produções de matéria seca na frequência de corte de quatro anos em relação a de dois anos, ao conservarem os cladódios primários (4,51t MS/ha/ano X 3,82t MS/ha/ano), em uma população de 10 mil plantas/ha. Para os autores, palmis com dois ou quatro anos de idade possibilitam a realização de cortes anuais adequados ao sistema de manejo. Já Lopes (2007), conservando também os cladódios primários, relata uma produção média de 10,6t MS/ha/ano da palma miúda em uma população de 20 mil plantas/ha.

Apesar de haver várias recomendações relacionadas à frequência de corte da palma, poucos são os estudos que tratam do tema de modo a dar propriedade científica a elas. De acordo com Santos et al. (2011), não há na literatura estudos que relacionem o manejo de corte da palma com suas características morfogênicas e estruturais havendo, assim, a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que abordem essa temática.

3. ARTIGO 1

Morfogênese da palma forrageira *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio

Resumo: Objetivou-se avaliar a morfogênese da planta e dos cladódios da *Opuntia stricta* cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio. O experimento foi conduzido durante 13 meses no município de Serra Talhada, PE. O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de cinco lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de referência – ETo (sequeiro; 8,75%ETo; 17,5%ETo; 26,25%ETo e 35%ETo), aplicadas a partir dos 187 dias após o corte, com três sistemas de plantio (SPE: sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta; SPEC: sistema de plantio exclusivo com cobertura morta sobre o solo; e, SPCPS: sistema de plantio consorciado palma-sorgo). Ao longo de 13 meses foram registradas medidas morfométricas da planta e dos cladódios, as quais foram utilizadas no cálculo das suas respectivas taxas de crescimento. As taxas morfométricas da *Opuntia stricta* não foram influenciadas pelas lâminas de irrigação. As maiores médias para as taxas de altura (dAP/dt) e largura (dLP/dt) da planta, principais determinantes das variações na produção da palma, foram observadas no sistema de plantio exclusivo com cobertura morta. Observou-se que o sistema de plantio consorciado reduziu a maioria das taxas de crescimento quando comparado aos sistemas de plantio exclusivo com e sem cobertura morta sendo, desse modo, recomendado como uma alternativa secundária para o cultivo da palma forrageira.

Palavras-chave: biometria, cactácea, evapotranspiração de referência, Semiárido

25 **Morphogenesis of the forage cactus *Opuntia stricta* under different levels irrigation and**
26 **cropping systems**

27

28 **Abstract:** The objective this study was to evaluate the morphogenesis of the plant and
29 cladodes of *Opuntia stricta* grown under different irrigation levels and planting systems. The
30 experiment was conducted during 13 months in Serra Talhada, PE. The statistical design was
31 a randomized block in a factorial 5 x 3 with four replications. The treatments resulted from
32 the combination of five irrigation levels based on reference evapotranspiration - ETo (rainfed;
33 8.75% ETo; 17.5% ETo; 26.25%ETo and 35% ETo), applied from 187 days after first
34 harvest, with three tillage systems (SPE: exclusive cropping without mulch; SPEC: exclusive
35 cropping system with mulch on the ground and, SPCPS: planting system consortium palm-
36 sorghum). During 13 months morphometric measurements of the plant and cladodes were
37 recorded and they were used in the calculation of their respective growth rates. Morphometric
38 rates of *Opuntia stricta* were not influenced by irrigation levels. The highest average rates for
39 height (dAP/dt) and width (DLP/dt) of the plant (the main determinants of variations in the
40 palm production) were observed in the exclusive cropping system with mulch. It was
41 observed that the intercropping system reduced most part growth rates compared to exclusive
42 cropping systems with and without mulch and thus it is recommended as a secondary
43 alternative to the cultivation of forage cactus.

44 **Keywords:** biometry, cactaceous, reference evapotranspiration, Semiarid

45

46 **INTRODUÇÃO**

47 A palma forrageira (*Opuntia sp.*) apresenta-se como um recurso alimentar relevante
48 para a pecuária no Semiárido nordestino, sendo hoje o principal recurso forrageiro na região

49 ao assegurar a sobrevivência dos animais nos períodos de estiagem (Cavalcanti et al., 2008;
50 Lopes et al., 2013; Bezerra et al., 2014).

51 Trata-se de uma cultura rústica que apresenta resistência às condições adversas das
52 regiões áridas e semiáridas como altas temperaturas, baixa disponibilidade hídrica e altos
53 índices de radiação (Souza et al., 2008), devido ao seu mecanismo fotossintético diferenciado:
54 o metabolismo ácido das crassuláceas – CAM. Este lhe confere uma alta eficiência no uso da
55 água (Han & Felker, 1997; Santos et al., 2013), favorecendo a boa adaptação da palma às
56 regiões com baixo nível pluviométrico, onde o seu cultivo é tradicionalmente realizado em
57 condições de sequeiro.

58 Contudo, de acordo com Oliveira Júnior et al. (2009), a baixa disponibilidade hídrica
59 no solo pode reduzir o conteúdo de água nos tecidos da planta bem como as medidas
60 morfológicas dos cladódios, resultando em menores áreas fotossintetizantes e,
61 conseqüentemente, menor acúmulo de matéria seca. Uma alternativa para contornar tal
62 condição de baixa disponibilidade hídrica no solo é a prática da irrigação. Conforme Medeiros
63 et al. (2014), nas regiões mais secas do nordeste brasileiro, onde não era possível haver
64 produção agrícola, cultivos de palma forrageira são conduzidos e alcançam altas
65 produtividades por meio da irrigação.

66 Arelado aos cultivos irrigados pode estar o uso de cobertura morta sobre o solo e a
67 consorciação de culturas como práticas recomendadas para o Semiárido brasileiro. Conforme
68 Silva et al. (2007), Sánchez-Sáenz et al. (2010), Silva et al. (2011) e Borges et al. (2014), o
69 uso da cobertura morta sobre o solo reduz as perdas de água e contribui para o melhor
70 desenvolvimento das culturas. Por sua vez, o cultivo em consórcio proporciona maiores
71 rendimentos por área quando comparado aos monocultivos, menores riscos de perdas de
72 produção, além de contribuir para a melhoria do uso dos recursos naturais, conforme relatado
73 por Mushagalusa et al. (2008) e Pinto et al. (2006).

74 Segundo Cunha et al. (2012), a adoção de manejos diferenciados pode refletir na
75 morfogênese das plantas que, apesar de ser geneticamente programada, é influenciada pelas
76 condições de luz, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (Fagundes et al.,
77 2015), de forma que a resposta da interação e adaptação da planta ao seu meio de cultivo
78 estará nas suas maiores ou menores taxas de crescimento. Desse modo, a caracterização das
79 variáveis morfométricas de uma planta é essencial para a compreensão de sua dinâmica de
80 desenvolvimento em diferentes condições ambientais bem como para elaboração de
81 estratégias de manejo (Coutinho et al., 2015).

82 Estudos realizados por Queiroz (2014), Neder et al. (2013), Donato et al. (2014),
83 Cunha et al. (2012), Freire (2012) e Nascimento et al. (2011) avaliaram a resposta
84 morfológica e estrutural de genótipos da palma forrageira em condições diversas de
85 adubação, fertilização, espaçamento, salinidade e irrigação. No entanto, ainda não são
86 encontrados estudos referentes ao efeito de sistemas de plantio na morfogênese da palma.

87 Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes
88 lâminas de irrigação e sistemas de plantio na morfogênese da planta e dos cladódios da
89 *Opuntia stricta*.

90

91 MATERIAL E MÉTODOS

92 Área de estudo

93 O estudo foi realizado no município de Serra Talhada, Pernambuco, em uma área
94 experimental de cultivo de palma forrageira do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA
95 (Lat. 7°59' S, Long. 38°15' O e Alt. 431 m), durante o segundo ciclo produtivo da *Opuntia*
96 *stricta*, no período de junho de 2012 a junho de 2013.

97 A precipitação no decurso da condução do experimento foi de 393 mm, com 79%
98 desse total, 310 mm, ocorrendo nos meses de janeiro a abril de 2013. O clima local

99 corresponde ao tipo BSw^h, conforme a classificação de Koppen, sendo considerado
100 semiárido, muito quente, com temperatura média anual variando entre 23°C e 27°C e valores
101 de precipitação anual entre 400 e 800 mm (Souza et al., 2015).

102

103 Descrição do experimento

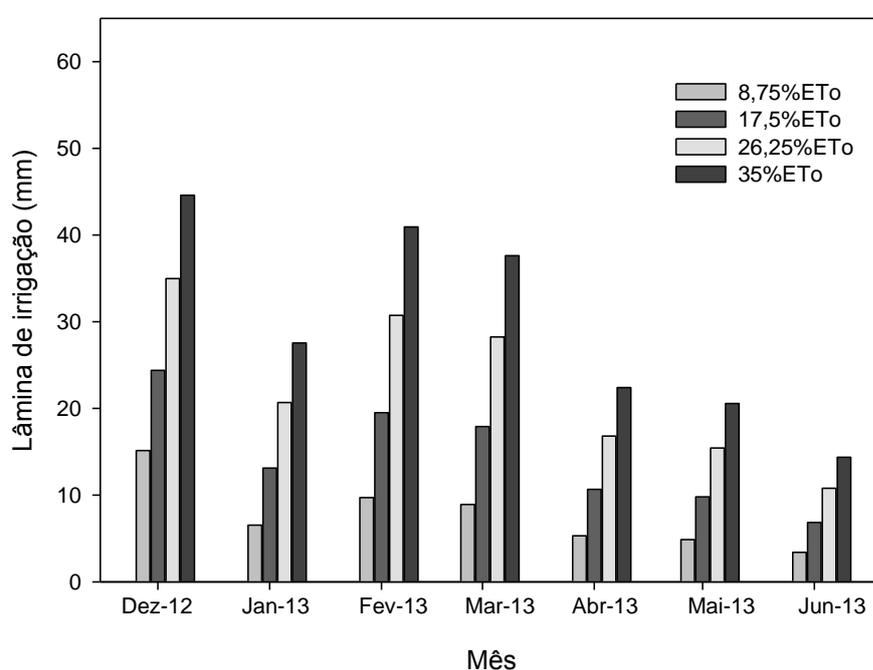
104 O primeiro ciclo produtivo da *Opuntia stricta* foi conduzido em condições de sequeiro
105 em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco arenoso no período de março de 2011 a
106 maio de 2012. Após o primeiro corte da cultura, foi dado início ao seu segundo ciclo
107 produtivo em junho de 2012. Os cladódios basais remanescentes estavam dispostos em um
108 espaçamento de 1,6 m entre linhas e 0,4 m entre cladódios, em uma densidade de cultivo de
109 15.625 plantas ha⁻¹.

110 As parcelas, constituídas pelas lâminas de irrigação, consistiram em quatro fileiras,
111 cada uma com 15 plantas, totalizando 60 plantas por parcela. Sua área útil de 14,08 m²
112 consistiu em 22 plantas localizadas nas duas fileiras centrais, marginalizando duas plantas de
113 cada extremidade dessas fileiras. Por sua vez, as subparcelas foram constituídas por diferentes
114 sistemas de plantio.

115 Ao iniciar-se o segundo ciclo produtivo da cultura, foi instalado um sistema de
116 irrigação por gotejamento, com emissores espaçados a 0,40 m e a uma distância de 0,25 m da
117 linha de cultivo, com vazão de operação igual a $1,32 \pm 0,12$ L h⁻¹ à pressão de 1 atm. A água
118 utilizada apresentou condutividade elétrica média de 1,35 dS m⁻¹, sendo classificada como
119 C3, ou seja, água com alta salinidade e recomendada para irrigação de plantas tolerantes aos
120 sais (Cordeiro, 2001). Vale ressaltar que Freire (2012) observou danos no desenvolvimento
121 dos cladódios da palma Miúda apenas no nível de salinidade entre 1,5 e 3,6 dS m⁻¹.

122 Em outubro de 2012 foi inserida a cobertura morta correspondente a $8,2 \text{ t ha}^{-1}$ e
 123 semeado o sorgo granífero, cv. IPA 2502. Este, a uma distância de 0,50 m da linha de cultivo
 124 da *Opuntia stricta*, em uma densidade de 18 sementes por metro linear.

125 A aplicação das lâminas baseadas em diferentes frações da ETo (0; 8,75%ETo;
 126 17,5%ETo; 26,25%ETo e 35%ETo) se deu a partir de dezembro de 2012 (Figura 1). Até
 127 então, não houve diferença entre as lâminas aplicadas.



128

129 Figura 1. Valores mensais das lâminas de irrigação durante os meses de dezembro de 2012 a
 130 junho de 2013, no município de Serra Talhada, PE

131

132 Durante os seis primeiros meses de estudo, de junho a novembro de 2012, um total de
 133 583 mm foi aplicado, correspondendo à diferença entre os valores acumulados da ETo diária
 134 e a precipitação pluvial ocorrida durante os intervalos entre os eventos de irrigação, os quais
 135 foram realizados nas terças e sextas-feiras no período matinal.

136

137 Dados meteorológicos

138 Os dados meteorológicos foram observados em uma estação meteorológica
139 automática, distante 700 m da área experimental, pertencente ao Instituto Nacional de
140 Meteorologia – INMET. A evapotranspiração de referência – ETo diária foi estimada pelo
141 método de Penman-Monteith FAO 56 (Allen et al., 1998).

142

143 Variáveis analisadas

144 A partir de junho de 2012, quando se iniciou o presente estudo, foram realizadas
145 medições biométricas da planta e dos cladódios em um intervalo médio de 45 dias com a
146 finalidade de obter as taxas de aumento de cada variável medida.

147 Nas plantas foram realizadas medidas de altura (AP) e largura (LP), contabilização do
148 número de cladódios totais (NCT) e determinação do índice de área dos cladódios totais
149 (IAC). Em se tratando dos cladódios, foram registradas medidas do número de cladódios de
150 primeira (NC1), segunda (NC2) e terceira ordem (NC3); comprimento dos cladódios de
151 primeira (CC1), segunda (CC2) e terceira ordem (CC3); largura dos cladódios de primeira
152 (LC1), segunda (LC2) e terceira ordem (LC3); espessura dos cladódios de primeira (EC1),
153 segunda (EC2) e terceira ordem (EC3); perímetro dos cladódios de primeira (PC1), segunda
154 (PC2) e terceira ordem (PC3); área dos cladódios de primeira (AC1), segunda (AC2) e
155 terceira ordem (AC3) e, por fim, o índice de área dos cladódios de primeira (IAC1), segunda
156 (IAC2) e terceira ordem (IAC3).

157 As medições da altura e largura da planta, comprimento, largura e perímetro dos
158 cladódios foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica. Já a medição da espessura do
159 cladódio foi obtida com o auxílio de um paquímetro no terço médio do cladódio, tendo em
160 vista que, de acordo com Cunha et al. (2012), as medidas de espessura tomadas nas

161 extremidades do cladódio (base e ápice), a depender do seu estágio de desenvolvimento, não
162 representam de maneira fidedigna sua espessura média.

163 A área dos cladódios foi estimada conforme a metodologia descrita por Silva et al.
164 (2014). Por sua vez, o índice de área dos cladódios (IAC), que representa a área
165 fotossinteticamente ativa da planta, foi obtido a partir do produto entre o número total de
166 cladódios da ordem i e o valor médio estimado da área dos cladódios da respectiva ordem,
167 dividido pelo espaçamento adotado (Equação 1).

168

$$169 \quad IAC_i = (NTC_i * AC_i)/(E_1 * E_2) \quad \text{(Equação 1)}$$

170

171 em que IAC_i é o índice de área do cladódio de ordem i , em $m^2 m^{-2}$; NTC_i é o número total de
172 cladódios de ordem i ; AC_i é o valor médio estimado da área do cladódio de ordem i , e $E_1 * E_2$
173 é o espaçamento adotado.

174

175 Delineamento estatístico e tratamentos experimentais

176 O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 5 x 3,
177 com quatro repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de cinco lâminas de
178 irrigação baseadas na evapotranspiração de referência – ET_o (sequeiro; 8,75% ET_o ;
179 17,5% ET_o ; 26,25% ET_o e 35% ET_o), aplicados a partir dos 187 dias após o corte, com três
180 sistemas de plantio (SPE: sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta; SPEC: sistema
181 de plantio exclusivo com cobertura morta sobre o solo; e, SPCPS: sistema de plantio
182 consorciado palma-sorgo), totalizando 15 tratamentos.

183

184

Análise estatística e softwares utilizados

185

186

187

188

Os dados obtidos durante as campanhas biométricas para cada variável foram submetidos à análise de regressão relacionando-os com os dias após o corte (DAC), encontrando no modelo sigmoidal o melhor ajuste ao obter coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,90.

189

190

191

192

193

Para fins de obtenção das taxas diárias de aumento de cada variável analisada, os modelos foram derivados e, por sua vez, os valores encontrados foram integrados para obtenção dos valores de taxa mensal. Estes foram submetidos à análise de variância e, quando significativos ($p < 0,05$), seguiu-se com a comparação das respectivas médias realizada mediante teste Tukey a 5% de probabilidade.

194

195

Os softwares utilizados foram o SigmaPlot v.10 e o GENES (Genética quantitativa e estatística experimental).

196

197

RESULTADOS E DISCUSSÃO

198

199

Morfogênese da planta

200

201

202

203

204

205

Não houve diferença significativa entre as lâminas aplicadas ($p > 0,05$), como também não houve interação entre as lâminas e os sistemas de plantio, para as taxas morfogênicas da *Opuntia stricta* (taxa da altura e largura da planta – dAP/dt e dLP/dt , taxa do número de cladódios totais – dNC/dt e taxa do índice de área de cladódios total – $dIAC/dt$). No entanto, essas taxas foram influenciadas significativamente pelo sistema de plantio adotado (Tabela 1).

206 Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis morfogênicas da *Opuntia stricta*
 207 submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro:
 208 taxas de aumento da altura da planta (dAP/dt), largura da planta (dLP/dt), número de
 209 cladódios totais da planta (dNC/dt) e índice de área de cladódios total (dIAC/dt)

FV	GL	Quadrado Médio			
		dAP/dt	dLP/dt	dNC/dt	dIAC/dt
Lâmina	4	0,28 ^{ns}	3,11 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Sistema	2	3,65**	12,39**	0,91**	0,008**
Lâmina x Sistema	8	0,33 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,001 ^{ns}

210 ^{ns}Não significativo; **Significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F

211

212 O teste Tukey a 5% de probabilidade não acusou diferença estatística entre os valores
 213 médios das taxas de altura e largura da planta – dAP/dt e dLP/dt, número de cladódios totais –
 214 dNC/dt e índice de área de cladódios total – dIAC/dt (Tabela 2).

215

216 Tabela 2. Valores médios das taxas morfogênicas da planta (*Opuntia stricta*) submetida a
 217 diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

Taxa de aumento da altura da planta – dAP/dt			
	SPE	SPEC	SPS
L0	4,242 A	4,440 A	3,640 A
L8,75%ETo	3,807 A	4,822 A	3,782 A
L17,5%ETo	4,440 A	4,747 A	3,637 A
L26,25%ETo	3,662 A	4,655 A	4,107 A
L35%ETo	3,972 A	4,160 A	3,440 A
Taxa de aumento da largura da planta – dLP/dt			
L0	5,627 A	5,270 A	5,105 A
L8,75%ETo	4,620 A	6,565 A	3,927 A
L17,5%ETo	5,092 A	5,635 A	3,690 A
L26,25%ETo	3,395 A	5,795 A	4,282 A
L35%ETo	3,740 A	4,812 A	3,482 A
Taxa de aumento do número de cladódios totais – dNC/dt			
L0	1,232 A	1,465 A	1,247 A
L8,75%ETo	1,132 A	1,700 A	1,055 A
L17,5%ETo	1,027 A	1,407 A	0,975 A
L26,25%ETo	1,087 A	1,380 A	1,037 A
L35%ETo	1,077 A	1,222 A	0,850 A
Taxa de aumento do índice de área dos cladódios total – dIAC/dt			
L0	0,075 A	0,107 A	0,097 A
L8,75%ETo	0,090 A	0,130 A	0,072 A
L17,5%ETo	0,090 A	0,110 A	0,062 A
L26,25%ETo	0,070 A	0,125 A	0,070 A
L35%ETo	0,075 A	0,082 A	0,062 A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$)

218

219 Muito embora não se tenha observado diferença estatística, o sistema de plantio
 220 exclusivo sem cobertura morta e o sistema de plantio exclusivo com cobertura morta

221 proporcionaram, em geral, médias ligeiramente maiores para estas variáveis quando
222 comparados ao sistema de cultivo em consórcio (Tabela 2), muito provavelmente em virtude
223 da maior competição por luz e nutrientes proporcionadas por esse sistema.

224 Como pode ser observado na Tabela 2, para a taxa de aumento da altura da planta
225 (dAP/dt), a maior média foi verificada no sistema exclusivo com cobertura morta na lâmina
226 17,5%ETo, sendo igual a $4,82 \pm 0,92 \text{ cm mês}^{-1}$, enquanto sua menor média foi observada no
227 sistema consorciado, sendo igual a $3,44 \pm 1,32 \text{ cm mês}^{-1}$. Já para a taxa de aumento da largura
228 da planta (dLP/dt), a maior média observada foi de $6,56 \pm 0,97 \text{ cm mês}^{-1}$, na condição de
229 sistema exclusivo com cobertura morta sob a suplementação hídrica equivalente à 17,5%ETo.
230 A menor média para essa variável (dLP/dt) foi observada no sistema de plantio exclusivo sem
231 cobertura morta, sob a lâmina de 26,25%ETo, igual a $3,39 \pm 1,67 \text{ cm mês}^{-1}$. Para Silva et al.
232 (2010), os principais determinantes das variações na produção da palma forrageira são a altura
233 e a largura da planta, fazendo da seleção da planta baseada nessas variáveis uma estratégia
234 para aumentar a produção. Dessa forma, a condição de cultivo na qual se obtenha um
235 desenvolvimento satisfatório para essas variáveis deve ser priorizada.

236 Com relação à taxa do número de cladódios totais (dNC/dt), a maior média foi
237 observada também no sistema exclusivo com cobertura morta, sob a lâmina de 17,5%ETo, de
238 forma que a *Opuntia stricta* nessa condição aumentou, em média, $1,7 \pm 0,45$ cladódios ao
239 mês. A menor taxa foi de $0,85 \pm 0,48$ cladódios ao mês, sendo constatada no sistema
240 consorciado sob a lâmina de 35%ETo (Tabela 2).

241 Resultado similar foi verificado por Silva et al. (2014) que, ao estudarem o
242 crescimento do milho e da braquiária em sistema consorciado, observaram maior crescimento
243 para tais culturas quando as mesmas foram cultivadas de forma exclusiva. De acordo com
244 Cavalcante et al. (2014), uma maior população de plantas, situação também encontrada em
245 uma condição de cultivo em consórcio, aumenta a competição por nutrientes e por luz, o que

246 reflete em uma diminuição das suas características morfogênicas. Ao avaliarem a resposta de
247 diferentes genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo, os autores
248 observaram que a quantidade de cladódios emitidos por planta foi reduzida com o aumento da
249 densidade de cultivo.

250 Pinheiro et al. (2014) constataram efeito direto do número de cladódios com o índice
251 de área dos cladódios no clone Orelha de Elefante Mexicana. O resultado encontrado para o
252 índice de área de cladódios total no presente estudo corrobora tal afirmação, pois a maior
253 média para essa variável ($dIAC/dt$) foi observada no sistema de plantio exclusivo com
254 cobertura morta sob a lâmina de 17,5% ETo, sendo igual a $0,13 \pm 0,03 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$ (Tabela
255 2), sistema este no qual também foi observada a maior média para a taxa de número de
256 cladódios totais (dNC/dt).

257 As maiores médias encontradas para o sistema de plantio exclusivo com cobertura
258 morta se sustenta no fato de que o uso de cobertura morta sobre o solo conserva sua umidade,
259 diminui sua temperatura e reduz as perdas de água por evaporação, favorecendo o
260 desenvolvimento da cultura (Oliveira et al., 2005; Borges et al., 2014). De acordo com
261 Donato et al. (2014), uma maior disponibilidade de nutrientes pode alterar a expressão das
262 características morfométricas da palma forrageira e essa maior disponibilidade pode ser
263 promovida pelo uso de cobertura morta sobre o solo, ao ocorrer o processo de decomposição
264 da matéria orgânica. Os benefícios decorrentes desse sistema de plantio foram constatados por
265 Sánchez-Sáenz et al. (2010), que obtiveram um melhor desenvolvimento do feijão ao cultivá-
266 lo sob irrigação e fazendo uso de cobertura morta sobre o solo, e Silva et al. (2007), que
267 observaram um maior incremento de massa no fruto da pinha proporcionado também pela
268 presença de cobertura morta sobre o solo.

269

270 Morfogênese dos cladódios

271 Foi observado que para os cladódios de 1ª ordem houve diferença significativa apenas
 272 para a taxa de aumento da sua espessura (dEC1/dt) com relação ao sistema de plantio. Para as
 273 demais variáveis relacionadas aos cladódios desta ordem, não houve efeito dos sistemas de
 274 plantio bem como das lâminas aplicadas (Tabelas 3 e 4).

275

276 Tabela 3. Resumo da análise de variância para as taxas morfogênicas (número, comprimento
 277 e largura) dos cladódios da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e
 278 sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

		GL	Quadrado médio		
			Lâmina	Sistema	L x S
			4	2	8
Número de cladódios	dNCi/dt	Primeira ordem - NC1	0,015 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}
		Segunda ordem - NC2	0,036 ^{ns}	0,341**	0,040 ^{ns}
		Terceira ordem - NC3	0,040**	0,150**	0,052**
Comprimento dos cladódios	dCi/dt	Primeira ordem - CC1	0,093 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,081 ^{ns}
		Segunda ordem - CC2	0,072 ^{ns}	0,308*	0,082 ^{ns}
		Terceira ordem - CC3	7,553**	0,163*	3,791**
Largura dos cladódios	dLCi/dt	Primeira ordem - LC1	0,001 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,023 ^{ns}
		Segunda ordem - LC2	0,035 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,052 ^{ns}
		Terceira ordem - LC3	4,182**	0,378**	2,729**

279 ^{ns}Não significativo; **Significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 0,05 de probabilidade, pelo teste F

280

281 Tabela 4. Resumo da análise de variância para as taxas morfogênicas (espessura, perímetro,
 282 área e índice de área) dos cladódios da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de
 283 irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

		GL	Quadrado médio		
			Lâmina	Sistema	L x S
			4	2	8
Espessura dos cladódios	dECi/dt	Primeira ordem - EC1	0,023 ^{ns}	0,186**	0,045 ^{ns}
		Segunda ordem - EC2	0,065 ^{ns}	0,114 ^{ns}	0,074 ^{ns}
		Terceira ordem - EC3	0,991**	0,047**	0,543**
Perímetro dos cladódios	dPCi/dt	Primeira ordem - PC1	0,055 ^{ns}	0,826 ^{ns}	0,309 ^{ns}
		Segunda ordem - PC2	0,349 ^{ns}	1,868*	0,373 ^{ns}
		Terceira ordem - PC3	46, 579**	4,219**	31,825**
Área dos cladódios	dACi/dt	Primeira ordem - AC1	3,952 ^{ns}	87,518 ^{ns}	33,589 ^{ns}
		Segunda ordem - AC2	30,968 ^{ns}	200,858*	88,168 ^{ns}
		Terceira ordem - AC3	2296,099**	209,959**	853,639**
Índice de área dos cladódios	dIACi/dt	Primeira ordem - IAC1	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
		Segunda ordem - IAC2	0,000 ^{ns}	0,003**	0,001 ^{ns}
		Terceira ordem - IAC3	0,000**	0,000*	0,000**

284 ^{ns} Não significativo; **Significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 0,05 de probabilidade, pelo teste F

285

286 Segundo Cunha et al. (2012), a espessura tende a expandir com a emissão e aumento
 287 do peso dos cladódios das ordens posteriores, devido ao incremento que ocorre nos tecidos de
 288 sustentação. A maior média observada para a taxa de aumento da espessura foi de $1,48 \pm 0,30$
 289 cm mês^{-1} , no sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta – SPE sob a lâmina de
 290 17,5%ETo (Tabela 5). Já a menor média foi observada no sistema de plantio consorciado
 291 palma-sorgo – SPCPS, sob a lâmina de 26,25%ETo, sendo igual a $1,04 \pm 0,39 \text{ cm mês}^{-1}$.

292

293 Tabela 5. Valores médios da taxa de aumento da espessura do cladódio de 1ª ordem da
 294 *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no
 295 Semiárido brasileiro

Taxa de aumento da espessura do cladódio de primeira ordem – dEC1/dt			
	SPE	SPEC	SPCPS
L0	1,240 A	1,127 A	1,125 A
L8,75%ETo	1,227 A	1,262 A	1,122 A
L17,5%ETo	1,485 A	1,290 AB	1,075 B
L26,25%ETo	1,182 AB	1,427 A	1,042 B
L35%ETo	1,265 A	1,257 A	1,182 A

296 Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$)

297

298 A ausência de diferença significativa nas demais variáveis dos cladódios de 1ª ordem
 299 se deve, provavelmente, ao fato de que a aplicação dos tratamentos foi realizada após os cinco
 300 meses iniciais do experimento, tempo no qual os cladódios de primeira ordem já alcançaram
 301 desenvolvimento pleno. Além disso, a taxa de emissão dos cladódios de primeira ordem
 302 diminui à medida que a planta prioriza o desenvolvimento dos cladódios das ordens
 303 posteriores.

304 Para os cladódios de 2ª ordem, houve efeito de sistema para suas taxas de emissão
 305 (dNC_2/dt), comprimento (dC_2/dt), perímetro (dPC_2/dt), área (dAC_2/dt) e índice de área do
 306 cladódio ($dIAC_2/dt$), como foi apresentado na Tabela 3. Contudo, ao aplicar o teste de Tukey
 307 a 5% de probabilidade não foi encontrada diferença estatística para essas variáveis, ainda que
 308 as maiores médias tenham sido observadas, em sua maioria, no sistema de plantio exclusivo
 309 com cobertura morta.

310 Para as taxas morfogênicas das variáveis relacionadas ao cladódio de 3ª ordem ocorreu
 311 interação entre as lâminas e os sistemas de plantio ($p < 0,05$), o que não foi observado nas
 312 taxas das demais variáveis referentes aos cladódios de 1ª e 2ª ordem (Tabelas 3 e 4). Aquelas
 313 nas quais houve diferença significativa foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de

314 probabilidade, sendo apresentadas nas Tabelas 6 e 7 apenas as médias daquelas para as quais
315 o teste acusou diferença estatística.

316

317 Tabela 6. Valores médios das taxas morfogênicas (número, comprimento e largura) dos
318 cladódios de 3ª ordem da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e
319 sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

Taxa de aumento do número de cladódios de terceira ordem – dNC3/dt			
	SPE	SPEC	SPS
L0	0,412 Aa	0,200 Ba	0,037 Cab
L8,75%ETo	0,230 Abc	0,000 Bb	0,000 Bb
L17,5%ETo	0,070 Bd	0,242 Aa	0,140 ABa
L26,25%ETo	0,160 Acd	0,000 Bb	0,110 ABa
L35%ETo	0,280 Ab	0,230 Aa	0,000 Bb
Taxa de aumento do comprimento do cladódio de terceira ordem – dC3/dt			
L0	1,975 Bb	2,460 Aa	2,290 ABa
L8,75%ETo	0,000 Bd	1,690 Ab	0,000 Bc
L17,5%ETo	1,370 Ac	0,000 Bc	0,000 Bc
L26,25%ETo	1,200 Bc	2,210 Aa	2,230 Aab
L35%ETo	2,630 Aa	0,000 Cc	1,910 Bb
Taxa de aumento da largura do cladódio de terceira ordem – dLC3/dt			
L0	1,667 Ba	1,972 Aa	2,040 Aa
L8,75%ETo	0,000 Bd	1,400 Ac	0,000 Bd
L17,5%ETo	0,410 Ab	0,000 Bd	0,000 Bd
L26,25%ETo	0,000 Bd	1,550 Ab	1,690 Ab
L35%ETo	0,860 Bc	0,000 Cd	1,530 Ac

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$)

320

321 Tabela 7. Valores médios das taxas morfogênicas (espessura, perímetro e área) dos cladódios
 322 de 3ª ordem da *Opuntia stricta* submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de
 323 plantio no Semiárido brasileiro

Taxa de aumento da espessura dos cladódios de terceira ordem – dEC3/dt			
	SPE	SPEC	SPS
L0	0,820 Aa	0,867 Aa	0,810 Aa
L8,75%ETo	0,000 Bc	0,635 Ab	0,000 Bb
L17,5%ETo	0,552 Ab	0,000 Bc	0,000 Bb
L26,25%ETo	0,000 Cc	0,680 Bb	0,890 Aa
L35%ETo	0,550 Ab	0,000 Bc	0,000 Bb
Taxa de aumento do perímetro do cladódio de terceira ordem – dPC3/dt			
L0	5,642 Ba	6,720 Aa	6,567 Aa
L8,75%ETo	0,000 Bd	4,742 Ac	0,000 Bd
L17,5%ETo	4,747 Ab	0,000 Bd	0,000 Bd
L26,25%ETo	0,000 Bd	5,630 Ab	5,780 Ab
L35%ETo	2,942 Bc	0,000 Cd	5,150 Ac
Taxa de aumento da área do cladódio de terceira ordem – dAC3/dt			
L0	34,302 Ba	44,330 Aa	43,010 Aa
L8,75%ETo	0,000 Bc	23,860 Ac	0,000 Bd
L17,5%ETo	18,850 Ab	0,000 Bd	0,000 Bd
L26,25%ETo	0,000 Bc	31,910 Ab	34,320 Ab
L35%ETo	21,200 Ab	0,000 Bd	26,930 Ac

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ($p>0,05$)

324

325 A emissão dos cladódios de 3ª ordem foi constatada apenas em parte dos tratamentos
 326 durante os 13 meses de estudo, o que provavelmente resultou nas diferenças estatísticas
 327 (Tukey 5%) verificadas nas taxas das suas características. Silva et al. (2010), ao avaliarem 50
 328 clones de palma forrageira, também encontraram cladódios de 3ª ordem em menor quantidade

329 que os de 1^a e 2^a ordem, atribuindo a esse resultado o maior sombreamento sofrido pelos
330 cladódios de 2^a ordem.

331 Para a taxa de emissão dos cladódios de terceira ordem no presente estudo, a maior
332 média foi observada no sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta em condições de
333 sequeiro (Tabela 6). De acordo com Segantini et al. (2010), cladódios expostos à luz solar são
334 mais férteis. Dessa forma, entre os três sistemas de cultivo a que a *Opuntia stricta* foi
335 submetida, provavelmente o sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta em condições
336 de sequeiro foi aquele no qual mais radiação foi emitida pela superfície, pois na ausência de
337 cobertura morta sobre o solo e de uma cultura secundária, caso dos outros dois sistemas, uma
338 área maior de superfície do solo fica exposta à incidência de radiação direta, o que contribui
339 para o aumento da sua temperatura (Oliveira et al., 2005). Esta, conforme Carneiro et al.
340 (2014), que depende do saldo de radiação na superfície, tem efeito significativo sobre o
341 desenvolvimento das plantas.

342 A consorciação da *Opuntia stricta* com o sorgo granífero resultou no retardamento da
343 emissão de seus cladódios de 3^a ordem, tendo em vista a baixa taxa de emissão destes nesse
344 sistema, retardando assim o desenvolvimento da planta. Guedes et al. (2010), ao consorciarem
345 caupi com milho, observaram maior produção em vargens e grãos verdes do caupi no cultivo
346 exclusivo em vista daquela obtida nos cultivos consorciados. Já Schons et al. (2009), ao
347 consorciarem mandioca com milho, observaram que o desenvolvimento e o crescimento da
348 mandioca não foram afetados pelo consórcio com o milho.

349 Com relação às taxas de aumento do comprimento (dC_3/dt), da área (dAC_3/dt) e
350 perímetro (dPC_3/dt) do cladódio de terceira ordem, no geral, as maiores médias foram
351 observadas para o sistema de plantio exclusivo com cobertura morta, em condições de
352 sequeiro (Tabelas 6 e 7; Figura 3). Vale ressaltar que os tratamentos relacionados à condição

353 de sequeiro receberam suplementação hídrica de 370 mm via precipitação pluvial durante o
354 período de aplicação dos tratamentos que equivaleu a sete meses.

355 Para as taxas das demais variáveis, como não foi verificada diferença pelo teste de
356 Tukey a 5% de probabilidade, constatou-se que seu desenvolvimento ao longo do tempo foi
357 semelhante nas condições impostas por cada tratamento.

358 Oliveira Júnior et al. (2009) ao conduzirem a cultivar Italiana da palma forrageira no
359 agreste paraibano sob diferentes espaçamentos, não encontraram influência destes nas
360 características sobre o número de cladódios por ordem, perímetro, comprimento, espessura e
361 área de cladódio. Contudo, os autores observaram que em condições de déficit hídrico houve
362 uma redução no perímetro dos cladódios, ou seja, a uma menor disponibilidade hídrica a taxa
363 de desenvolvimento dessa variável morfométrica foi diminuída. Já no presente estudo, mesmo
364 sob as condições de menor disponibilidade hídrica, que foi de 976 mm ao longo de 13 meses,
365 as taxas de desenvolvimento do número e das características morfométricas dos cladódios de
366 primeira e segunda ordem não diferiram dos demais tratamentos, podendo assim se fazer uso
367 da menor lâmina aplicada na condição de cultivo irrigado.

368

369

CONCLUSÕES

370 1. As lâminas de irrigação não influenciaram nas taxas morfogênicas da planta, sendo
371 assim sugerida para a condução de cultivo irrigado de palma a aplicação da menor lâmina
372 utilizada, um total de 976 mm em 13 meses, com 40% desse total proveniente da precipitação
373 pluvial.

374 2. As taxas de aumento da altura (dAP/dt), largura (dLP/dt), número de cladódios totais
375 ($dNCT/dt$) e índice de área dos cladódios totais ($dIAC/dt$) da *Opuntia stricta* tendem a reduzir
376 quando a mesma é submetida ao sistema de cultivo em consórcio com o sorgo granífero, cv.
377 IPA 2502.

378 3. O uso de cobertura morta sobre o solo proporcionou maiores taxas de aumento para
379 altura (dAP/dt) e largura (dLP/dt) da *Opuntia stricta*.

380

381

LITERATURA CITADA

382 Albuquerque, S. G.; Rao, M. R. Espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo
383 granífero e feijão-de-corda no sertão de Pernambuco. Revista da Sociedade Brasileira de
384 Zootecnia, Viçosa, v.26, n.4, p.645-650, 1997.

385 Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smuth, M. Crop Evapotranspiration - Guidelines for
386 computing crop water requirements - Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998,
387 301p.

388 Bezerra, A. P. A.; Pitombeira, J. B.; Távora, f. J. A. F.; Vidal Neto, F. C. Rendimento,
389 componentes da produção e uso eficiente de terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e
390 sorgo x milho. Revista Ciência Agronômica, v.38, n.1, p.104-108, 2007.

391 Bezerra, B. G.; Araújo, J. S.; Pereira, D. D.; Laurentino, G. Q.; Silva, L. L. Zoneamento
392 agroclimático da palma forrageira (*Opuntia sp.*) para o estado da Paraíba. Revista Brasileira
393 de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.7, p.755–761, 2014.

394 Borges, T. K. S.; Montenegro, A. A. A.; Santos, T. E. M.; Silva, D. D.; Silva Júnior, V. P.
395 Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays*
396 L.) em semiárido nordestino. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38: 1862 – 1873, 2014.

397 Carneiro, R. G.; Moura, M. A. L.; Silva, V. P. R.; Silva Júnior, R. S.; Andrade, A. M. D.;
398 Santos, A. B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento
399 remanescente de mata atlântica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18,
400 n.1, Campina Grande, jan., 2014.

- 401 Cavalcante, L. A. D.; Santos, G. R. A.; Silva, L. M.; Fagundes, J. L.; Silva, M. A. Respostas
402 de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. Pesquisa Agropecuária
403 Tropical, Goiânia, v.44, n.4, p.424 – 433, out./dez. 2014.
- 404 Cavalcanti, C. V. A. Ferreira, M. A. Carvalho, M. C.; Vêras, A. S. C.; Silva, F. M.; Lima, I. E.
405 Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações
406 para vacas da raça Holandesa em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.4, p.689-
407 693, 2008.
- 408 Cordeiro, G. G. Qualidade de água para fins de irrigação (conceitos básicos e práticos).
409 Documentos; 167. Embrapa semiárido, Petrolina, PE, 2001. 32p.
- 410 Coutinho, M. J. F.; Carneiro, M. S. S.; Edvan, R. L.; Santiago, F. E. M.; Albuquerque, D. R.
411 Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-bufel sob diferentes turnos de
412 rega. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.45, n.2, p.216-224, 2015.
- 413 Cunha, D. N. F. V.; Gomes, E. S.; Martuscello, J. A.; Amorim, P. L.; Silva, R. C.; Ferreira, P.
414 S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. Rev.
415 Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.13, n.4, p.1156-1165 out./dez., 2012.
- 416 Donato, P. E. R.; Pires, A. J. V.; Donato, S. L. R.; Bonomo, P.; Silva, J. A.; Aquino, A. A.
417 Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses
418 de adubação orgânica. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife, v.9, n.1, p.151-158,
419 2014.
- 420 Fagundes, J. L.; Fonseca, D. M.; Gomide, J. A.; Nascimento Júnior, D.; Vitor, C. M. T.;
421 Morais, R. V.; Mistura, C.; Reis, G. C.; Martuscello, J. A. Acúmulo de forragens em pastos
422 de *Brachiaria decumbes* adubados com nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40,
423 n.4, p.397-403, 2005.
- 424 Farias, I.; Lira, M. A.; Santos, D. C.; Filho, J. J. T.; Santos, M. V. F.; Fernandes, A. P. M.;
425 Santos, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo

- 426 granífero, no agreste de Pernambuco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.2,
427 p.341-347, fev. 2000.
- 428 Ferreira, M. A.; Silva, F. M.; Bispo, S. V.; Azevedo, M. Estratégias na suplementação de
429 vacas leiteiras no semiárido do Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, vol.38, p.322 – 329,
430 2009.
- 431 Freire, J. L. Avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Napolea*) sob irrigação e
432 salinidade. 2012. Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal
433 Rural de Pernambuco. Tese. Recife, PE, Brasil.
- 434 Garcia de Cortázar, V., e Nobel, P. S. Biomass and fruit production for the prickly pear
435 cactus, *Opuntia ficus-indica*. Journal of the American Society of Horticulture Science, 117(4):
436 558 – 562. 1992.
- 437 Guedes, R. E.; Rumjanek, N. G.; Xavier, G. R.; Guerra, J. G. M.; Ribeiro, R. L. D.
438 Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos e espigas verdes.
439 Horticultura Brasileira, v.28, n.2, abr.-jun. 2010.
- 440 Han, H. & Felker, P. Field validation of water use efficiency of a CAM plant *Opuntia*
441 *ellisiana* in south Texas. Journal of Arid Environments, 36: 133 – 148, 1997.
- 442 Lopes, E. B.; Costa, L. B.; Cordeiro Júnior, A. F.; Brito, C. H. Rendimento e aspectos
443 fenológicos de espécie de palma forrageira em relação ao cultivo com dois tipos de cladódios.
444 Tecnologia e Ciência Agropecuária, João Pessoa, v.7, número especial, p.59 – 61, dez. 2013.
- 445 Medeiros, J. F.; Ferreira Neto, M.; Lemos, M.; Lira, R. B. Sistema localizado de baixa
446 pressão para irrigação de palma forrageira utilizando água de esgoto tratada. II Inovagri
447 International Meeting, II Simpósio Brasileiro de Salinidade & II Reunião Brasileira sobre
448 Engenharia da Irrigação, 2014, Fortaleza, CE. Anais. Fortaleza: INOVAGRI, INCT-EI,
449 INCTSAL, 2014. v. Único. p. 1-7.

- 450 Mushagalusa, G.N.; Ledent, J.F.; Draye, X. Shoot and root competition in potato/maize
451 intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*, v.64,
452 p.180- 188, 2008.
- 453 Nascimento, J. P.; Souto, J. S.; Santos, E. S.; Damasceno, M. M.; Ramos, J. P. F.; Sales, A.
454 T.; Leite, M. L. M. V. Caracterização morfométrica de *Opuntia ficus-indica* sob diferentes
455 arranjos populacionais e fertilização fosfatada. *Tecnologia e Ciência Agropecuária, João*
456 *Pessoa*, v.5, n.3, p.21-26, 2011.
- 457 Neder, D. G.; Costa, F. R.; Edvan, R. L.; Souto Filho, L. T. Correlations and path analysis of
458 morphological and yield traits of cactus pear accessions. *Crop Breeding and Applied*
459 *Biotechnology*, v. 13, n. 3, 2013.
- 460 Oliveira Júnior, S.; Barreiro Neto, M.; Ramos, J. P. F.; Leite, M. L. M. V.; Brito, E. A.;
461 Nascimento, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em
462 função do espaçamento no semiárido paraibano. *Tecnologia e Ciência Agropecuária, João*
463 *Pessoa*, v.3, n.1, p.7 – 12, fev. 2009.
- 464 Oliveira, M. L.; Ruiz, H. A.; Costa, L. M.; Schaefer, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e
465 umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e*
466 *Ambiental*, v.9, n.4, p.535-539, 2005.
- 467 Pinheiro, K. M.; Silva, T. G. F.; Carvalho, H. F. S.; Santos, J. E. O.; Morais, J. E. F.; Zolnier,
468 S.; Santos, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas
469 e produtivas da palma forrageira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.12, p.939-947,
470 2014.
- 471 Pinto, M. S. C.; Cavalcante, M. A. B.; Andrade, M. V. M. Potencial forrageiro da Caatinga,
472 fenologia, métodos de avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento
473 das plantas. *Revista Eletrônica de Veterinária – REDVET*. Vol. VII, Nº 04, abril, 2006.

- 474 Queiroz, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira,
475 clone Orelha de Elefante Mexicana, no Semiárido brasileiro. 2014. 67f. 630 Dissertação
476 (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- 477 Sánchez-Sáenz, C. M.; Souza, Z. M.; Matsura, E. E.; Freitas, N. R. S. Efecto de la cobertura
478 em las propiedades del suelo y em la producción de fríjol irrigado. Revista U. D.C.A
479 Actualidad & Divulgación Científica, vol.13, n.2, Bogotá, July/Dec., 2010.
- 480 Santos, D. C.; Silva, M. C.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Lira, M. A.; Silva, R. M. Estratégias para
481 uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas.
482 Revista Científica de Produção Animal, v.15, n.2, p.111-121, 2013.
- 483 Schons, A.; Streck, N. A.; Storck, L.; Buriol, G. A.; Zanon, A. J.; Pinheiro, D. G.; Kraulich,
484 B. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento,
485 desenvolvimento e produtividade. Bragantia, v.68, n.1, Campinas – SP, 2009.
- 486 Segantini, D.M.; Torres, L. M.; Boliani, A. C.; Leonel, S. Fenologia da Figueira-da-Índia em
487 Selvíria - MS. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 2, p. 630-636,
488 2010.
- 489 Silva, J. C. G.; Chaves, M. A.; São José, A. R.; Rebouças, T. N. H.; Alves, J. F. T. A
490 influência da cobertura morta sobre características físicas e químicas de frutos da pinha.
491 Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 2, p. 287-291, 2007.
- 492 Silva, N. G. M.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C B.; Mello, A. C. L.; Silva,
493 M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira.
494 Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.11, p.2389–2397, 2010.
- 495 Silva, M. A.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Avanzi, J. C.; Leite, F. P. Sistemas de manejo em
496 plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce.
497 Ciência Florestal, Santa Maria, v.21, n.4, p.765-776, out.-dez., 2011.

- 498 Silva, T. G. F. da; Miranda, K. R. de; Santos, D. C. dos; Queiroz, M. G. de; Silva, M. da C.;
499 Cruz Neto, J. F. da; Araújo, José E. M. Área do cladódio de clones de palma forrageira:
500 modelagem, análise e aplicabilidade. *Agrária (Recife. Online)*, v. 9, p. 633-641, 2014.
- 501 Silva, P. I. B.; Fontes, D. R.; Moraes, H. M. F.; Gonçalves, V. A.; Silva, D. V.; Ferreira, L.
502 R.; Felipe, R. S. Crescimento e rendimento do milho e da braquiária em sistema consorciado
503 com diferentes manejos de plantas daninhas. *Planta Daninha*, vol.32, n.2, Viçosa, abr./jun.,
504 2014.
- 505 Souza, L. S. B. de; Moura, M. S. B. de; Silva, T. G. F. da; Soares, J. M.; Carmo, J. F. A. do;
506 Brandão, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira
507 (*Opuntia* sp.). In: *Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido. Documentos*, 210, p.
508 23-28, 2008.
- 509 Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sedyama, G. C.; Silva, T. G. F. Eficiência do uso da água
510 das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no
511 Semiárido brasileiro. *Bragantia*, Campinas, v.70, n.3, p.715-721, 2011.
- 512 Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sedyama, G. C.; Silva, T. G. F. Balanço de radiação em
513 ecossistema de Caatinga preservada durante um ano de seca no Semiárido pernambucano.
514 *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.1, 2015.
- 515
- 516

4. ARTIGO 2:

Fases fenológicas vegetativas e momento de corte da palma forrageira palma forrageira

Opuntia stricta sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio nas fases fenológicas vegetativas e no momento de corte da palma forrageira, *Opuntia stricta*. O trabalho foi conduzido no município de Serra Talhada, PE, durante o segundo ciclo produtivo da cultura, no período de junho de 2012 a junho de 2013. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por lâminas de irrigação com base na evapotranspiração de referência (sequeiro; 8,75%ET_o; 17,5%ET_o; 26,25%ET_o e 35%ET_o) e as subparcelas por três sistemas de plantio (PE: sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta; PEC: sistema de plantio exclusivo com cobertura morta de 8,2 t ha⁻¹ de capim entre as fileiras; e PS: sistema de plantio consorciado de palma com sorgo granífero, cv. IPA 2502). Com a morfogênese da emissão de cladódios e a extrapolação da taxa de acúmulo de biomassa foi possível delimitar as fases fenológicas vegetativas e determinar o momento de corte da cultura, respectivamente. As diferentes lâminas de irrigação não influenciaram na fenologia, nem no momento de corte ($p>0,05$). O sistema de plantio exclusivo sem cobertura morta proporcionou a identificação das três fases fenológicas vegetativas em um período inferior a um ano. O uso de cobertura morta no cultivo irrigado de plantio exclusivo de palma forrageira promoveu maior incremento de matéria seca, mesmo não mostrando influência na duração das fenofases. O consórcio palma-sorgo sob irrigação antecipou o momento de corte da palma forrageira, além de reduzir os incrementos de massa seca da cultura.

Palavras-chave: acúmulo de biomassa, evapotranspiração de referência, morfogênese, Semiárido

Vegetative phenological phases and time to harvest of the forage cactus *Opuntia stricta* under the influence of different levels irrigation and planting system

27

28 **Abstract:** The objective was to evaluate the effect of levels different irrigation and systems planting
29 in the vegetative phenological phases and time to harvest of forage cactus, *Opuntia stricta*. The
30 work was conducted in the experimental area Lauro Bezerra Ramos, belonging to the Agronomic
31 Institute of Pernambuco, in the city of Serra Talhada, PE, during the second crop production cycle
32 from June 2012 to June 2013. The design was a randomized block in split plot and four replications.
33 The plots consisted of irrigation levels based on the reference evapotranspiration (rainfed;
34 8.75%ET_o; 17.5%ET_o; 26.25% and 35%ET_o) and the subplots for three planting systems (PE:
35 unique planting system without mulch; PEC: exclusive system of planting with mulch of 8.2 t ha⁻¹
36 of grass between the rows; and PS: cropping system intercropped with palm grain sorghum, cv .
37 IPA 2502). The morphogenesis emission cladode and the extrapolation of biomass accumulation
38 rate were used in the definition of vegetative phenological phases and in determining the culture of
39 time harvest. There was no effect of irrigation level factor in phenology and time harvest the
40 *Opuntia stricta* ($p > 0.05$). The use of mulch in the irrigated cultivate promoted larger increments of
41 dry matter, even not influencing on the duration of phenophases. The palm-sorghum consortium
42 under irrigation anticipated harvest time of forage cactus and reduced the increments of dry matter.

43 **Key words:** biomass acumulation, reference evapotranspiration, morphogenesis, Semiarid

44

45

INTRODUÇÃO

46 A palma forrageira tem se apresentado como um importante recurso alimentar para os
47 rebanhos do Semiárido nordestino, assegurando a sobrevivência dos animais nos períodos de
48 estiagem (Cavalcanti et al., 2008; Bezerra et al., 2014). Contudo, poucos são os produtores que
49 conduzem seu cultivo nos moldes tecnológicos, visando uma maior produtividade (Silva, 2012).

50 A inserção da tecnologia no cultivo da palma no Brasil tem sido evidenciada pelo uso da
51 irrigação, sobretudo nos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará (Santos et al., 2013).
52 No âmbito internacional, palméis são irrigados pelo sistema de gotejo com uma lâmina anual de

53 500 mm em Israel e na Itália (Inglese et al., 1995). Para Felker & Inglese (2003), o cultivo da palma
54 forrageira para fins comerciais em regiões onde a precipitação anual é inferior a 300 mm implica no
55 uso da irrigação. Nesse contexto, essa tecnologia agrícola apresenta-se para a palma forrageira
56 como uma estratégia de manejo a fim de promover o incremento produtivo em um menor período
57 de tempo. Além da irrigação, outras práticas importantes para o cultivo da palma forrageira em
58 ambiente semiárido são o uso de cobertura sobre o solo e a adoção do sistema consorciado.

59 O uso de cobertura sobre o solo promove redução na temperatura do solo, melhorias nas
60 suas características físicas e químicas, além de preservar sua umidade, trazendo assim benefícios
61 aos cultivos irrigados (Silva et al., 2007). A consorciação de culturas, por sua vez, proporciona
62 maior produção de matéria seca (Andrade Neto et al., 2010), como também uma melhor utilização
63 dos recursos abióticos água, luz e nutrientes (Bezerra et al., 2007). Conforme Souza et al. (2014), é
64 também por meio dos cultivos em consórcio que os produtores do Semiárido buscam diminuir os
65 riscos de perda em suas produções agrícolas.

66 De acordo com Silva et al. (2015), espécies de palma forrageira quando submetidas a
67 diferentes condições de cultivo apresentam respostas distintas quanto ao seu desenvolvimento.
68 Dessa forma, para que haja uma melhor compreensão da dinâmica de crescimento da cultura em
69 diferentes sistemas de plantio, por exemplo, faz-se necessário o entendimento da sua fenologia
70 vegetativa. Esta se baseia nas observações dos fenofases que, segundo Larcher (2006), são os
71 estádios de desenvolvimento externamente visíveis. Uma maior compreensão desses estádios de
72 desenvolvimento pode fornecer subsídio à melhoria do manejo de uma cultura para que assim se
73 obtenha maiores produções.

74 Pezzopane et al. (2009) afirmam que o desenvolvimento fenológico é altamente influenciado
75 pelo ambiente. A exemplo disso, Pezzopane et al. (2007), ao avaliarem a fenologia do café arábica
76 cultivado a pleno sol e em consórcio, observaram que as menores taxas de crescimento para os dois
77 sistemas de cultivo foram obtidas durante um grande período de deficiência hídrica. Por outro lado,
78 a ocorrência de chuvas antecipou determinadas fases de desenvolvimento no cafeeiro para o cultivo

79 a pleno sol. No que diz respeito a essa temática, não se encontram estudos voltados para a cultura
80 da palma forrageira, havendo, assim, a necessidade de pesquisas que tratem da fenologia da palma
81 bem como de seus fatores condicionantes.

82 De acordo com Larcher (2006), as condições climáticas podem acelerar ou atrasar o início e
83 a duração de cada fase de desenvolvimento de uma cultura, antecipando ou retardando sua colheita,
84 o que reflete em um maior ou menor ciclo. Por conseguinte, a colheita da cultura tem sua
85 importância no tocante ao seu planejamento pelo produtor (Pedro Júnior et al., 1994). De acordo
86 com Jayme et al. (2009), a produção de matéria seca por hectare é um dos fatores que se deve
87 considerar na determinação do momento de colheita em forrageiras. Oliveira et al. (2004) relataram
88 que a produção e a qualidade de forragem são influenciadas pelo manejo do corte, de modo que
89 cortes mais frequentes resultaram em menor produção de matéria seca. Segundo Queiroz Filho et al.
90 (2000), maiores intervalos de corte resultam em incrementos na produção de matéria seca, apesar de
91 ocasionarem uma redução na qualidade da forragem produzida.

92 No caso da palma forrageira, tem-se que seu corte é tradicionalmente realizado a cada dois
93 anos. Contudo, o uso de irrigação pode antecipá-lo sem que haja redução na produtividade da
94 cultura. Para tanto, se faz necessário compreender a dinâmica de desenvolvimento da cultura no
95 tocante aos efeitos da disponibilidade de água e dos diferentes sistemas de cultivo sobre o seu
96 desenvolvimento.

97 Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e sistemas
98 de plantio nas fases fenológicas vegetativas e no momento de corte da palma forrageira *Opuntia*
99 *stricta*.

100 101 MATERIAL E MÉTODOS

102 Localização e características da área experimental

103 O experimento foi conduzido na área experimental Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao
104 Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizada na região semiárida brasileira, no município

105 de Serra Talhada, PE (7°59' S; 38°15' W e altitude de 431 m). Segundo a classificação climática de
106 Koppen, o clima da região é do tipo BSw^h, configurando-se como semiárido muito quente, com
107 alternância de uma estação chuvosa, com chuvas no verão, e uma estação seca, com baixos índices
108 de precipitação e elevados valores de evapotranspiração.

109 O palmar foi plantado em março de 2011, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, com
110 espaçamento de 1,60 x 0,40 m, configurando uma densidade populacional de 15.625 plantas ha⁻¹. O
111 primeiro ciclo produtivo da palma forrageira (cv. Orelha de Elefante Mexicana, IPA-200016)
112 ocorreu em condições de sequeiro e foi conduzido até o final de maio de 2012, quando ocorreu o
113 primeiro corte da planta, mantendo-se apenas o cladódio basal. Em seguida, foi iniciada a condução
114 do segundo ciclo produtivo, do qual trata o presente estudo, que se estendeu até junho de 2013,
115 compreendendo 396 dias após o corte (DAC).

116

117 Tratamentos e delineamento experimental

118 O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas
119 com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por diferentes lâminas de irrigação que
120 corresponderam a frações da evapotranspiração de referência (sequeiro; 8,75%ET_o; 17,5%ET_o;
121 26,25%ET_o e 35%ET_o) e as subparcelas por três sistemas de plantio (PE: sistema de plantio
122 exclusivo sem cobertura morta; PEC: sistema de plantio exclusivo com cobertura morta sobre o
123 solo; e, PS: sistema de plantio consorciado palma-sorgo). Essa conjuntura resultou em 15
124 tratamentos experimentais e 60 subparcelas.

125

126 Condução do experimento

127 Cada parcela foi constituída por quatro fileiras, cada uma com 15 plantas, ocupando uma
128 área total de 28,8 m² (60 plantas) e área útil de 14,08 m² (22 plantas, considerando as duas fileiras
129 centrais sem duas plantas das extremidades).

130 A evapotranspiração de referência foi estimada por meio do método de Penman-Monteith
 131 (Equação 1), conforme boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998), com dados meteorológicos
 132 (radiação solar global, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e pressão
 133 atmosférica) observados na estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET,
 134 situada a 700 m da área experimental.

135

$$136 \quad ETo = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma\left(\frac{900}{t+273}\right)u_2(e_s-e)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \quad (\text{Equação 1})$$

137

138 em que, ETo é a evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); Δ corresponde a declividade da curva da
 139 pressão de saturação do vapor d'água no ar (kPa °C⁻¹); Rn é o saldo de radiação à superfície de
 140 cultivo (MJ m⁻² d⁻¹); G é a densidade do fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² d⁻¹); t se refere à
 141 temperatura do ar média diária a 1,5 m (°C); u₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s é
 142 a pressão de saturação do vapor d'água (kPa); e corresponde à pressão parcial do vapor d'água
 143 (kPa), e γ é o parâmetro psicrométrico (KPa °C⁻¹).

144 No início do mês de junho de 2012 foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento,
 145 com espaçamento de 0,40 m entre gotejadores, e distanciados a 0,25 m da linha das plantas de
 146 palma, operando com uma vazão média de 1,32 ± 0,12 L h⁻¹ à pressão de 1 atm. A água utilizada na
 147 irrigação foi proveniente do açude Saco, localizado nas proximidades da área experimental, cuja
 148 condutividade elétrica esteve na faixa de 1,1 a 1,6 dS m⁻¹ ao longo do período experimental.

149 Os eventos de irrigação realizados de junho a novembro de 2012 resultaram na aplicação de
 150 583 mm. A partir de dezembro do mesmo ano iniciou-se a diferenciação das lâminas com base nos
 151 percentuais da evapotranspiração de referência. Neste período de diferenciação das lâminas, o
 152 palmar foi irrigado quando a precipitação acumulada, obtida pela estação automática, entre os
 153 eventos de irrigação foi inferior à evapotranspiração de referência do tratamento de 8,75%ETo.

154 A inserção dos sistemas de plantio com cobertura morta sobre o solo e o consórcio palma-
 155 sorgo foi realizada no final do mês de outubro de 2012. O sistema de plantio com cobertura morta

156 sobre o solo foi constituído pelo equivalente a $8,2 \text{ t ha}^{-1}$ de capim entre as fileiras de palma
157 forrageira. Por sua vez, as fileiras de sorgo granífero, cv. IPA 2502 foram implantadas adjacentes à
158 palma, a uma distância de 0,50 m, sendo o sorgo semeado na densidade de dezoito sementes por
159 metro linear. Realizou-se desbaste ao longo do primeiro mês de cultivo (novembro de 2012),
160 quando também não houve diferenciação das lâminas de irrigação. Conduziu-se o sorgo durante
161 dois ciclos produtivos (planta e rebrota), sendo o primeiro colhido em fevereiro de 2013, e o
162 segundo em junho de 2013, o que resultou em 246 dias, dentro do ciclo da palma forrageira de 396
163 dias.

164 Na área também foi feita adubação mensal a lanço com o equivalente a 50 Kg ha^{-1} da
165 formulação NPK 14-00-18, conforme recomendações do IPA. As operações de capinas, controle de
166 pragas e aplicação de herbicidas foram realizadas quando necessárias.

167

168 Variáveis analisadas

169 Ao longo do tempo foram realizadas medidas biométricas em uma planta de cada subparcela
170 experimental. Monitorou-se a altura e a largura do dossel, bem como o número de cladódios por
171 ordem de ocorrência ou surgimento (basal, 1ª ordem, 2ª ordem, n ordens) e total da planta.

172 A altura foi obtida medindo-se a maior distância vertical tomada desde a superfície do solo
173 até a extremidade superior máxima alcançada pela planta, enquanto a largura correspondeu à maior
174 distância horizontal alcançada pelos cladódios das extremidades. Para os cladódios foram
175 escolhidas ramificações representativas de cada planta, as quais permitiram a realização de
176 mensurações de um cladódio por ordem. O comprimento, largura e perímetro foram medidos com o
177 auxílio de uma fita métrica e a espessura por meio de um paquímetro. Todas as medições foram
178 realizadas, em média, a cada 45 dias durante o período experimental, totalizando 10 campanhas.

179 A partir dos dados de comprimento e largura dos cladódios foi estimada a sua área, usando
180 equação matemática 2 sugerida por Silva et al. (2014):

181

$$182 \quad AC = 0,7086 * (1 - e^{(-0,000045765*CC*LC)})/0,000045765 \quad (\text{Equação 2})$$

183

184 em que AC corresponde à área do cladódio, em cm²; CC se refere ao comprimento do cladódio, em
185 cm, e LC é a largura do cladódio, em cm.

186 Calculou-se o índice de área do cladódio (IAC), em m² m⁻² (Equação 3), realizando o
187 produto entre o número total de cladódios por ordem e os valores médios estimados da área do
188 cladódio da respectiva ordem, dividido pelo espaçamento adotado (1,6 x 0,4 m).

189

$$190 \quad IAC_i = (NTC_i * AC_i)/(E_1 * E_2) \quad (\text{Equação 3})$$

191

192 em que IAC_i é o índice de área do cladódio de ordem i; NTC_i é o número total de cladódios de
193 ordem i; AC_i é o valor médio estimado da área do cladódio de ordem i, e E₁ * E₂ é o espaçamento
194 adotado.

195 Os valores de IAC_i também foram utilizados na estimativa do acúmulo de biomassa pela
196 planta a partir da equação 4.

197

$$198 \quad RBS = 7,1942 * \sum IAC_i^{1,6214} \quad (\text{Equação 4})$$

199

200 em que RBS é o rendimento em base seca acumulado ao longo do tempo, em t ha⁻¹.

201 A avaliação do desempenho desse modelo e o reajuste de suas estimativas foram realizados
202 de modo que, ao final do ciclo, os valores calculados foram exatamente iguais àqueles obtidos na
203 ocasião da colheita. Esse procedimento foi feito diminuindo-se a diferença relativa dos valores
204 estimados e observados no final do ciclo e em cada um dos valores calculados para as demais datas
205 das campanhas biométricas.

206

207 Fases fenológicas, momento de corte e produtividade relativa

208 A delimitação da fenologia vegetativa da palma foi proposta no presente estudo com base na
209 morfogênese da taxa de emissão do número de cladódios por ordem: no momento em que a taxa de
210 emissão de cladódios de determinada ordem é superada pela taxa de emissão de cladódios da ordem
211 subsequente, caracteriza-se o início de uma nova fase. Para isso, os dados do número de cladódios
212 por ordem foram relacionados aos valores de dias após o corte para cada uma das 10 campanhas
213 biométricas por análise de regressão. As regressões foram realizadas prioritariamente com os
214 modelos sigmóides para todas as plantas (60) monitoradas ao longo do tempo.

215 Os modelos resultantes com coeficientes de determinação acima de 0,90 e com equações e
216 parâmetros significativos a $p < 0,05$, pelos testes F e t, foram derivados para obtenção das taxas
217 diárias de emissão de cladódios, com seus respectivos parâmetros ajustados. Os valores diários
218 foram integrados para obtenção da taxa mensal e o aumento da taxa de emissão de cladódios por
219 ordem foi utilizado para a identificação e duração das fenofases.

220 O mesmo procedimento foi feito com os valores de RBS para a definição do momento de
221 corte. Na ocasião em que a taxa mensal de matéria seca tendesse a zero, caracterizava-se o
222 momento de corte da cultura. No presente estudo, como a duração do ciclo foi de 13 meses, os
223 momentos de cortes não atingidos foram estimados pela extrapolação da taxa de acúmulo de
224 matéria seca por meio de modelos gerados em análises de regressão ao utilizar os dados obtidos
225 durante os 13 meses de estudo.

226 Com a relação entre os rendimentos de massa verde dos sistemas de cultivo exclusivo com
227 cobertura morta e do consorciado, ambos referentes ao sistema exclusivo sem cobertura, foi
228 calculada a produtividade relativa visando analisar os efeitos dos mesmos no desempenho produtivo
229 da palma forrageira *Opuntia stricta*.

230

Análises estatísticas e softwares utilizados

231

232 A duração das fenofases e a taxa mensal média de acúmulo de matéria seca nas condições de
233 lâminas de irrigação e sistemas de plantio foram comparadas por meio de análise de variância,
234 seguida da comparação das médias pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5% de
235 probabilidade.

236 Os softwares usados nas análises estatísticas de regressão e comparação entre os tratamentos,
237 bem como na elaboração dos gráficos, foram o SigmaPlot v.10 e o GENES (Genética quantitativa e
238 estatística experimental).

239

240

RESULTADOS E DISCUSSÃO

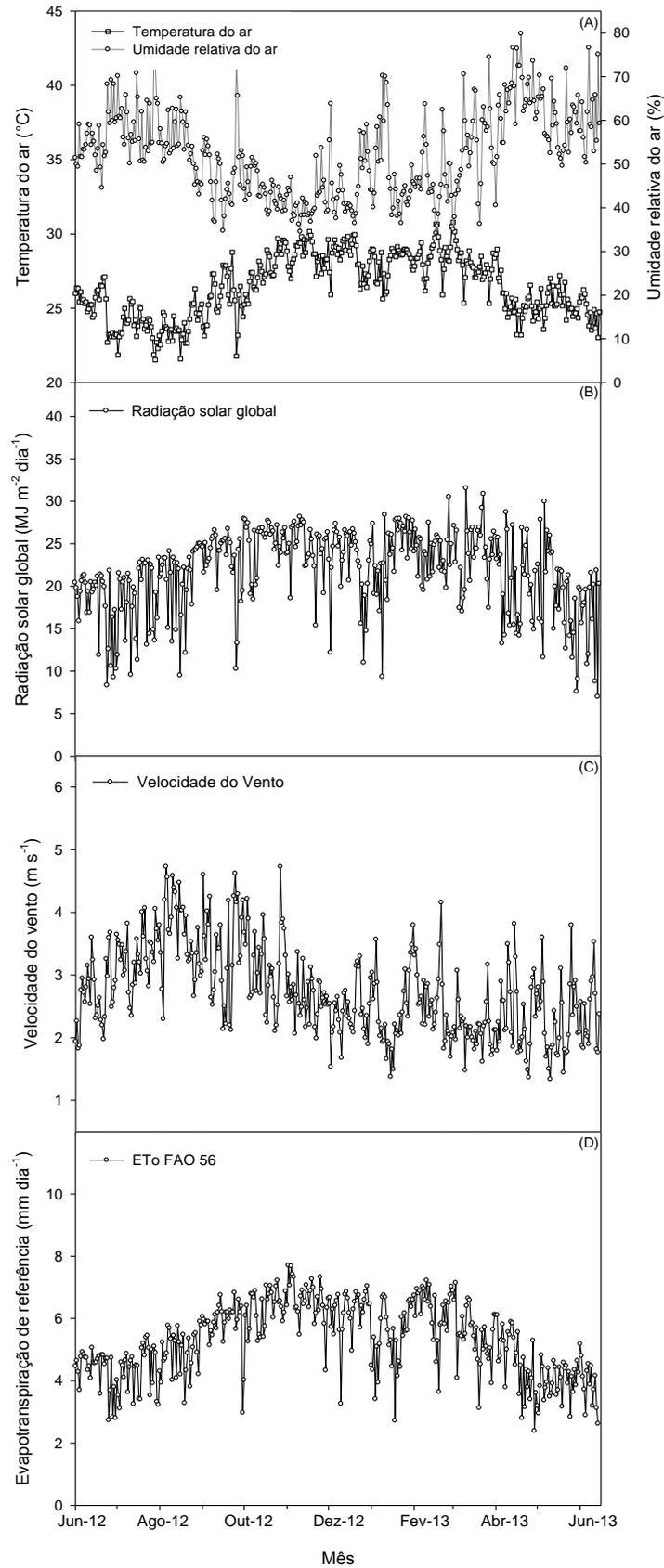
241

Variáveis meteorológicas e análise de variância

242 Como pode ser observado na Figura 1, as médias diárias da temperatura do ar durante o
243 período de estudo variaram de 21,5°C (julho de 2012) a 30,8°C (fevereiro de 2013), com seus
244 menores valores observados nos meses iniciais do experimento. Para a radiação global e a
245 evapotranspiração de referência, os valores mais baixos foram observados no período inicial e final
246 do presente estudo. A média dos dados de velocidade do vento foi de 2,74 m s⁻¹. Com relação à
247 umidade relativa do ar, em geral, seus maiores valores foram observados no início e no final do
248 período do presente estudo, com uma média de 52,2%.

249 A precipitação pluviométrica durante o período experimental foi de 393 mm, valor este
250 considerado abaixo da normal climatológica da precipitação anual local que é de 642 mm. Os
251 maiores índices observados de precipitação pluviométrica estiveram concentrados no período de
252 janeiro a maio de 2013 (Figura 2), quando já estava ocorrendo a aplicação dos tratamentos.

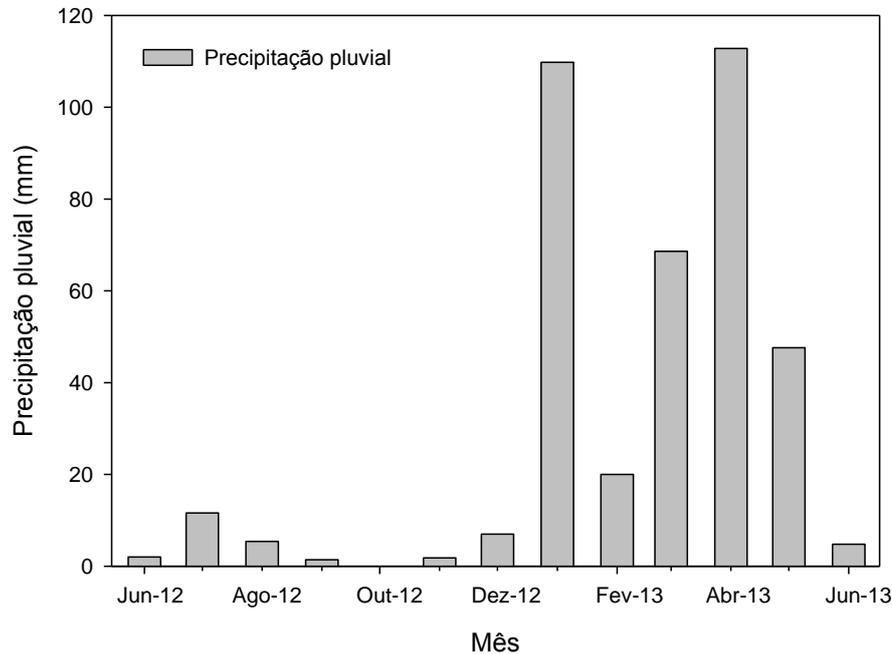
253



254

255 Figura 1. Dados meteorológicos ao longo do período experimental, no segundo ciclo produtivo da
 256 palma forrageira (*Opuntia stricta*), em Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro

257



258

259 Figura 2. Valores mensais da precipitação pluvial durante o período do experimento, no segundo
 260 ciclo produtivo da palma forrageira (*Opuntia stricta*), em Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro

261

262 A lâmina de irrigação aplicada a todos os tratamentos no período de junho de 2012 a
 263 novembro de 2012 de modo uniforme totalizou 583 mm. A partir de então, as lâminas de irrigação
 264 aplicadas foram diferenciadas e corresponderam a frações da evapotranspiração de referência
 265 (sequeiro; 8,75%ET_o; 17,5%ET_o; 26,25%ET_o e 35%ET_o). Ao final do período experimental, nos
 266 380 dias de ciclo, as lâminas aplicadas resultaram em 976, 1048, 1096, 1152 e 1202 mm.

267 As fenofases vegetativas propostas neste trabalho, a taxa mensal de acúmulo de matéria seca
 268 e a produtividade relativa não foram afetadas pelo fator lâmina de irrigação ($p > 0,05$). Este
 269 resultado pode ser atribuído à pequena diferença entre a menor e maior lâmina aplicada que foi
 270 apenas de 226 mm. Por outro lado, diferenças foram verificadas para o fator sistema de plantio, que
 271 afetou a ocorrência das fenofases vegetativas, como também a taxa mensal de acúmulo de biomassa
 272 e a produtividade relativa ($p < 0,05$). Não houve interação entre as lâminas de irrigação e sistema de
 273 plantio (Tabela 1).

274

275 Tabela 1. Resumo da análise de variância para as fenofases vegetativas F1, F2 e F3, e para a taxa de
 276 acúmulo mensal de matéria seca (dW/dt) da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a
 277 diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

FV	GL	Quadrado Médio			
		F1	F2	F3	dW/dt
Bloco	3	4,15	1,39	1,84	1,92
Lâmina	4	0,25 ^{ns}	5,67 ^{ns}	4,71 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Erro A	12	1,68	2,53	2,19	0,14
Sistema	2	4,27*	3,47 ^{ns}	15,2**	1,39**
Lâmina x Sistema	8	2,04 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Erro B	30	1,19	1,29	1	0,11

^{ns} Não significativo; **Significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 0,05 de probabilidade, pelo teste F

278

279

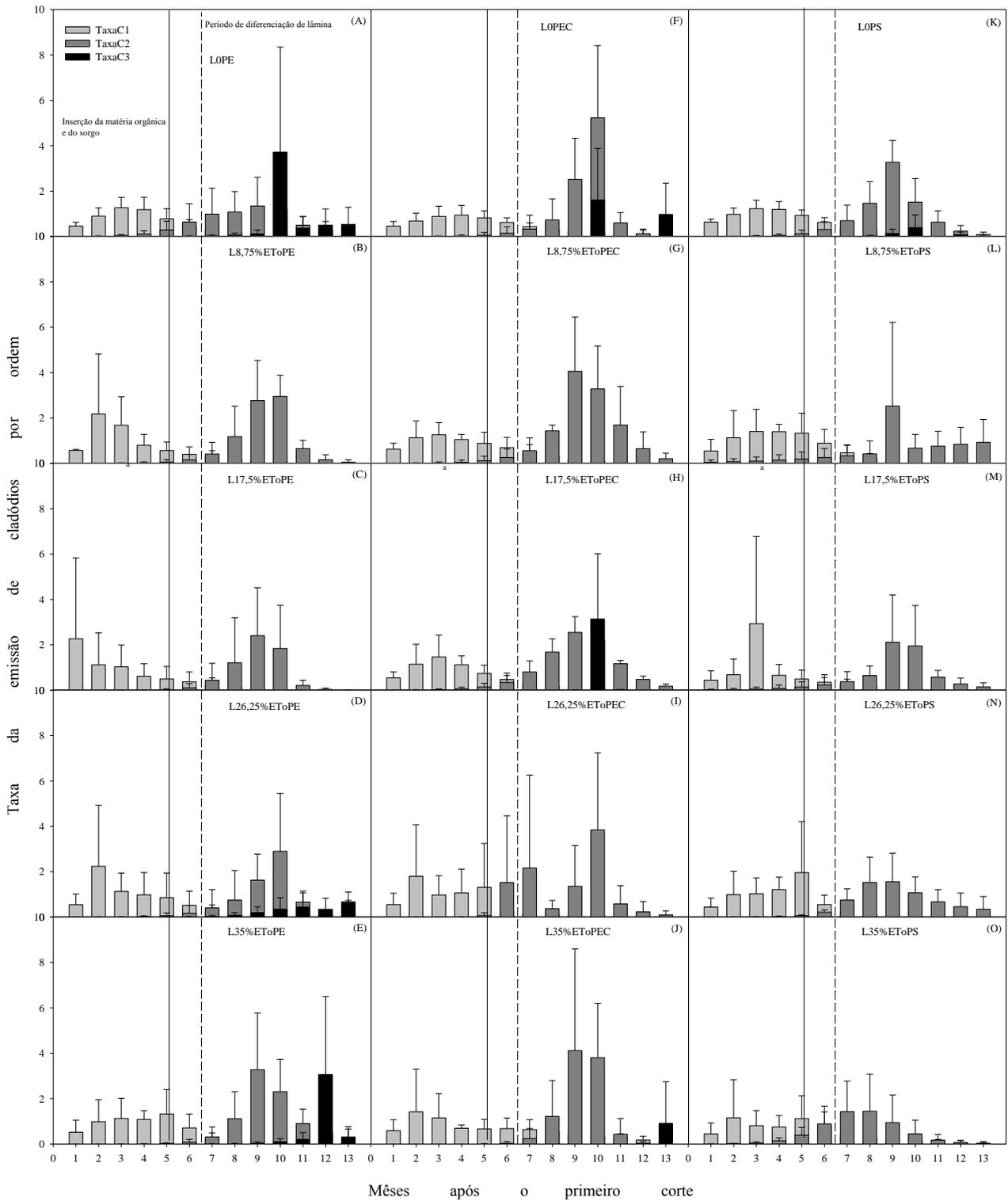
Fenologia vegetativa

280 Durante a condução do segundo ciclo produtivo da *Opuntia stricta*, puderam ser
 281 identificadas três fenofases vegetativas (1, 2 e 3) com base na taxa de emissão de cladódios por
 282 ordem. De um modo geral, o desenvolvimento inicial da *Opuntia stricta* em seu segundo ciclo
 283 produtivo ocorreu normalmente de forma que foi observada a emissão de cladódios de primeira
 284 ordem para todos os tratamentos, conforme apresentado na Figura 3. Enquanto a taxa de emissão
 285 destes cladódios não foi superada pela taxa de emissão dos cladódios de segunda ordem,
 286 considerou-se que a cultura estava na fenofase 1 do seu desenvolvimento vegetativo.

287

288

289



290

291 Figura 3. Delimitação das fases fenológicas vegetativas com base na taxa de emissão dos cladódios
 292 de 1ª, 2ª e 3ª ordem da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida diferentes lâminas de irrigação
 293 e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

294

295 No sistema de plantio exclusivo, especificamente no tratamento LOPE, foi observado um
296 desenvolvimento mais precoce *Opuntia stricta* em relação aos demais tratamentos, podendo nele
297 serem observadas as três fenofases vegetativas (1, 2 e 3) durante o período de estudo (Figura 3A). A
298 taxa de emissão dos cladódios de segunda ordem superou a taxa de emissão dos cladódios de
299 primeira ordem já no mês de novembro, alcançando a fenofase 2. É provável que o maior índice de
300 área constatado nos cladódios de primeira ordem da cultura no tratamento LOPE tenha contribuído
301 para uma maior atividade fotossintética, o que proporcionou uma emissão mais precoce dos
302 cladódios de segunda ordem.

303 Por sua vez, a fenofase 2 durou apenas 4 meses, com seu final no mês de março, quando a
304 taxa de emissão dos cladódios de terceira ordem superou a taxa de emissão dos cladódios de
305 segunda ordem, dando início a fenofase 3. No período de transição da fenofase 2 para a fenofase 3
306 (fevereiro/março de 2013) foram observados altos valores de temperatura do ar e de radiação solar
307 global com médias de 28,4°C e 24,6 MJ m² dia⁻¹, respectivamente, contribuindo para uma
308 evapotranspiração de referência (ET_o) média nesse período de 5,8 mm dia⁻¹. Provavelmente, a
309 interação de tais condições durante esses dois meses com o sistema de plantio exclusivo sem
310 cobertura morta sobre o solo, o qual favorece a uma incidência direta de radiação na superfície, bem
311 como uma maior emissão de radiação de ondas longas pela superfície, promoveu uma maior
312 atividade fotossintética nos cladódios, refletindo na sua fertilidade.

313 Desse modo, a cultura quando submetida ao tratamento LOPE alcançou as três fenofases do
314 desenvolvimento vegetativo em um período menor, em vista dos períodos alcançados nos demais
315 tratamentos, tendo como fonte de suprimento hídrico no período de diferenciação das lâminas
316 apenas a precipitação pluvial que totalizou 311 mm em quatro meses (janeiro a abril). De acordo
317 com Neves et al. (2010), entre os fatores que influenciam o comportamento fenológico das plantas
318 está justamente a intensidade e distribuição pluviométrica. Para Cunha et al. (2012), a precipitação
319 pluviométrica concentrada em três ou quatro meses contribui para a ocorrência de curtos períodos

320 de crescimento pleno das raízes, vindo estas a sucumbir com o início da estação seca, onde a planta
321 faz uso de mecanismos de economia de fotoassimilados e de água.

322 Em linhas gerais, o sistema de plantio exclusivo da *Opuntia stricta* sem cobertura morta foi
323 aquele no qual as fenofases vegetativas 1, 2 e 3 puderam ser identificadas dentro do período de um
324 ano (Figura 3A, 3D, 3E).

325 Para o sistema de plantio exclusivo com cobertura morta de 8,2 t ha⁻¹ de capim entre as
326 fileiras (PEC), as fenofases vegetativas 1, 2 e 3 também foram identificadas, porém com a fenofase
327 3 sendo alcançada, em média, aos treze meses do segundo ciclo da cultura (Figura 3F, 3G, 3H, 3I,
328 3J). Neste sistema foram encontrados os maiores valores para o índice de área dos cladódios de
329 segunda ordem contribuindo, assim, para um aumento na taxa de emissão dos cladódios de terceira
330 ordem, ainda que este aumento tenha ocorrido em um período superior a um ano. Além disso, a
331 presença da cobertura morta sobre o solo nesse sistema favorece o armazenamento de água no solo,
332 pois, de acordo com Peres et al. (2010), os efeitos da radiação solar e do vento na superfície do solo
333 são diminuídos o que, conseqüentemente, também diminuem as perdas de água por evaporação. Tal
334 fato contribui para uma disponibilidade de água para as raízes por mais tempo promovendo
335 continuidade do desenvolvimento da planta visto que, de acordo com Borges et al. (2014), nas
336 condições de estresse hídrico, um mecanismo de defesa é a ocorrência de uma redução no
337 crescimento da cultura.

338 Em se tratando do sistema de cultivo em consórcio de palma com o sorgo (PS), constatou-se
339 uma diminuição da taxa de emissão de cladódios por ordem, pois nenhum dos tratamentos
340 relacionados a esse sistema alcançou a fenofase 3 dentro do período de um ano (Figura 3K, 3L, 3M,
341 3N, 3O), evidenciando que o consórcio promoveu um desenvolvimento vegetativo da palma mais
342 lento. Esta é uma situação possível de ocorrer nos cultivos em consórcio, já que nesse tipo de
343 cultivo há uma maior competição por luz e nutrientes. Sousa et al. (2014), ao estudarem o
344 desenvolvimento em cultivo exclusivo e consorciado do milho e do feijão-caupi, observaram
345 crescimento superior para as duas culturas no cultivo exclusivo em vista daquele observado no

346 cultivo consorciado. Silva et al. (2014) observaram reduções significativas no perfilhamento em
 347 espécies de braquiária ao submetê-las em consórcio com o sorgo, sendo a causa dessa redução
 348 atribuída pelos autores ao sombreamento provocado pelas plantas de sorgo.

349 Das três fenofases do desenvolvimento vegetativo que puderam ser apresentadas nesse
 350 trabalho, a fenofase 3 não foi alcançada em muitos dos tratamentos dentro do período de um ano.
 351 Miranda e Silva et al. (2010) explicam que como os cladódios de primeira ordem são provenientes
 352 apenas de um cladódio, o basal, eles resultam em menor número que os de segunda ordem. Estes,
 353 por sua vez, já são encontrados em maior número que aqueles em uma planta por serem emitidos de
 354 vários cladódios de primeira ordem. Segundo Segantini et al. (2010), cladódios mais expostos à luz
 355 solar são mais férteis. Logo, considerando que os cladódios da parte apical da planta recebem uma
 356 maior incidência de radiação solar por não sofrerem sombreamento, isso também irá contribuir para
 357 um número maior de cladódios secundários comparado ao número de cladódios primários.

358 A tabela 2 apresenta a duração média de cada fenofase identificada nos 13 meses de estudo.
 359 Foi observado que para os três sistemas a fenofase 3 (F3) foi a mais curta, chegando a não ser
 360 identificada em alguns tratamentos devido a taxa zero de emissão dos cladódios de terceira ordem.

361

362 Tabela 2. Duração média, em meses, das fenofases vegetativas 1, 2 e 3 da palma forrageira
 363 (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e a sistemas de plantio no Semiárido
 364 brasileiro

	F1			F2			F3		
	PE	PEC	OS	PE	PEC	PS	PE	PEC	PS
L0	4,50B	7,00A	6,25AB	5,00A	4,00A	5,25A	3,50A	2,00A	1,50B
L8,75%ETo	5,00A	5,75A	7,00A	5,75A	7,25A	6,00A	2,25A	0,00A	0,00A
L17,5%ETo	5,75A	5,50A	6,25 ^a	6,00A	6,00A	6,00A	1,25A	1,50A	0,75A
L26,25%ETo	5,50A	5,75A	5,50 ^a	5,50A	7,00A	7,00A	2,00A	0,25A	0,50A
L35%ETo	5,75A	6,50A	5,50 ^a	5,00A	6,00A	7,00A	2,25A	0,50A	0,50A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ($p>0,05$)

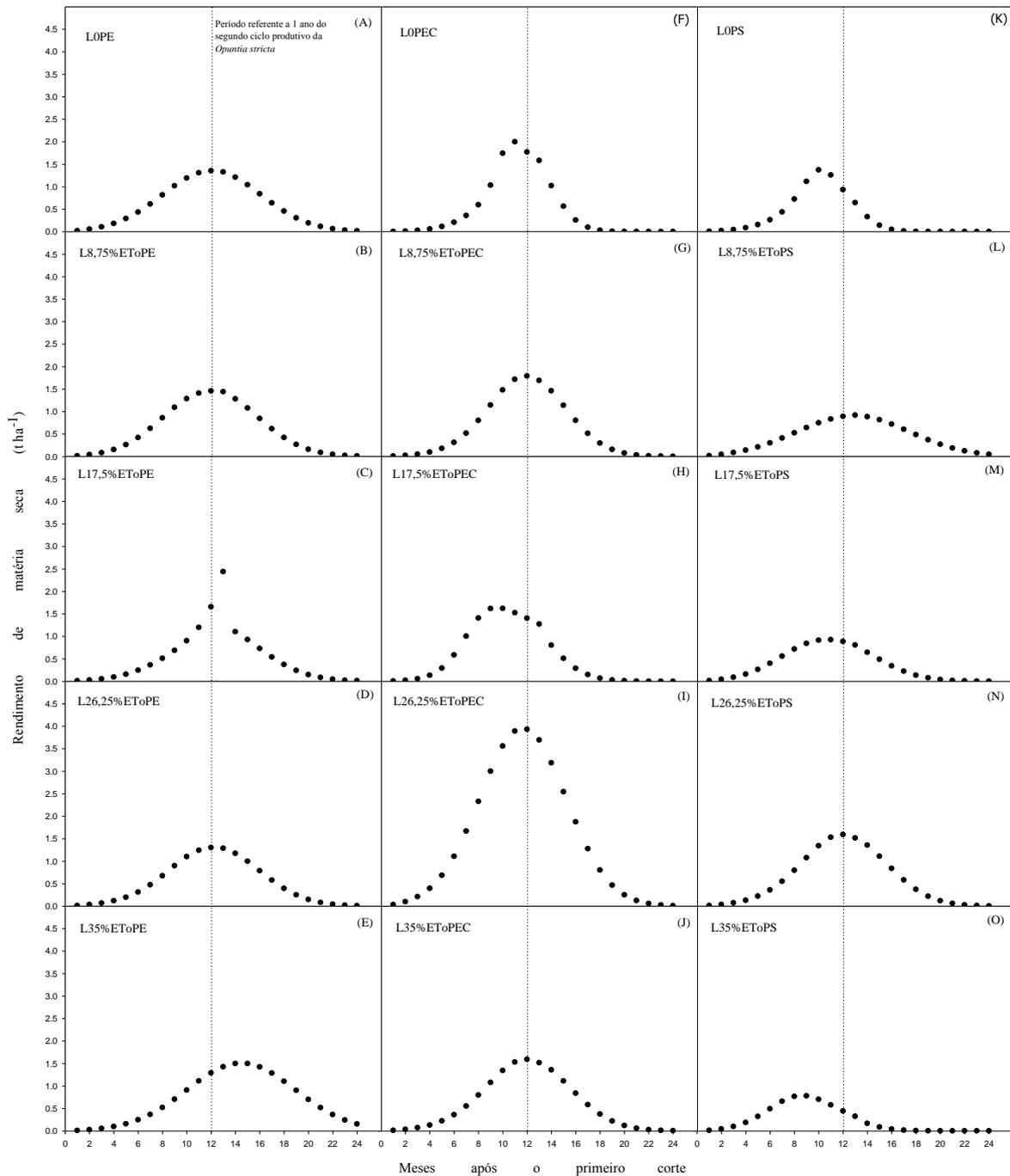
365

Momento de corte da palma forrageira

366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387

Na Figura 4 são observadas as taxas de incremento de matéria seca para 24 meses de ciclo da *Opuntia stricta*. No sistema exclusivo sem cobertura morta (PE), essas taxas encontraram-se dentro da faixa de 1,5 a 2,5 t ha⁻¹, com seu corte podendo ser realizado, em média, aos 21 meses do seu segundo ciclo produtivo (Figura 4A, 4B, 4C, 4D e 4E).

Os maiores valores dos incrementos de matéria seca foram observados no sistema exclusivo com cobertura morta (PEC), com casos nos quais eles foram alcançados em menos de um ano (Figura 4F, 4G, 4H, 4I e 4J). Estes valores podem ser explicados pelo maior número de cladódios totais encontrados nas plantas submetidas a esse sistema quando comparado aos demais. Silva et al. (2014), ao estudarem a produtividade da palma forrageira, observaram reduções na produção de matéria seca por planta e atribuíram a esse resultado os baixos valores de comprimento, largura e número de cladódios. Além disso, de acordo com Resende et al. (2005), o uso de cobertura morta no solo contribui para melhorar suas características hidrotérmicas, bem como diminuir a ocorrência de plantas invasoras, o que estimula o desenvolvimento da cultura proporcionando um resultado de produção maior em vista daquele obtido por um cultivo em um solo descoberto. Nesse sistema, o maior incremento foi encontrado nas plantas submetidas ao tratamento L26,25%EToPEC, no qual o suprimento hídrico foi de 1152 mm (lâmina e precipitação pluvial), apresentando diferença estatística (Tukey 0,05) entre os demais sistemas. Nesse tratamento de maior incremento de matéria seca observado, sugere-se com base nessa variável que o corte da cultura seja realizado aos 22 meses.



388

389 Figura 4. Sazonalidade da taxa de acúmulo de matéria seca da palma forrageira (*Opuntia stricta*)

390 submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

391

392 O cultivo em consórcio apresentou-se como aquele onde foram observados os menores
 393 incrementos de matéria seca e os ciclos mais curtos para a *Opuntia stricta*, como pode ser
 394 observado na Figura 4 e na Tabela 3. Provavelmente, as condições impostas por um cultivo em
 395 consórcio como a competição por luz e nutrientes podem ter contribuído para esse resultado. De

396 acordo com Farias et al. (2000), o consórcio de palma com uma cultura secundária reduz a
 397 produção dessa forrageira. Soares et al. (2009), ao estudarem o comportamento de diversas
 398 forrageiras em condição de consórcio, constataram que a produção de matéria seca das forrageiras
 399 decresceu com a diminuição da intensidade luminosa decorrente do sombreamento imposto pela
 400 cultura secundária.

401 Os resultados aqui encontrados quanto ao momento de corte da palma somam-se aos já
 402 existentes para a frequência de um ano a dois. Contudo, apesar das muitas recomendações quanto
 403 ao momento de corte da palma forrageira destinada à alimentação animal, de acordo com Farias et
 404 al. (2000), cabe ao produtor escolher a frequência de corte que for mais conveniente à necessidade
 405 de seu rebanho.

406

407 Tabela 3. Momento de corte, expresso em meses, da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida a
 408 diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

	Momento de corte (meses)				
	L0	L8,75%ETo	L17,5%ETo	L26,25%ETo	L35%ETo
PE	21	21	21	21	>24
PEC	17	20	18	22	21
PS	16	24	19	21	16

409

410

411 Em termos de produtividade relativa da *Opuntia stricta*, não houve efeito de lâmina para
 412 esta variável. Contudo, houve diferença significativa entre os diferentes sistemas de cultivo a que a
 413 cultura foi submetida (Tabela 4).

414

415 Tabela 4. Resumo da análise de variância para a produtividade relativa (Y_{rel}) da palma forrageira
 416 (*Opuntia stricta*) submetida a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido
 417 brasileiro

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
		Produtividade Relativa - Y_{rel}
Bloco	3	0,048
Lâmina	4	0,202 ^{ns}
Erro A	12	0,440
Sistema	1	4,160**
Lâmina x Sistema	4	0,011 ^{ns}
Erro B	15	0,085

^{ns} Não significativo; **Significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F

418

419 Conforme apresentado na Tabela 5, o sistema exclusivo com cobertura morta proporcionou
 420 um aumento no desempenho produtivo da *Opuntia stricta* que variou de 27,5% a 67,5% em relação
 421 ao sistema exclusivo sem cobertura morta sobre o solo. Já o sistema de cultivo em consórcio
 422 reduziu os valores da produtividade relativa da cultura em até 33,5% com relação ao sistema de
 423 plantio exclusivo de palma sem cobertura morta.

424

425 Tabela 5. Valores médios da produtividade relativa da palma forrageira (*Opuntia stricta*) submetida
 426 a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de plantio no Semiárido brasileiro

	Produtividade Relativa - Y_{rel}	
	PEC	PS
L0	1,275 Aa	0,675 ABa
L8,75%ETo	1,475 Aa	0,850 ABa
L17,5%ETo	1,325 Aa	0,700 ABa
L26,25%ETo	1,675 Aa	1,075 ABa
L35%ETo	1,575 Aa	0,800 ABa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ($p>0,05$); PEC: sistema de plantio exclusivo com cobertura morta; PS: sistema de plantio consorciado palma-sorgo

427

428

429

CONCLUSÃO

430 1. Não houve efeito das lâminas de irrigação sobre a fenologia vegetativa bem como sobre o
 431 momento de corte da palma forrageira (*Opuntia stricta*) cultivada no Semiárido brasileiro;

432 2. O uso de cobertura morta no cultivo irrigado da *Opuntia stricta* promoveu maior incremento de
 433 matéria seca e da produtividade relativa da cultura, mesmo não tendo influenciado a duração das
 434 fenofases;

435 3. O consórcio palma-sorgo sob irrigação antecipou o momento de corte da palma forrageira, além
 436 de reduzir os incrementos de massa seca e, conseqüentemente, a produtividade relativa da cultura
 437 em relação ao sistema exclusivo sem cobertura morta sobre o solo, independentemente da lâmina
 438 recebida.

439

440

LITERATURA CITADA

441 Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smuth, M. Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing
 442 crop water requirements - Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998, 301p.

- 443 Andrade Neto, R. C.; Miranda, N. O.; Duda, G. P.; Góes, G. B.; Lima, A. S. Crescimento e
444 produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. *Revista Brasileira de Engenharia*
445 *Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.124–130, 2010.
- 446 Bezerra, A. P. A.; Pitombeira, J. B.; Távora, f. J. A. F.; Vidal Neto, F. C. Rendimento, componentes
447 da produção e uso eficiente de terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. *Revista*
448 *Ciência Agrônômica*, v.38, n.1, p.104-108, 2007.
- 449 Bezerra, B. G.; Araújo, J. S.; Pereira, D. D.; Laurentino, G. Q.; Silva, L. L. Zoneamento
450 agroclimático da palma forrageira (*Opuntia sp.*) para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de*
451 *Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.7, p.755–761, 2014.
- 452 Borges, T. K. S.; Montenegro, A. A. A.; Santos, T. E. M.; Silva, D. D.; Silva Júnior, V. P.
453 Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays L.*)
454 em semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.38, n.6, Viçosa, 2014.
- 455 Cavalcanti, C. V. A. Ferreira, M. A. Carvalho, M. C.; Vêras, A. S. C.; Silva, F. M.; Lima, I. E.
456 Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para
457 vacas da raça Holandesa em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.4, p.689-693, 2008.
- 458 Cunha, D. N. F. V.; Gomes, E. S.; Martuscello, J. A.; Amorim, P. L.; Silva, R. C.; Ferreira, P. S.
459 Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. *Rev. Bras. Saúde*
460 *Prod. Anim.*, Salvador, v.13, n.4, p.1156-1165 out./dez., 2012
- 461 Farias, I.; Lira, M. A.; Santos, D. C.; Filho, J. J. T.; Santos, M. V. F.; Fernandes, A. P. M.; Santos,
462 V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no
463 agreste de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.2, p.341-347, fev. 2000.
- 464 Felker, P. & Inglese, P. Short-term and long-term research needs for *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.
465 Utilization in arid areas. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. V5P,
466 131-152. 2003.

- 467 Inglese, P. Barbera, G., Mantia, T. L. Research strategies for the improvement of cactus pear
468 (*Opuntia ficus indica*) fruit quality and production. Journal of Arid Environments, 29: 455-468.
469 1995.
- 470 Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: ed. RiMa, 2006. 550p.
- 471 Miranda e Silva, N. G.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Mello, A. C. L.;
472 Silva, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira.
473 Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.11, p. 2389 – 2397, 2010.
- 474 Neves, E. L.; Funch, L. S.; Viana, B. F. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha*
475 (Euphorbiaceae) da Caatinga, semiárido do Brasil. Revista Brasileira de Botânica, V.33, n.1, p.155-
476 166, jan.-mar. 2010.
- 477 Oliveira, T. N.; Paz, L. G.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Ferreira, R. L. C.; Pires, A. J.
478 V.; Silva, M. C. Influência do fósforo e de diferentes regimes de corte na produtividade e no
479 perfilhamento do capim-de-raiz (*Chloris orthoton Doell*). Revista Brasileira de Zootecnia, vol.
480 33, n.1, Viçosa, 2004.
- 481 Pedro Júnior, M. J.; Sentelhas, P. C.; Martins, F. P. Previsão agrometeorológica da data de colheita
482 para a videira ‘Niagara Rosada’. Bragantia, Campinas, 53(1): 113-119, 1994.
- 483 Peres, J. G.; Souza, C. F.; Lavorenti, N. A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-
484 açúcar na umidade e na perda de água do solo. Engenharia Agrícola, vol.30, n.5, Jaboticabal, 2010.
- 485 Pezzopane, C. G.; Favarin, J. L. Maluf, M. P.; Pezzopane, J. R. M.; Filho, O. G. Atributos
486 fenológicos em cultivares de cafeeiro arábica. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.3, p.711-717,
487 mai-jun, 2009.
- 488 Pezzopane, J. R. M.; Júnior, M. J. P.; Gallo, P. B. Camargo, M. B. P.; Fazuoli, L. C. Avaliações
489 fenológicas e agrônômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana ‘prata
490 anã’. Bragantia, Campinas, v.66, n.4, p.701-709, 2007.

- 491 Queiroz Filho, J. L.; Silva, D. S.; Nascimento, I. S. Produção de matéria seca e qualidade do capim
492 elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar roxo em diferentes idades de corte. Revista
493 Brasileira de Zootecnia, 29 (1): 69 – 74, 2000.
- 494 Resende, F. V.; Souza, L. S.; Oliveira, P. S. R.; Gualberto, R. Uso de cobertura morta vegetal no
495 controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da
496 cenoura em cultivo de verão. Ciência e Agrotecnologia. Vol. 29. Nº1. Lavras, fevereiro, 2005.
- 497 Santos, D. C.; Silva, M. C.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Lira, M. A.; Silva, R. M. Estratégias para uso
498 de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. Revista
499 Científica de Produção Animal, v.15, n.2, p.111-121, 2013.
- 500 Segantini, D.M.; Torres, L. M.; Boliani, A. C.; Leonel, S. Fenologia da Figueira-da-Índia em
501 Selvíria - MS. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 2, p. 630-636, Junho
502 2010.
- 503 Silva, J. C. G.; Chaves, M. A.; São José, A. R.; Rebouças, T. N. H.; Alves, J. F. T. A influência da
504 cobertura morta sobre características físicas e químicas de frutos da pinha. Revista Brasileira de
505 Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 2, p. 287-291, 2007.
- 506 Silva, J. A. Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações químicas. 2012.
507 Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Sudoeste da Bahia – UESB.
508 Itapetinga, BA, Brasil.
- 509 Silva, A. G.; Moraes, L. E.; Neto, Horvathy Neto, A.; Teixeira, I. R.; Simon, G. A. Consórcio sorgo
510 e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. Revista Ceres,
511 Viçosa, v.61, n.5, p.697-705, 2014.
- 512 Silva, L. M.; Fagundes, J. L.; Viegas, P. A. A.; Muniz, E. N.; Rangel, J. H. A.; Moreira, A. L.;
513 Backes, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio.
514 Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.11, p.2064-2071, nov, 2014.

- 515 Silva, T. G. F.; Araújo Primo, J. T.; Morais, J. E. F.; Diniz, W. J. S.; Souza, C. A. A.; Silva, M. C.
516 Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis
517 meteorológicas. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.28, n.2, p. 10 – 18, abr. – jun. , 2015.
- 518 Soares, A. B.; Sartor, L. R.; Adami, P. F.; Varella, A. C.; Fonseca, L. Mezzalira, J. C. Influência da
519 luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes no verão. *Revista Brasileira*
520 *de Zootecnia*, v.38, n.3, p.443-451, 2009.
- 521 Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sedyama, G. C.; Silva, T. G. F. Crescimento e produtividade do
522 milho e feijão-caupi em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no semiárido. *Revista*
523 *Brasileira de Geografia Física*. v.07, n.03, 2014.
- 524

5. CONCLUSÃO GERAL

A aplicação de diferentes lâminas de irrigação não influenciou o segundo ciclo produtivo do clone IPA-200016/Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw), podendo assim conduzir o cultivo desse clone sob a suplementação hídrica equivalente à menor lâmina aplicada, que totalizou 976 mm em 13 meses.

Devido às vantagens que o uso de cobertura morta proporciona tanto para o solo como para planta, recomenda-se seu uso sobre o solo no cultivo da *Opuntia stricta* para que assim se obtenha bons resultados no seu desenvolvimento morfométrico bem como na sua produção de matéria seca.

Apesar das vantagens que o sistema de consorciação de culturas fornece, recomenda-se que este seja uma alternativa secundária no caso da palma forrageira – *Opuntia stricta*, se o objetivo com seu cultivo for a obtenção de um melhor desenvolvimento de suas medidas morfométricas bem como de maiores incrementos de matéria seca na cultura, pois em sistema consorciado com o sorgo granífero, cv. IPA 2502, a *Opuntia stricta* não alcançou um desenvolvimento satisfatório além de ter seu momento de corte antecipado.

A fenologia vegetativa da palma forrageira pode ser delimitada com base na taxa de emissão de cladódios por ordem, de modo que o alcance da fenofase n se dá no momento em que a taxa de emissão de cladódios de ordem $n - 1$ é ultrapassada pela taxa de emissão de cladódios de ordem n .

6. Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, S. G. **Cultivo da palma forrageira no sertão do São Francisco**. Comunicado Técnico da Embrapa Semiárido. Nº 91, dezembro, 2000, p. 1 – 6.

ALBUQUERQUE, S. G.; RAO, M. R. Espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo granífero e feijão-de-corda no sertão de Pernambuco. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.26, n.4, p.645-650, 1997.

ALBUQUERQUE, S. G.; SANTOS, D. C. Palma Forrageira In: **Espécies Vegetais Exóticas com Potencialidades para o Semiárido Brasileiro**. Embrapa informação tecnológica, 2005. 340p.

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

ALVES, J. C. R. **Perspectivas de utilização da figueira-da-índia no Alentejo: caracterização de *Opuntia* sp. no Litoral Alentejano e na Tapada da Ajuda e estudo da instalação de um pomar**. 2011. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, n.5, Portugal.

AMORIM, P. L. **Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Rio Largo, AL, Brasil.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.124–130, 2010.

ARAÚJO, G. G. L. A. **Cultivo estratégico de forrageiras anuais e perenes visando a suplementação de caprinos e ovinos no semiárido do Nordeste**. Instruções técnicas da Embrapa Semiárido. 48. Petrolina, dezembro, 2001.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. **Fenologia**: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007.

BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia sp.*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.755–761, 2014. ISSN 1807 – 1929.

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.

BORGES, T. K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M.; SILVA, D. D.; SILVA JÚNIOR, V. P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.38, n.6, Viçosa, 2014.

CANDIDO, M. J. D.; GOMES, G. M. F.; LOPES, M. N. XIMENES, L. J. F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural**, ano VII, n. 3, 2013.

CAVALCANTI, C. V. A.; FERREIRA, M. A.; CARVALHO, M. C.; VÉRAS, A. S. C.; SILVA, F. M.; LIMA, L. E. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, 2008.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3. 2006.

CORTÁZAR, V. G.; NOBEL, P. S. Biomass and Fruit Production for the Prickly Pear Cactus, *Opuntia ficus indica*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 117 (4): 558–562. 1992.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira “Gigante” sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.1, p.151-158, 2014.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F. L.; OLIVEIRA, M. C.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. **Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da Caatinga**. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. Disponível em: < http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18250/1/Artigo_2Caatinga.pdf > Acesso em junho, 2015.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D. C. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero, v. 13, ed. esp., p. 29-40, 2013.

ERASMO, E. A. L.; TERRA, M. A.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D.; DIDONET, J. Fenologia e acúmulo de matéria seca em plantas de *Murdannia nudiflora* durante seu ciclo de vida. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p.397-402, 2003.

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

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, p. 36-48. 2001.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; SILVA, J. B. A.; MORAIS, J. H. G.; LIMA, N. L. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014. ISSN 1981-5484.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A. KAGEYAMA, P. Y. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. ISBN 978-85-63269-04-1.

GAVA, C. A. T.; LOPES, E. B. **Produção de mudas de palma forrageira utilizando fragmentos de cladódios**. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido. Petrolina, PE. 2012. ISSN 1809-0001.

INGLESE, P. BARBERA, G., MANTIA, T. La. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruit quality and production. **Journal of Arid Environments**, 29: 455-468. 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiario.shtm?c=4> >. Acesso em: mai. 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: ed. RiMa, 2006. 550p.

LOPES, E. B. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. EMEPA/FAEPA, João Pessoa, PB, 2007. 130p.

LOPES, E.B.; COSTA, L. B.; JÚNIOR, A. F. C.; BRITO, C. H. Rendimento e aspectos fenológicos de espécie de palma forrageira em relação ao cultivo com dois tipos de cladódios. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, Número Especial, p.59-61, dez. 2013.

MARQUES, V. B. **Germinação, fenologia e estimativa de custo de produção da pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]**. 2010. 142f. Tese. (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia – Produção Vegetal). Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras, MG, Brasil.

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; NETO, F. G. C.; ALMEIDA, A. H. B.; SOUZA, J. O.; NEGREIROS, M. Z.; SOARES, S. P. F. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura do solo e diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Vol. 10, n.4, Campina Grande, 2006.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; SÁ, I. I. S. **Zoneamento Agroclimático da Palma Forrageira para o Estado de Pernambuco**. Embrapa Semiárido. Documentos, 242. ISSN 1808-9992. 2011.

NEDER, D.G.; COSTA, F.R. da; EDVAN, R.L.; SOUTO FILHO, L.T. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.13, p.203-207, 2013.

NUNES, C. S. Uso e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 58 – 66, 2011.

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

PINTO, M. S. C.; CAVALCANTE, M. A. B.; ANDRADE, M. V. M. Potencial forrageiro da Caatinga, fenologia, métodos de avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento das plantas. **Revista Eletrônica de Veterinária – REDVET**. Vol. VII, Nº 04, abril, 2006.

Queiroz, M. G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana, no Semiárido brasileiro**. 2014. 67f. 630 Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**. Vol. 29. Nº1. Lavras, fevereiro, 2005.

ROCHA, J. E. S. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: Estado da Arte**. Documentos Online. Embrapa Caprinos e Ovinos. Sobral, CE. 2012. 40p. ISSN 1676-7659; 106. Disponível em: < <http://www.cnpc.embrapa.br/publicacoes/> >

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

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

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2006. 48p. (Documentos, 30).

SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, C. B.; FREIRE, J. L.; PINTO, M. S. C.; SANTOS, D. C.; SOUZA, T. C.; SILVA, M. C. **Manejo da palma forrageira**. II Congresso de Palma e Outras Cactáceas. Garanhuns, PE. 2011.

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

SCHWART, M. **Phenology: An Integrative Environmental Science**. Tasks for Vegetation Science - 39. Kluwer Academic Publishers. 2003.

SEGANTINI, D.M.; TORRES, L. M.; BOLIANI, A. C.; LEONEL, S. Fenologia da Figueira-da-Índia em Selvíria - MS. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, v. 32, n. 2, p. 630-636, Junho 2010.

SILVA, G. S.; OLIVEIRA, R. A.; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B.; SOUSA, M. F.; SILVA, S. A. Desempenho agrônomo de algodão orgânico e oleaginosas consorciadas com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.9, p.975–981, 2013.

SILVA, J. A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações químicas**. 2012. 89f. Tese (Doutorado em Zootecnia – Produção de Ruminantes). Universidade Federal do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga – Bp vA, Brasil.

SILVA, T. G. F.; SANTOS, J. E. O.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; SILVA, M. C. SOUZA, L. S. B. **Dinâmica de água no solo em uma área de cultivo com clones de palma forrageira**. Embrapa, 2012.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; SILVA, S. M. S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v.37, n.2, p.184-191, 2014.

SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.633-644, 2010.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Crescimento e produtividade do milho e feijão-caupi em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.07, n.03, 2014.

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, Brasília, 2006.

SUASSUNA, P. Tecnologia do Cultivo Intensivo da Palma – TCIP. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero, v. 13, ed. esp., p. 29-40, 2013.

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**, Recife, v. 2, n. 1, p. 28-31, 2007.

WANDERLEY, A. M.; ALBUQUERQUE, A. V. F. C.; ALBUQUERQUE, K. F. V.; SANTOS, L. P. **Palma forrageira adensada e irrigada – Uma experiência no Sertão do Cabugi**. SEBRAE, Lajes – RN. 2009.