

JUCILENE DA SILVA LIMA NUNES

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PROPRIEDADES BIOFÍSICAS DE
CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Serra Talhada- PE

2015

**N
U
N
E
S

J
S
L

C
A
R
A
C
T
E
R
I
S
T
I
C
A
S
S
.
.
.
2
0
1
5**

JUCILENE DA SILVA LIMA NUNES

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PROPRIEDADES BIOFÍSICAS DE
CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

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

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Co-orientadores: Sergio Zolnier e Maria da Conceição Silva

Serra Talhada- PE

2015

Ficha catalográfica

N972c Nunes, Jucilene da Silva Lima

Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira no Semiárido brasileiro / Jucilene da Silva Lima Nunes. – Serra Talhada: A autora, 2015.

61 f.: il.

Orientador: Thieres George Freire da Silva.

Coorientadores: Sergio Zolnier e Maria da Conceição Silva.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2015.

Inclui Referências.

1. Palma forrageira - morfologia vegetal. 2. Palma forrageira - fisiologia vegetal. 3. Palma forrageira - biofísica. 4. Semiárido I. Silva, Thieres George Freire da, orientador. II. Zolnier, Sergio, coorientador. III. Silva, Maria da Conceição, coorientadora. IV. Título.

CDD 631

JUCILENE DA SILVA LIMA NUNES

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PROPRIEDADES BIOFÍSICAS DE
CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

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

APROVADO em 06 / 08 / 2015.

Banca Examinadora

Thieres George Freire da Silva

Thieres George Freire da Silva

Prof. Dr. Adjunto – UAST/UFRPE

Orientador

Cláudia Helena C. M. de Oliveira

Profa. Dr. Cláudia Helena C. M. de Oliveira

Profa. Dr. Adjunto – UAST/UFRPE

Luciana Sandra Bastos de Souza

Luciana Sandra Bastos de Souza

Profa. Dr. Assistente – UAST/UFRPE

André Luiz Alves de Lima

André Luiz Alves de Lima

Prof. Dr. Adjunto – UAST/UFRPE

Ao meu esposo, José Jakson dos Santos, por todo amor, carinho e paciência.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar força para superar os desafios encontrados durante esses dois anos, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades com seu amor incondicional.

Muito obrigada ao professor Thieres George Freire da Silva, pela dedicação, confiança, respeito e paciência.

Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pela contribuição na realização dos trabalhos pela dedicação e comprometimento.

A Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE) pela oportunidade, ao Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA pela parceria, ao CNPq e FACEPE pelo apoio financeiro

A todos os colegas e professores da pós-graduação em Produção Vegetal pelo convívio e aprendizado. Em especial agradeço a Lucivânia, Gabriela, José Edson e Poliana que em alguns momentos me ajudaram durante o mestrado.

À minha família, em especial, minha mãe, Vilma da Silva Lima e meu esposo José Jakson dos Santos Nunes, pelo carinho, paciência e incentivo.

Quero deixar clara a minha gratidão e amizade a Danielle Morais Amorim, Tereza D'Ávila e Juliana Alves que fizeram de momentos trabalhosos e difíceis uma ocasião de muita alegria.

A todos muito obrigada!!!

RESUMO GERAL

A palma forrageira é bastante adaptada à região semiárida devido às suas características morfofisiológicas associada ao processo fisiológico denominado Metabolismo Ácido Crassuláceo (CAM), que permitem a cultura acumular biomassa mesmo em condições de altas temperaturas e déficit hídrico. Na literatura, nota-se uma escassez de estudos que relacionam a resposta morfofisiológica da palma a diferentes ambientes de crescimento. Assim, objetivou-se avaliar as características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira em decorrência da disponibilidade de água e o uso de cobertura morta sobre o solo, nas condições do Semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido no campo experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Serra Talhada, Pernambuco. Foram utilizadas as cultivares IPA-Sertânia (IPA, *Nopalea*), Miúda (MIU, *Nopalea*) e Orelha de Elefante Mexicana (OEM, *Opuntia*), as quais foram dispostas em blocos casualizados com três repetições e submetidos aos três ambientes de crescimento: PIN: precipitação inferior à normal climatológica; PSN: precipitação superior à normal climatológica e PSNC: precipitação superior à normal climatológica com a adoção de cobertura morta sobre o solo. As características estruturais altura e largura do dossel, número de cladódios totais e índice da área do cladódio foram obtidas mensalmente. Enquanto a biomassa da parte aérea da palma forrageira foi mensurada no final do ciclo produtivo. A partir dos dados estruturais e de biomassa foram determinadas as características morfogênicas, morfofisiológicas e biofísicas das cultivares. Verificou-se que as condições do ambiente de crescimento e o tipo de cultivar afetaram a sazonalidade das taxas de crescimento da palma forrageira ($p < 0,05$), apesar de não terem sido observadas diferenças nas taxas médias do ciclo, para algumas características ($p > 0,05$). Houve interação entre os fatores ambiente e cultivar apenas para alguns parâmetros biofísicos. As cultivares OEM e IPA apresentaram maior índice de distribuição de cladódios na planta (IDCP) para aqueles de primeira ordem ($42,8 \pm 8,5\%$) e de segunda ordem ($43,8 \pm 7\%$), independentemente do ambiente de crescimento, e para a MIU, o IDCP foi maior nos cladódios de terceira ordem ($34,6 \pm 6,4\%$). Contudo, para a IPA, o índice de distribuição da área fotossintetizante da planta ($IDAF = 41,3 \pm 14,8\%$) é maior para os cladódios de primeira ordem. A OEM aumentou a distribuição de matéria seca ao longo de sua estrutura fotossintetizante em decorrência da redução do regime hídrico, ainda que não tenha alterado o volume de ocupação da matéria seca na planta e tenha apresentado menor produção de matéria seca por unidade de área fotossintetizante, juntamente com a IPA Sertânia. Os valores médios da taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida não foram

diferentes entre as cultivares nos distintos ambientes de crescimento. Conclui-se que, a modificação do ambiente de crescimento promoveu alterações na sazonalidade de resposta da palma forrageira, mas a mesma depende do tipo de cultivar.

Palavras-chave: Índice de área do cladódio, indicadores de crescimento, *Nopalea* e *Opuntia*.

GENERAL ABSTRACT

The cactus forage is quite adapted to the semi-arid region due morphphysiologic characteristics associated with the physiological process called Crassulasean Acid Metabolism (CAM), which allow biomass accumulation by crop even in conditions of high temperature and water deficit. In literature, there is an absence of studies that relate the forage cactus morphphysiologic response to different growth environments. Thus, the objective of this work was to evaluate the morphphysiologic characteristics and biophysical properties of forage cactus cultivars due to the increment water availability and the use of mulch on the soil under the conditions of the Brazilian semi-arid region. The experiment was carried in the experimental field of the Instituto Agronômico de Pernambuco, located in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco. The cultivars IPA-Sertânia (IPA, Nopalea), Miúda (MIU, Nopalea) and Orelha de Elefante Mexicana (OEM, Opuntia) were used, which were arranged in randomized blocks with three replications and subjected to three growth environments: PIN: precipitation lower than the normal climatological; PSN: precipitation higher than the normal climatological and PSNC: precipitation higher than the normal climatological with adoption of mulch over the soil. The structural characteristics of canopy height and width, cladode total number and cladode area index were obtained monthly. While aboveground the forage cactus biomass was measured at the end of the production cycle. From the structural data and biomass were determined the morphphysiologic characteristics and biophysical properties of the cultivars. It was found that the conditions of the growing environment and the type of cultivar affected forage cactus growth rates seasonality, despite not having been observed differences in average rates of cycle, for some features ($p > 0.05$). There was interaction between environmental factors and cultivar only for some biophysical parameters. The OEM and cultivars IPA presented a higher plant cladode area index distribution (IDCP) to those of the first order ($42.8 \pm 8.5\%$) and second order ($\pm 7\%$) 43.8, regardless of the growth environment, and MIU, the IDCP was higher in cladode third-order ($34.6 \pm 6.4\%$). However, for the IPA, the plant photosynthetic area distribution (IDAF = $41.3 \pm 14.8\%$) is greater for the cladode of the first order. The OEM increased dry matter distribution throughout its photosynthetic structure as a result of the reduction in the water regime, although it has not changed the occupancy volume of dry matter in the plant and has made less dry matter production per unit photosynthetic area, along with the IPA Sertânia. The average values of the absolute growth rate, relative growth rate and net assimilation rate were not different among cultivars in the different growth environments. It is concluded that the

change in the growth environment promoted changes in forage cactus response seasonality, but it depends on the type of cultivar.

Keywords: cladode area index, indicators of growth, Nopalea and Opuntia

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1	25
Figura 1 Taxa de crescimento da altura (dAP/dt) e da largura (dLP/dt) de cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano ⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha ⁻¹) (PSNC), durante 24 meses de crescimento.....	31
Figura 2 Taxa de crescimento do número de cladódios total (dNCT/dt) e do índice da área de cladódio total (dIACT/dt) das cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano ⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha ⁻¹) (PSNC), durante 24 meses de crescimento	32

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	41
Figura 1 Taxa de crescimento absoluto (TCA) e Taxa de crescimento relativo (TCR) das cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano ⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha ⁻¹) (PSNC), durante 24 meses de crescimento.....	49
Figura 2 Taxa de assimilação líquida (TAL) e Área específica do cladódio (AEC) das cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano ⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano ⁻¹ , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha ⁻¹) (PSNC), durante 24 meses de crescimento.....	50

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	25
Tabela 1 Taxa de crescimento da altura (dAP/dt) de clones de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica (PIN), nos primeiros sete meses de ciclo, no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro.....	33
CAPÍTULO 2	41
Tabela 1 Efeito de cultivar (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sobre as características morfológicas da palma forrageira sob diferentes regimes hídricos (PIN: precipitação inferior à normal climatológica (“667,2 mm ano ⁻¹ ”), equivalente a 309 mm ano ⁻¹ ; PSN: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano ⁻¹ ; e, PSNC: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano ⁻¹ , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo), no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro.....	51
Tabela 2 Efeito do regime hídrico (PIN: precipitação inferior à normal climatológica (“667,2 mm ano ⁻¹ ”), equivalente a 309 mm ano ⁻¹ ; PSN: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano ⁻¹ ; e, PSNC: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano ⁻¹ , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo) sobre as características morfogênicas de cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana), no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro.....	52
Tabela 3 Efeito de interação sobre características morfológicas de cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano ⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o	

equivalente a 911 mm ano⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha⁻¹) (PSNC), no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro.....

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 1-MORFOGÊNESE DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB MODIFICAÇÃO DO AMBIENTE DE CRESCIMENTO.....	25
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS	30
DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	36
CAPÍTULO 2- CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E BIOFÍSICAS DE CULTIVARES PALMA FORRAGEIRA SOB MODIFICAÇÃO DO AMBIENTE DE CRESCIMENTO.....	41
INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
RESULTADOS.....	48
DISCUSSÃO.....	53
CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS	57

APRESENTAÇÃO

As espécies de palma forrageira apresentam ampla distribuição geográfica, sendo encontradas praticamente em todos os locais do mundo. No Brasil, a *Nopalea cochenillifera* (IPA Sertânia e Miúda) e *Opuntia stricta* (Orelha de Elefante Mexicana) atualmente são as mais plantadas, principalmente no agreste e sertão dos estados de Alagoas e Pernambuco, onde tem se mostrado bastante adaptadas. De acordo com Vasconcelos et al. (2009), a cultivar Orelha de Elefante Mexicana é bastante resistente à seca, além de apresentar características favoráveis a essas condições. Se destacando por apresentar um índice de área foliar superior em relação à Miúda e IPA-Sertânia (SILVA et al., 2012). Por outro lado, Vasconcelos et al. (2007) ressaltam que a Miúda, comparada com outras cultivares, apresenta uma multiplicação rápida.

Esses atributos são reflexo da resiliência dessas cultivares as condições adversas do clima, estando associadas à características morfofisiológicas como a presença de tricomas e estômatos profundos, espessura da cutícula variando de 10 a 15 vezes maior do que a das folhas de outras plantas, cladódios suculentos permitindo maior acúmulo de água pelo tecido clorênquima já que ocorre maior perda de água dos cladódios pelo parênquima (SAMPAIO et al., 2005; SANTOS et al., 2010; FREIRE, 2012), permitindo a cultura acumular biomassa mesmo em condições de altas temperaturas e déficit hídrico (NASCIMENTO, 2008; NUNES, 2011).

As características morfofisiológicas da palma provavelmente estão relacionadas ao processo fisiológico denominado Metabolismo Ácido Crassuláceo (CAM), presente nas plantas de palma, que possibilita diferenciá-la das plantas C3 (soja, trigo, feijão) e C4 (sorgo, milho, cana-de-açúcar) (DONATO, 2011). Neste caso, as trocas de CO₂ com o ambiente ocorrem durante a noite, quando o déficit de vapor d'água é mais reduzido (DUBEUX JUNIOR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010). Esse mecanismo é especialmente importante em regiões semiáridas porque as plantas minimizam a transferência de água para o ambiente e, por isso conseguem se adaptar bem nessas regiões.

O processo adaptativo de espécies refere-se à capacidade da planta em resistir a fenômenos determinados pelo ambiente de crescimento (CAVALCANTE et al., 2009). As plantas comumente apresentam modificações devido às condições adversas como estresse salino, hídrico e térmico. As interações destes fatores de estresse agem fortemente entre si, possibilitando a determinação de respostas complexas na planta.

Por exemplo, o estresse salino provoca desequilíbrio nutricional, em decorrência da alteração dos mecanismos bioquímicos e fisiológicos (ESTEVES; SUZUKI, 2008),

prejudicando o crescimento, desenvolvimento e a produção de biomassa, devido à limitação do processo de fotossíntese (DESTRO et al., 2008). Valores de salinidade de 0,76 a 2,0 dS/m são considerados baixos, sendo que as plantas até esse nível conseguem crescer e se desenvolver adequadamente. Entretanto, quando submetidas a valores de 2,0 a 3,5 dS/m, esses são considerados alto para desenvolvimento da maioria das culturas, incluindo as cactáceas (MUNNS; TESTER 2008; PEREIRA 2008).

Para superar situações de escassez de água, as plantas desenvolvem alterações metabólicas como o acúmulo de prolina e glicina betaína, ambos importantes para manterem o ajustamento osmótico das plantas (BAJJI et al., 2001; ALVARENGA et al., 2011; SOUSA et al., 2012) e alterações fisiológicas como aumento na resistência estomática, redução no processo da transpiração, assim como, no suprimento de CO₂ para a realização da fotossíntese (GOMES; PRADO, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009).

O estresse térmico por outro lado, induz alterações principalmente aos processos fisiológicos, ou seja, na fotossíntese, se as espécies forem tolerantes, mantém as taxas fotossintéticas estáveis mesmo em situações críticas, caso contrário apresenta diversas alterações como redução do ciclo, da área foliar, da estatura e apresenta modificações nos estágios fenológico da planta (RIBEIRO et al., 2012; SANTOS et al., 2011).

Sob condições naturais e no meio agrícola as plantas normalmente estão sujeitas a várias limitações, sobretudo a disponibilidade de água no solo resultante da variabilidade espaço-temporal das chuvas, que dificultam o desenvolvimento de espécies vegetais (SANTOS et al., 2010). Essas modificações são em grande parte decorrentes de alterações na circulação geral da atmosfera e suas interações com a Biosfera. Dentre os fenômenos que mais afetam essa variabilidade destacam-se o El Niño e La Niña, que se encontram relacionadas com as fases caracterizadas como fase quente (El Niño) e fria (La Niña) do Oceano Pacífico (FERREIRA, 2006). Esses episódios de El Niño e La Niña são considerados os causadores das diversas condições climáticas como secas e chuvas extremas e aumento de temperatura, sendo seus efeitos bastante variáveis de uma região para outra, e que resultam em perdas expressivas na produção agropecuária (PANTANO et al., 2011).

Sob condições de baixa disponibilidade de água, várias técnicas têm sido empregadas para uma maior otimização do uso, sobretudo, em condições semiáridas onde tem se destacado a cobertura morta sobre o solo. Essa técnica reduz a evaporação de água para a atmosfera, as variações de temperatura, possibilitando o controle térmico-hídrico da vegetação (LIMA et al., 2009), além de conservar a microbiota do solo, atraindo benefícios tanto para a planta quanto para o ambiente, podendo resultar em maior produção (SEDIYAMA et al., 2010).

Estudos das respostas das cultivares de palma às condições de déficit hídrico são bastante escassos, e praticamente inexistentes no que consiste a sua análise morfológica. Alguns registros foram feitos por Queiroz et al. (2015), Pereira et al. (2015) e Hernandez et al. (2004).

No caso da eficiência do uso da água tem se observado que as cultivares do gênero *Opuntia*, em condições de maior disponibilidade de água apresenta eficiência três vezes maior quando comparada a plantas C4 e cinco vezes em relação às C3 (NASCIMENTO, 2008). Apesar da alta eficiência do uso da água, a cobertura morta no solo pode melhorar ainda mais a sua resposta ao ambiente, uma vez que a mesma possibilita manter o conteúdo de água no solo elevado, aumento de biomassa e de nutrientes necessários para o crescimento da planta e reduzem a temperatura na superfície do solo (SILVA et al., 2011).

Para avaliar as respostas das cultivares de palma forrageira as condições de ambiente, vários autores propõem o uso de indicadores de crescimento que combinam informações de dados estruturais (TEOFILO et al., 2009; LUCENA et al., 2011), tais como área foliar e massa de matéria seca total (MST) e para a obtenção de características morfofisiológicas, por exemplo, área foliar específica (AFE); taxa assimilatória líquida (TAL); taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de crescimento absoluto (TCA) (BARBIERI JUNIOR et al., 2007; TEOFILO et al., 2009).

A área foliar é um parâmetro que se encontra inteiramente relacionado com a capacidade da planta em interceptar energia luminosa e usá-la no processo de fotossíntese. Por sua vez, a MST corresponde ao somatório de massas dos diversos órgãos que compõe uma planta (BARBIERI JUNIOR et al., 2007). A AFE é a razão entre a área foliar e a massa seca das folhas e constitui-se em um indicador relacionado com características morfológicas e anatômicas da área foliar (BRAGA, 2010; GOBBI et al., 2011). A TAL está relacionada com a eficiência do aparelho fotossintetizante no acúmulo de matéria seca. Quanto maior a fotossíntese líquida maior será o valor da taxa assimilatória líquida (ZUCARELI et al., 2010). A TCR corresponde ao aumento da matéria seca total por unidade de matéria seca existente por unidade de tempo (ZUCARELI et al., 2010). A TCA está relacionada com a variação no crescimento da planta entre duas amostragens ao longo do ciclo (BARBIERI JUNIOR et al., 2007). Dentre os índices morfofisiológicos citados, a TAL é considerada o indicador de maior importância para indicar o desempenho de crescimento e acúmulo de massa seca em espécies (PEIXOTO et al., 2012).

De maneira complementar e, no caso específico para a palma forrageira, o presente trabalho propõe estudar indicadores biofísicos como índice de distribuição de cladódios na planta (IDCP, %) que mostra a distribuição dos cladódios na planta; índice de volume de produção (IVP, m³ kg) que reflete o volume de ocupação da produtividade da cultura; e, da

mesma na superfície do solo (ICS); índice de distribuição da área fotossintetizante da planta (IDAF, %) que permite avaliar a distribuição e contribuição das diferentes ordens dos cladódios no índice da área do cladódio; assim como, a capacidade produtiva da cultura em função da área fotossintetizante disponível (PAL, kg m⁻²). Esses indicadores permitem relacionar a capacidade morfofisiológica da cultura com a sua capacidade produtiva. Estudos desta natureza não foram amplamente aplicados a palma forrageira.

Neste contexto as hipóteses levantadas no presente trabalho são: 1 - O uso da cobertura morta sobre o solo promove modificações nas características morfofisiológicas e estruturais das cultivares de palma forrageira, incrementando seu crescimento e a sua eficiência no uso da água. 2- As cultivares de palma forrageira possuem atributos morfogênicos e estruturais, os quais as conferem distintas capacidades de acúmulo de biomassa, quando submetidos a diferentes ambientes de crescimento. 3 - Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas permitem avaliar a resposta de cultivares da palma forrageira a diferentes condições microclimáticas.

Assim, o conhecimento das mudanças das características morfofisiológicas e biofísicas de cultivares de palma forrageira permitirá analisar o seu potencial de crescimento aos diferentes ambientes de crescimento e identificar fatores que mais influenciam de forma direta ou indireta no seu desempenho produtivo. Mesmo sendo bastante estudada, não existem dados suficientes sobre a interação destas cultivares com as diferentes condições ambientais. Essas informações passam a ser essenciais para compreender a relação solo-água-planta e as modificações do ambiente a serem adotado para a melhoria do desenvolvimento da palma forrageira.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, I. C. A.; QUEIROZ, G. A.; HONÓRIO, I. C. G.; VALADARES, R. V.; MARTINS, E. R. Prolina livre em alecrim-pimenta sob estresse hídrico antes da colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v. 13, p. 539-541, 2011.
- BARBIERI JUNIOR, D.; BRAGA, L. F.; ROQUE, C. G.; SOUSA, M. P. Análise de crescimento de *Hymenaea courbaril* L. sob efeito da inoculação micorrizica e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, MT, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2007.

BAJJI, M.; LUTTS, S.; KINET, J. M. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. **Plant Science**, p. 669 – 681, 2001.

BRAGA, N. S. **Avaliação fisiológica de sementes de pinhão manso**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2010.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009. 50 f. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Documentos, 89).

DESTRO, M. V. P.; SANTOS, D. M. M.; VOLLET, V. C.; MARIN, A.; BANZATTO, D. A. Estresse salino associado à aplicação exógena de espermidina no acúmulo de glicina betaína em Guandu. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 593-597, 2008.

DONATO, P. E. R. **Características morfológicas, de rendimento e nutricionais da palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco**. 2011. 135 f. Tese (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Itapetinga, BA, 2011.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; ARAUJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, 2010.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasileira**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

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

FERREIRA, D. B. **Relações entre a variabilidade da precipitação e a produtividade agrícola de soja e milho nas regiões sul e sudeste do Brasil**. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos, São Paulo, 2006.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMES, F. P.; PRADO, C. H. B. A. Ecophysiology of coconut palm under water stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 377-391, 2007.

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

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1503-1510, 2009.

LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; LOPES, A. R.; RODRIGUES, G. S. O. Medição de área foliar de aceroleira. Universidade Federal Rural do Semiárido. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of Plant Biology**, v. 59, n. 4, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, J. P. **Caracterização morfométrica e estimativa da produção de *Opuntia ficus-indica* Mill. sob diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo no semi-árido da Paraíba**. 2008. 47 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, 2008.

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

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA JÚNIOR, E. B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.

PANTANO, A. P.; DUARTE, A. P.; SILVA, D. F.; ROLIM, G. S.; CASER, D. V. Produtividade de milho, precipitação e ocorrência de ENOS na Região do Médio Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 146-157, 2011.

PEIXOTO, C. P.; MACHADO, G. S.; BORGES, V. P.; ALVES, E. C.; LEAL, G. M. F. Índices fisiológicos de soja hortaliça em duas épocas de semeadura no Recôncavo Sul Baiano. **Scientia Agrária Paranaensis**, Cruz das Almas, v. 11, n. 3, p. 56-67, 2012.

PEREIRA, J. R. Solos afetados por sais. In. CAVALCANTI, F. J. de A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**, 3ª Ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, p. 212, 2008.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184 - 195, 2015.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 931- 938, 2015.

RIBEIRO, G.; PIMENTE, A. J. B.; SOUZA, M. A.; ROCHA, J. R. A. S. C.; FONSECA, W. B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 18 n. 2- 4, p. 133-142, 2012.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In. RÔMULO S. C.; MENEZES, S.; DIOGO, A. S., EVERARD, V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil – conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFRPE, 2005. v. único, p. 105-128. 2005.

SANTOS, T. E. M.; SILVA, D. D.; MONTENEGRO, A. A. A. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco state. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1733-1741, 2010.

SANTOS, M. C. S.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F. Comportamento de clones de *Pennisetum* submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 229, p. 31-39, 2011.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, I. C.; SALGADO, L. T. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo de beterraba com cobertura morta e adubação orgânica. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 717-725, 2010.

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 539-551, 2011.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S.L.R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.866-875, 2012.

SOUSA, F. Q.; ARAÚJO, J. L.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; SANTOS, R. V.; LIMA, G. S. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 173-181, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 848 p. 2009.

TEOFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; LOPES, W. A. R.; VIEIRA, S. S. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 168-174, 2009.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. A. L.; SANTOS, M. V. F.; CAMARA, 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.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.5, p.827-831, 2009.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Recife, v. 31, p. 1313-1324, 2010.

CAPÍTULO 1 - MORFOGÊNESE DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB MODIFICAÇÃO DO AMBIENTE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a morfogênese de cultivares de palma forrageira em diferentes ambientes de crescimento sob modificação da disponibilidade hídrica e a inserção de cobertura morta sobre o solo. O experimento foi conduzido, entre abril de 2012 a março de 2014, em Serra Talhada, semiárido do Nordeste do Brasil. As cultivares IPA-Sertânia (IPA), Miúda (MIU) e Orelha de Elefante Mexicana (OEM) foram dispostas em blocos casualizados, com parcela subdividida e três repetições, submetidas a três condições de ambiente de crescimento: PIN: precipitação inferior à normal climatológica; PSN: precipitação superior à normal climatológica; e, PSNC: precipitação superior à normal climatológica, e com a adoção de cobertura morta sobre o solo. Os tratamentos foram aplicados a partir do oitavo mês após o corte. As características estruturais (altura e largura do dossel da planta, número de cladódios total e índice da área do cladódio) foram obtidas mensalmente e usadas no cálculo das taxas morfogênicas ao longo do tempo. Verificou-se que, os ambientes de crescimento afetaram a sazonalidade da morfogênese da palma forrageira ($p < 0,05$), apesar de não ter apresentado diferença nas taxas médias do ciclo durante o período de imposição dos tratamentos ($> 8^\circ$ mês). Antes disso, a cultivar Miúda apresentou maior taxa de crescimento da altura da planta (dAP/dt). O aumento do regime hídrico associado ao uso da cobertura morta sobre o solo incrementou a emissão de cladódios da MIU ($1,21 \pm 0,51$ unidades $mês^{-1}$) e promoveu antecipação da taxa de crescimento do índice da área do cladódio ($dIACt/dt$) para a OEM. Houve também antecipação da taxa de crescimento da altura (dAP/dt) e da largura (dLP/dt) para as três cultivares no ambiente PIN, e a IPA persistiu o incremento da sua dLP/dt no ambiente PSNC até o final do ciclo produtivo. A cultivar IPA apresentou as menores taxas de crescimento do índice da área do cladódio total ($dIACt/dt$) e de maneira mais tardia quando comparado as demais cultivares, independentemente do ambiente de cultivo.

Palavras-chave: cobertura morta sobre o solo, regime hídrico, Semiárido.

FORAGE CACTUS CULTIVARS MORPHOGENESIS UNDER GROWTH ENVIRONMENT MODIFICATION

ABSTRACT

The objective this work was to evaluate the forage cactus cultivars morphogenesis in different growing environments under modification of water availability and the insertion of mulch over the soil. The experiment was carried, between April 2012 and March 2014, in municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco, in the semi-arid Northeast of Brazil. The cultivars IPA-Sertânia (IPA), Miúda (MIU) and Orelha de Elefante Mexicana (OEM) were arranged in randomized blocks with subdivided parcel and three repetitions, subject to three conditions of growth environment: PIN: precipitation lower than the normal climatological; PSN: precipitation higher to normal climatological; and, PSNC: precipitation lower than the normal climatological; PSN: precipitation, and with the adoption of mulch over the soil. The treatments were applied from the eighth month after the cut. The structural characteristics (height and width of the plant canopy, cladode total number and cladode area index) were obtained on a monthly basis and used in the calculation of the morphogenetic rates over time. It was found that the growth environments affected forage cactus cultivars morphogenesis seasonality, despite having presented difference in average rates of the cycle during the period of imposition of the treatments (> 8th month). Before that, growing cultivar Miúda showed the highest growth rate of plant height (dPH/dt). The increase in the water regime associated with the use of mulch over the soil increased the cladode emission of the MIU (1.21 ± 0.51 units month⁻¹) and anticipation of the growth rate of the cladode area index (dIACT/dt) to the OEM. There was also anticipation of the height growth rate (dPH/dt) and width (dLP/dt) for the three cultivars in the environment PIN, and the IPA presented increase of your dLP/dt at PSNC environment until the end of the production cycle. The cultivar IPA presented the lowest growth rates of the cladode area index (dIACT/dt) and later compared the other cultivars, regardless of the environment.

Keywords: mulch on the soil, water regime, Semi-arid.

1 INTRODUÇÃO

O déficit hídrico elevado do Semiárido dificulta o desenvolvimento e crescimento das plantas. Nesse tipo de ambiente, espécies cactáceas, como a palma, sobressaem-se (NOBEL; ZUTTA, 2008; NEDER et al., 2013), uma vez que toleram períodos de menor disponibilidade hídrica a partir de modificações anatômicas e bioquímicas, bem como de natureza morfofisiológica (GERONIMO, 2014; SEIXAS et al., 2015).

A morfofisiologia refere-se ao crescimento e desenvolvimento da estrutura da planta, sendo base de estudo da morfogênese (SANTOS, 2007; MOREIRA, 2013), e é determinada a partir de dados estruturais (i.e. altura e largura do dossel) ou de biomassa. Esse processo é descrito na forma de taxas de incremento (i.e. dW/dt), que são influenciadas pelas condições ambientais impostas à planta (CUNHA et al., 2012). Segundo Barbosa et al. (2013), essa técnica mostra a capacidade de acúmulo de matéria seca pela planta e seu ajuste a diferentes ambientes de crescimento.

No meio agrícola, inúmeras são as modificações do ambiente de cultivo que promovem alterações na morfologia das plantas; dentre essas, a reposição artificial de água (irrigação) e o uso de cobertura morta sobre o solo são as principais práticas para o ambiente Semiárido, onde na escassez hídrica são fatores limitantes à produção. O estresse hídrico promove redução da área foliar da planta, fechamento dos estômatos, assim como senescência acelerada (TAIZ; ZEIGER, 2009; ARAÚJO FILHO et al., 2013). A salinidade promove alterações no potencial osmótico da planta, assim como desequilíbrio nutricional e redução do seu crescimento e da produtividade da cultura (SAMPAIO 2005; SANTANA et al., 2009; MESQUITA et al., 2012). Por sua vez, a cobertura morta sobre o solo traz benefícios para planta e meio de cultivo, logo que, consegue reduzir a transferência de água para a atmosfera e manter o solo úmido e rico em nutrientes (CARVALHO et al., 2011; OLIVEIRA NETO et al., 2011), além disso, proporciona menor variação na temperatura do solo, incidência de plantas espontâneas (SILVA et al., 2011), maior crescimento e produtividade da cultura quando comparado ao solo desnudo (RESENDE et al., 2005).

Estudos direcionados a morfogênese da palma forrageira, sob condições ambientais de crescimento distintos, ainda são incipientes. É comum encontrar trabalhos na literatura, voltados para a avaliação de características morfogênicas e estruturais de gramíneas, visando avaliar a influência do manejo (altura de corte da planta, adubação, intensificação de desfolha, etc.) nas características estruturais (número de folhas em expansão, altura e largura do dossel das plantas, etc.) e morfogênicas (taxas de aparecimento e alongamento de folhas, duração de vida das folhas, etc.), de espécies como *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk* (SANTOS et al.,

2011), capim Tanzânia (RESENDE JÚNIOR, 2011), capim-tifton 85 (PEREIRA et al., 2011), capim-braquiária (MARTUSCELLO et al., 2006).

As características estruturais como altura e largura do dossel, índice da área do cladódio e o número de cladódios total são essenciais para a análise da capacidade produtiva da palma forrageira. Silva et al. (2010) verificaram que a altura e largura do dossel expressam a capacidade produtiva de clones de palma forrageira. Neder et al. (2013) citam que o número de cladódios e a espessura dos mesmos foram as que mais apresentaram efeito direto sobre a produção de matéria verde, enquanto, Pinheiro et al. (2014), em estudo realizado com três clones de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de elefante mexicana) em condições de sequeiro no Semiárido, observaram que as características morfológicas que mais influenciam o rendimento da palma forrageira foram o número de cladódios total e o índice da área do cladódio. Por sua vez, Donato (2014) afirma que o índice da área do cladódio é uma importante característica estrutural, logo que determina a interceptação de radiação pela planta. Assim, a análise dessas características ao longo do tempo pode ser uma valiosa informação para melhoria da compreensão da resposta da cultura à diferentes ambientes de cultivo.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar a morfogênese de características do dossel de cultivares de palma forrageira dos gêneros *Nopalea* e *Opuntia* sob modificação do ambiente de crescimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área experimental usada nesse estudo pertence ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Serra Talhada- (latitude: 7°59'S, longitude: 38°15'O e altitude: 431 m), situado na região semiárida da microrregião do Vale do Pajeú, que se caracteriza por um clima do tipo BSw^h, conforme a classificação de Koppen, com temperatura média do ar de 25,8°C e umidade relativa do ar em torno de 62,7% (MEDEIROS et al., 2005; SILVA et al., 2007), apresentando ampla variação dos níveis de chuvas entre os meses quentes e frios, que totalizam em média 667,2 mm ano⁻¹, com base nos dados históricos acima de 30 anos de sete estações pluviométricas pertencentes a Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico franco arenoso (EMBRAPA, 2006). O período experimental compreendeu abril de 2012 a março de 2014, quando foram observadas redução dos níveis de chuva e elevação das temperaturas do ar em relação à normal climatológica local.

O plantio da palma forrageira foi realizado em fevereiro de 2010, com espaçamento de 1,6 x 0,2 m, sendo enterrado 50% do cladódio no solo. Após o plantio, durante os dois primeiros

anos, a cultura foi totalmente conduzida sob sequeiro, sendo colhida em abril de 2012, deixando-se apenas os cladódios basais. Nessa ocasião foi dado início ao período experimental da presente proposta. É importante destacar que nos primeiros sete meses (entre abril e novembro de 2012), a cultura foi mantida em condições de sequeiro, passando, a ser irrigada a partir de dezembro 2012 até o momento da última colheita, em março de 2014, quando resultou num ciclo de dois anos.

As cultivares IPA-Sertânia (*Nopalae*), Miúda (*Nopalae*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*) (subparcelas) foram submetidos a três condições de ambiente de crescimento (parcelas) (PIN: precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano⁻¹; PSN: precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹; e, PSNC: precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo), dispostos em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 3x3, com parcela subdividida.

O experimento foi composto por nove tratamentos com subparcelas (unidade experimental) de quatro fileiras de 20 plantas cada uma, totalizando 27 subparcelas. Cada unidade experimental possui 25,6 m² (4x 6,4 m) de área total, sendo 10,24 m² (3,2 x 3,2 m) de área útil. Correspondendo a uma área total de 691,2 m².

As condições de PSN e PSNC foram impostas a partir de eventos de irrigação com base em 35% da evapotranspiração de referência, enquanto que, a cobertura morta sobre o solo foi feita com o uso de restos de ervas espontâneas presentes em torno da área experimental, equivalente a 18 t ha⁻¹. A evapotranspiração de referência foi calculada diariamente por meio do método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN, 1998).

Os eventos de irrigação foram realizados, duas vezes por semana, por meio de um sistema de gotejamento, com gotejos espaçados em 0,4 m, ou seja, duas plantas por gotejo. A água utilizada para a irrigação foi captada do Açude Saco, situado no próprio IPA, cuja condutividade elétrica variou entre 1,1 dS m⁻¹ a 1,6 dS m⁻¹. A aplicação do regime hídrico foi iniciada apenas em dezembro de 2012, oito meses após a colheita do primeiro ciclo produtivo da cultura.

Ao longo do ciclo, a cultura foi submetida aos tratos culturais de limpeza manual, controle de pragas e de ervas daninhas, bem como a realização de adubações, com a formulação comercial 14-0-18 (N: P:K), em média a cada 1,5 mês.

As variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do ciclo da palma forrageira, por meio de uma estação automática situada a 1700 m da área experimental. Essa estação é pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

As características estruturais foram obtidas mensalmente pelas medidas lineares do comprimento, largura, espessura e perímetro dos cladódios de ramificações representativas de três plantas por repetição de cada tratamento, onde também foi registrado a altura e largura do dossel; número e ordenamento por cladódios, totalizando 13 campanhas biométricas. Todas as medidas biométricas foram obtidas com o auxílio de fitas métricas e paquímetros. Por meio desses dados foram estimados os valores de índice de área do cladódio, usando modelos matemáticos específicos para as três cultivares, o número de cladódios por ordem e espaçamento de plantio (1,6 x 0,2 m).

Os dados estruturais medidos ao longo do tempo foram usados para a determinação de características morfogênicas (taxa de crescimento da altura e largura da planta, taxa de emissão de cladódios por ordem e taxa de crescimento do índice de área do cladódio por ordem e total). Para isso, foram ajustados modelos matemáticos, utilizando como variáveis independentes dias após corte, por meio do software Sigmaplot, v.10. Os modelos e seus parâmetros foram analisados quanto a sua significância por meio dos testes de Student t e F ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, estes modelos foram derivados, utilizando o software Maple 2010, de modo que os resultados representaram as características morfogênicas. A taxa de crescimento foi obtida em escala diária e, em seguida, expressa mensalmente.

Os valores médios mensais das taxas de incremento do crescimento das plantas foram comparados entre os diferentes ambientes de cultivo e cultivares de palma forrageira, por meio de análise de variância, e quando necessário teste de média de Tukey, ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS

O ambiente de crescimento afetou a sazonalidade do crescimento das cultivares de palma forrageira ($p < 0,05$), apesar de não ter apresentado diferença nas taxas médias do ciclo, para algumas características ($p > 0,05$).

Nos sete primeiros meses de ciclo, ainda em condição de sequeiro, as taxas médias de crescimento da largura ($dLP/dt \sim 2,92 \pm 1,31 \text{ cm mês}^{-1}$), do número de cladódio total ($dNCT/dt \sim 0,57 \pm 0,38 \text{ unidade}$) e do índice de área do cladódio ($dIACT/dt \sim 0,02 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$) não foram diferentes entre as cultivares na condição sequeiro (PIN). Mas, percebeu-se que a variação ao longo do tempo foi alterada a depender da cultivar (Figuras 1 e 2).

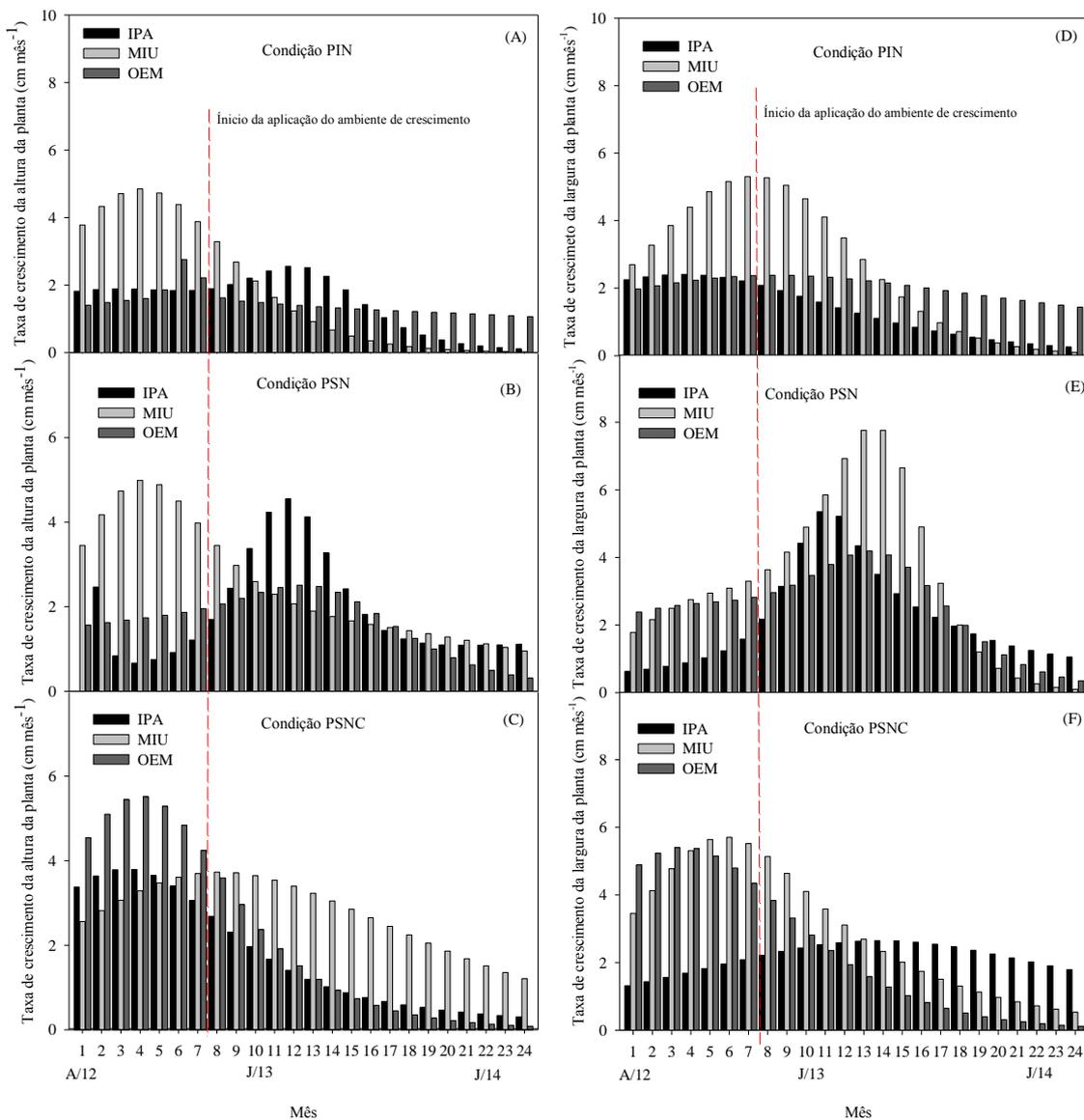


Figura 1. Taxa de crescimento da altura (dAP/dt) e da largura (dLP/dt) de cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano^{-1} (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano^{-1} (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano^{-1} , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha^{-1}) (PSNC); durante 24 meses de crescimento

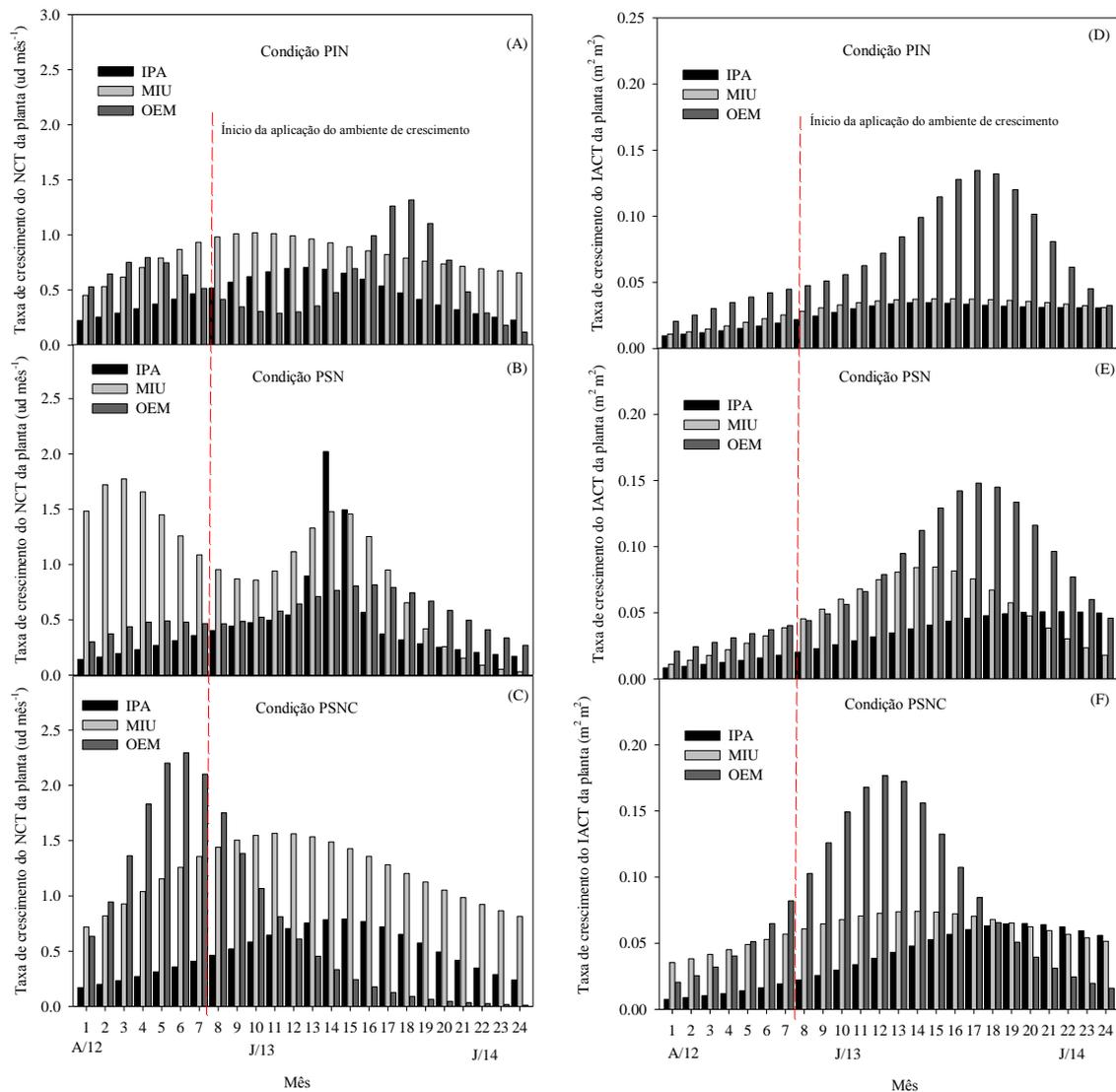


Figura 2. Taxa de crescimento do número de cladódios total ($dNCT/dt$) e do índice da área de cladódio total ($dIACT/dt$) das cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano^{-1} (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano^{-1} (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano^{-1} , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha^{-1}) (PSNC), durante 24 meses de crescimento

Todavia, a Miúda (MIU) apresentou maior desempenho da taxa de crescimento da altura quando comparada aos demais cultivares na fase inicial, quando todas foram sujeita à condição de sequeiro (Figura 1 A, Tabela 1).

Tabela 1. Taxa de crescimento da altura (dAP/dt) de clones de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica (PIN), nos primeiros sete meses de ciclo, no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro.

Taxas Morfogênicas				
Variável	Ambiente	IPA	MIU	OEM
dAP/dt	PIN	1,858 b	4,382 a	1,836 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Após a aplicação da reposição artificial de água e a inserção do uso da cobertura morta (PSN e PSNC) sobre o solo, a partir do oitavo mês de cultivo, a MIU persistiu com suas taxas de crescimento até o final do ciclo produtivo (Figura 1B e 1 C) com maiores magnitudes no ambiente PSNC (Figura 1C).

A tendência das maiores taxas de crescimento de altura da IPA (IPA Sertânia) nos ambientes PIN e PSN foi verificada na transição entre os dois anos do ciclo (Figura 1A e 1B) com destaque para essa última condição (Figura 1B) semelhante ao que ocorreu para a cultivar OEM (Orelha de Elefante Mexicana), porém com magnitudes menores de suas taxas de crescimento.

Na condição de maior regime hídrico sem o uso da cobertura morta sobre o solo (PSN), as maiores magnitudes da taxa de crescimento da largura (dLP/dt) da planta (Figura 1E) foram evidenciadas na transição do primeiro para o segundo ano do ciclo nas três cultivares, enquanto para os dois outros ambientes (PIN e PSNC) (Figura 1 D e 1F) isso ocorreu no primeiro ano do ciclo, com magnitudes de crescimento inferiores à condição PSN. Nesse ambiente, a IPA obteve maiores magnitudes quando comparada com a condição PIN para o segundo ano do ciclo produtivo (Figura 1D e 1E), embora na condição PSNC as taxas dessa cultivar tenha persistindo até o final do ciclo (Figura 1F).

A tendência das maiores emissões da dNCT/dt para a MIU e a IPA foram evidenciadas no ambiente PSNC (Figura 2C) desde o início da aplicação do regime hídrico associado ao uso de cobertura morta sobre o solo as quais persistiram até o final do ciclo, semelhante ao

verificado na condição PIN, porém com magnitudes de crescimento menores (Figura 2 A). Para a IPA, a tendência das taxas de emissão de cladódios foi semelhante nos três ambientes de crescimento (Figura 2A, 2B e 2C), embora maiores valores tenham persistido até o final do ciclo nas condições PIN e PSNC (Figura 2A e 2C). A OEM mostrou antecipação das maiores magnitudes de emissão de cladódios no ambiente PSNC (Figura 2C).

A $dIACt/dt$ apresentou maiores valores no segundo ano do ciclo produtivo, com destaque para a OEM, todavia na condição de maior regime hídrico e com cobertura morta sobre o solo houve antecipação da taxa de crescimento (Figura 2F). Entre as cultivares *Nopalea*, a IPA possuiu tendência mais tardia quando comparada à MIU, nos ambientes PSN e PSNC (Figura 2E e 2F), mas com maiores magnitudes quando comparada à condição PIN. Nesse tipo de ambiente (PIN), percebeu-se que as magnitudes de $dIACt/dt$ das cultivares do gênero *Nopalea* variaram menos, com menores magnitudes e persistiram até o final do ciclo (Figura 2D).

4 DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que, as cultivares de palma forrageira apresentaram ajustes morfológicos da arquitetura do dossel das plantas devido à modificação do ambiente de crescimento, sobretudo nos momentos de ocorrência das maiores taxas de crescimento.

A cultivar Miúda na fase inicial (sete primeiros meses) quando submetida apenas a condição PIN apresentou diferença significativa para a taxa de crescimento da altura, apresentando as maiores magnitudes quando comparadas com as demais cultivares na mesma condição ambiental. Esses resultados iniciais foram diferentes do encontrado por Pereira et al. (2015), avaliando a morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento na região Semiárida; nesse estudo os autores encontraram maiores magnitudes de crescimento da altura para as cultivares IPA Sertânia e OEM até o final do ciclo. Os autores ainda relataram que essas cultivares apresentam maior potencial de adaptação a condições com menor disponibilidade de regime hídrico. Vale ressaltar, que mesmo após a aplicação do regime hídrico e da inserção da cobertura morta sobre o solo a partir do oitavo mês de cultivo, a cultivar MIU apresentou destaque na taxa de crescimento da altura, porém não se diferenciou dos outros dois clones.

As taxas da largura da planta, do número de cladódios total e do índice de área do cladódio, embora tenham apresentado mudanças na sua sazonalidade (dLP/dt e $dNCT/dt$, $dIACt/dt$), não foram afetadas pelos fatores ambiente de crescimento e cultivar, o que pode está associada a capacidade de ajuste da planta às condições de cultivo. Queiroz (2014) afirma

que esses ajustes estão associados à plasticidade fenotípica, que é vista como um mecanismo de adaptação das espécies, variando ao longo do tempo.

A palma forrageira apresenta baixo índice de área do cladódio, quando comparada a espécies leguminosas, o que se deve a características intrínsecas da espécie que dependem da cultivar analisada e de qualidades da morfologia voltadas para a emissão, tamanho, formato e distribuição dos cladódios (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2010; PINHEIRO et al., 2014). O $dIACt/dt$ aumentou mais no segundo ano do ciclo, o que está associada a maior emissão de cladódios de segunda e terceira ordem para a OEM e a IPA, e de terceira ordem para a MIU. Além disso, pode estar relacionado com o regime hídrico nos primeiros sete meses de experimento (entre abril e novembro de 2012), logo que a cultura foi mantida em condições de sequeiro, passando a receber os eventos de irrigação apenas a partir de dezembro de 2012. Antes, a disponibilidade de água foi baixa em decorrência dos baixos eventos de chuva ocorridos no ano de 2012.

Apesar de a MIU ter mostrado maior número de cladódios (Figura 2A, 2B e 2C), percebeu-se que a sua $dIACt/dt$ não foi superior aos demais cultivares, o que está associado ao menor tamanho da área dos seus cladódios. Tendência semelhante foi encontrada por Silva et al. (2015) e Cavalcante et al. (2014) para a mesma cultivar. Logo para a IPA, Leite (2009) e Pinheiro et al. (2014) afirmam que essa cultivar não emite grandes quantidades de cladódios, porém seu hábito de crescimento possibilita melhor aproveitamento da radiação solar e maior desenvolvimento dos cladódios. A OEM apresentou maior $dIACt/dt$ (Figura 2 D, 2E e 2F), o que induz ao maior acúmulo de biomassa em ambiente Semiárido (PINHEIRO et al., 2014).

As três cultivares apresentaram variação para o número da emissão de cladódios. Para a condição PSNC, a MIU apresentou a maior taxa de emissão de cladódios, diferindo das outras duas cultivares, devido o maior número de cladódios emitidos de quarta, quinta e sexta ordem (Figura 2 C). Resultados análogos foram obtidos por Sales et al. (2009) e Leite (2009) no Semiárido do Estado da Paraíba. No entanto, a IPA apresentou maior número de cladódios de segunda ordem, quando comparada com a MIU, e a OEM se sobressaiu em relação aos cladódios de primeira ordem.

O aumento do regime hídrico favoreceu o incremento das taxas da emissão do número de cladódios total ($dNCT/dt$) para a cultivar Muída, além de promover alterações na variação ao longo do tempo, o que pode estar relacionada a melhoria do regime térmico-hídrico do solo.

Segundo Segantini (2010), Silva (2009) e Miranda e Silva (2010), a maior emissão de cladódios secundários se deve ao maior número de cladódios primários; esse considerado o responsável pelo aumento da emissão de novos cladódios. Por sua vez, os cladódios primários

são originados apenas de um cladódio, o basal. Outra justificativa para a maior emissão de cladódios de segunda ordem se deve a sua posição mais apical da planta, quando comparados aos primários, recebendo maior incidência de radiação solar, e possuindo maiores áreas de interceptação.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o ambiente de crescimento influenciou a sazonalidade da morfogênese de características estruturais da palma forrageira. A cultivar Miúda apresentou maiores magnitudes da taxa de crescimento da altura nos primeiros sete meses na condição sequeiro, ao passo que, quando foi inserida a reposição artificial de água e o uso da cobertura morta sobre o solo essa cultivar mostrou persistência de suas taxas de crescimento. A melhoria do regime hídrico do solo com a inserção da cobertura morta promoveu antecipação das maiores taxas de crescimento do índice de área do cladódio para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana. A IPA Sertânia possuiu as maiores taxas de crescimento da altura no ambiente com maior regime hídrico quando comparada com as demais cultivares.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome**, 1998.
- ARAÚJO FILHO, J. T.; PAES, R. A.; AMORIM, P. L.; COMASSETTO, F. F. Características morfológicas e produtivas da maniçoba cultivada sob lâminas hídricas e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 4, 2013.
- BARBOSA, M. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. G.; LIMA, A. L. A.; SOUZA, C. A. A. Crescimento Inicial de Espécies Ocorrentes no Semiárido Brasileiro: Biomassa, Biometria e Análise Morfogênica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 06, n. 03, 2013.
- CARVALHO, J. F.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 256-263, 2011.
- CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária e Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

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

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**, Recife, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 306 p. 2006.

GERONIMO, G. Z. **Características morfofisiológicas e agrupamento genético de cana-de-açúcar sob deficiência hídrica**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014.

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

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.

MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA JUNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.

MESQUITA, F. O.; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. L. Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 35, n. 1, p. 222-239, 2012.

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

MOREIRA, J. A. S. **Características morfogênicas, estruturais e produtivas de acessos de capim- buffel**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe, 2013.

NEDER, D. G.; COSTA, F. R.; 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, n. 3, 2013.

NOBEL, P.S.; ZUTTA, B. R. Temperature tolerances for stems and roots of two cultivated cacti, *Nopalea cochenillifera* and *Opuntia robusta*: Acclimation, light and drought. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 72, n. 5, p. 633-642, 2008.

OLIVEIRA NETO, D. H.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CEDDIA, M. B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 330-334, 2011.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, p. 71-76, 2007.

PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 9, p. 1870-1878, 2011.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184 - 195, 2015.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

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

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**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, 2005.

RESENDE JÚNIOR, A. J. **Morfogênese, acúmulo de forragem e teores de nutrientes de Panicum maximum cv. Tanzânia submetido a diferentes severidades de desfolhação e fertilidades contrastantes**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo. 2011.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. M. V.; VIANA, B. L.; LEON, M. J.; SOLIS, A. M. Adaptation potential of cactus pear to soil and climatic conditions of the Semi-Arid in Paraíba State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 811, p. 395-400, 2009.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 258, 2005.

SANTANA, M. J.; SILVEIRA, A. L.; VIEIRA, T. A. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 443-450, 2009.

SANTOS, L. C. **Morfogênese, características estruturais e produtivas de Branquiárias com diferentes adubações**. 2007. 61 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2007.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BRAZ, T. G. S.; SILVA, S. P.; GOMES, V. M.; SILVA, G. P. Características morfológicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 535-542, 2011.

SEIXAS, A. A.; GOMES, V. M.; SERAFIM, V. F.; VIANA, W. A. **Déficit hídrico em plantas forrageiras - revisão de literatura**. Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES 2015.

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

SILVA, N. G. M. **Avaliação de características morfológicas e comparação de métodos de estimativas de índice de área de cladódio na palma forrageira**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2009.

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.4, p.539-551, 2011.

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

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 848 p. 2009.

CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E BIOFÍSICAS DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB MODIFICAÇÃO DO AMBIENTE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Objetivou-se analisar as características morfofisiológicas e das propriedades biofísicas de cultivares de palma em resposta a modificações do ambiente de crescimento. O experimento foi conduzido no Instituto Agronômico de Pernambuco, em Serra Talhada, PE. As cultivares estudadas foram a IPA-Sertânia (*Nopalea*), Miúda (*Nopalea*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*) foram dispostas em blocos casualizados, três repetições, com parcela subdividida, submetidos a três condições de ambiente de crescimento: PIN: precipitação inferior à normal climatológica (“667,2 mm ano⁻¹”); PSN: precipitação superior à normal climatológica; PSNC: precipitação superior à normal climatológica, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo. Características estruturais foram obtidas ao longo do tempo e a biomassa na ocasião da colheita. A partir dos dados estruturais foram calculados índices morfofisiológicos e índices biofísicos. Com os resultados, verificou-se que a modificação do ambiente de cultivo e os tipos de cultivares não influenciaram nas taxas de acúmulo absoluto e relativo, e na produtividade líquida com valores médios de $0,50 \pm 0,25 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, $0,21 \pm 0,06 \text{ t t}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ e $1,176 \pm 0,76 \text{ kg m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$, nessa ordem. A OEM é a cultivar que possui cladódios mais finos em condição de sequeiro. A MIU, no ambiente PSNC, apresentou maior emissão de cladódios de ordens superiores a 3^a, resultando em plantas com maior volume de ocupação da matéria seca. Além disso, nesse ambiente houve incremento da contribuição dos cladódios de 2^a e 3^a ordem nas cultivares OEM e MIU, na estrutura do dossel e na área fotossintetizante da planta.

Palavras-chave: índice da área de cladódio, reposição artificial de água, Semiárido.

CACTUS PEAR CULTIVARS MORPHPHYSIOLOGIC AND BIOPHYSICAL CHARACTERISTICS ON GROWTH ENVIRONMENTAL MODIFICATION

ABSTRACT

The objective was to analyze the morphphysiologic characteristics and biophysical properties of forage cactus cultivars in response to growth environmental changes. The experiment was carried in Serra Talhada, State of Pernambuco. The cultivars IPA-Sertânia (*Nopalea*), Miúda (*Nopalea*) and Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*) were studied, being arranged in randomized blocks, three repetitions, with plot subdivided, subject to three growth environment conditions: PIN: water regime below the normal climatological; PSN: water regime higher than the normal climatological; and, PSNC: water regime higher than the normal climatological, and with the adoption of mulch over the soil. Structural characteristics were obtained over time and biomass at the time of harvest. From the structural data were calculated morphphysiologic and biophysical indexes. It was found the growth environment modification and the types of cultivars did not influence on the absolute and relative accumulation rates, and net productivity with average values of $0.50 \pm 0.25 \text{ t ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$, $0.21 \pm 0.06 \text{ t t}^{-1} \text{ month}^{-1}$ and $0.76 \pm 1.176 \text{ kg m}^{-2} \text{ month}^{-1}$, respectively. The OEM was variety which has thinner cladode in rainfed condition. In the PSNC environment, the MIU presented higher cladode emission of orders over third, resulting in plants with greater dry matter occupation volume. In addition, in this environment there was increasing the cladode contribution of second and third order in the cultivars OEM and MIU on plant canopy structure and photosynthetic area.

Keywords: cladode area index, artificial water replacement, semi-arid.

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro apresenta alta variabilidade espaço-temporal das chuvas e elevada demanda atmosférica (SANTOS et al., 2010), as quais induzem a busca de técnicas de produção para atender as necessidades dos animais, sobretudo nos períodos de estiagem. Assim, genótipos mais resistentes às condições edafoclimáticas locais são bastante usados; exemplo disso, a palma apresenta ótimo potencial forrageiro (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014).

A palma (*Opuntia* e *Nopalea*) é uma planta eficiente no uso da água (GALIZZI et al., 2004; DUBEUX JUNIOR et al., 2006), que possui mecanismo MAC (Metabolismo Acido das Crassuláceas). Espécies MAC abrem os seus estômatos nos momentos em que há predominância de menores magnitudes do déficit de pressão de vapor d'água, resultando assim em menor transferência de água para a atmosfera (CONSOLI et al., 2013), e maior tolerância a ambientes com altas temperaturas e déficit hídrico no solo (NOBEL; ZUTTA, 2008).

A baixa disponibilidade de água no solo induz modificações morfofisiológicas às plantas (CAVALCANTE et al., 2009; SEIXAS, 2015), gerando mecanismos de tolerância à diferentes ambientes, como aumento da espessura da estrutura epidérmica, o número de tricomas, assim como o número de estômatos da planta (CASTRO et al., 2009; LINO, 2011).

Assim, a análise de crescimento permite avaliar a produção biológica das plantas, por meio de ajustes a distintas condições ambientais (BENINCASA 2003; SILVA et al., 2011). Nessa técnica, medidas biométricas e de biomassa repetidas no tempo e modelos matemáticos permitem descrever o crescimento da cultura, e a partir deles é possível obter a taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e área foliar específica, conforme descrito por Silva et al. (2009). Esses indicadores foram aplicados para outras culturas como feijoeiro (BRS Radiante e Pérola) (TEIXEIRA et al., 2015), mamoeiro (LIMA et al., 2007), cana-de-açúcar (SILVA et al., 2015) abacaxi (SOUZA et al., 2007), jatobá (BARBIERI JUNIOR et al., 2007), permitindo avaliar a capacidade de acúmulo de longo do tempo. Enquanto que para a palma forrageira, Queiroz (2014), avaliou o efeito de lâminas de irrigação para a *Opuntia stricta*, entretanto não estudou a sazonalidade da morfofisiologia da palma e Almeida (2011), estudando o manejo de adubação orgânica e, ou, mineral para a *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. cv. “Gigante”, e *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dick cv. “Doce”, em condições de sequeiro, aplicaram esses índices morfofisiológicos.

Além dos índices morfofisiológicos que são tradicionais na análise de crescimento de plantas, indicadores biofísicos podem ser aplicados especificamente para a palma forrageira são os índices biofísicos como índice de distribuição da área fotossintetizante da planta (IDAF), índice de distribuição dos cladódios da planta (IDCP), índice de volume de produção de

biomassa (IVP), índice de cobertura do solo (ICS) e produtividade de assimilação líquida (PAL). Esses parâmetros complementam os anteriores, e segundo Queiroz et al. (2015) permitem avaliar a distribuição e contribuição das diferentes ordens dos cladódios no índice da área do cladódio (IDAF); assim como mostra a distribuição dos cladódios na planta (IDCP), levando em consideração o volume de ocupação da produtividade da cultura (IVP) e da mesma na superfície do solo (ICS), assim como a capacidade produtiva da cultura em função da área fotossintetizante disponível (PAL).

O entendimento das alterações morfofisiológicas da palma forrageira deve ser atrelado à modificação do ambiente de cultivo. Essa espécie comumente é conduzida em condições de sequeiro com duração bienal do ciclo produtivo. E modificações do seu sistema de produção com o aumento do regime hídrico e inserção de cobertura morta sobre o solo são práticas comuns.

Essas práticas são comumente usadas, sejam elas isoladas ou conjugadas, para diversas culturas como milho (PARIZI et al., 2009), capim elefante e sorgo (FERREIRA et al., 2012; VALE ; AZEVEDO 2013); cenoura (SANTOS et al., 2011); girassol (SCHWERZ et al., 2015); alface (OLIVEIRA et al., 2008) e beterraba (SEDIYAMA et al., 2010), assim como para a palma forrageira (QUEIROZ, 2014). A aplicação de eventos de irrigação em palma forrageira no Semiárido brasileiro foi estudada por Queiroz (2014) que constatou que as diferentes lâminas de água aplicadas não promoveram alterações significativas no crescimento e na produtividade da palma forrageira. Contudo, os resultados indicaram uma tendência de que lâminas na faixa entre 1048 a 1096 mm, em base anual, promovem melhores respostas da cultura. Vale salientar que o autor aplicou esses indicadores apenas para a Orelha de Elefante Mexicana. Por sua vez, o uso de cobertura morta associado à irrigação promove benefícios tanto para a planta como para o ambiente, proporcionando antecipação da taxa de crescimento do índice da área do cladódio da *Opuntia stricta* e persistência das taxas de crescimento da altura e do número de cladódios total para a Miúda, possibilitando assim maiores incrementos no seu desenvolvimento, bem como na sua produção de matéria seca.

Neste contexto, o objetivo do trabalho é avaliar as mudanças das características morfofisiológicas e das propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira em resposta a modificações do ambiente de crescimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Serra Talhada, na área experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na região semiárida do Vale do Pajeú, com altitude de 431 m, latitude 7° 59' S e longitude 38° 15' O com dados coletados no período de abril de 2012 a março de 2014.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw_h, com precipitação média anual de 667,2 mm ano⁻¹, com base nos dados históricos acima de 30 anos coletados de sete estações pluviométricas pertencentes a Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC, com temperatura média 25,8°C e umidade relativa do ar em torno de 62,7% (MEDEIROS et al., 2005; SILVA et al., 2007). De acordo com a Embrapa (2006), o solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico franco arenoso.

A área experimental foi implantada em fevereiro de 2010, com espaçamento de 1,6 x 0,2 m, enterrando 50% do cladódio no solo. Após o plantio, durante os dois primeiros anos, a cultura foi totalmente conduzida sob sequeiro, sendo colhida em abril de 2012, deixando-se apenas os cladódios basais. Nessa ocasião foi dado início ao período experimental da presente proposta. Nos primeiros sete meses (entre abril e novembro de 2012), a cultura foi mantida em condições de sequeiro, passando, a ser irrigada a partir de dezembro 2012 até o momento da nova colheita, em março de 2014, quando resultou num ciclo de dois anos.

Os tratamentos foram baseados em três cultivares de palma, as cultivares IPA-Sertânia (*Nopalea*), Miúda (*Nopalea*), e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*) que corresponderam às subparcelas. O delineamento utilizado foi o bloco ao acaso, contendo três repetições, em arranjo fatorial 3x3, com parcela subdividida, submetidos a três condições de ambiente de crescimento compreendendo as parcelas. A primeira condição de ambiente imposta foi denominada de precipitação inferior à normal climatológica (PIN), nesta condição as cultivares receberam de água o equivalente a 309 mm ano⁻¹; a segunda condição foi nomeada de precipitação superior à normal climatológica (PSN), as cultivares receberam 911 mm ano⁻¹ de água; e a terceira condição foi chamada de precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (PSNC).

A segunda e a terceira condição de ambiente descrita (PSN e PSNC) foram realizadas por meio do uso de irrigação com base em 35% da evapotranspiração de referência (ET_o), enquanto que, o uso da cobertura morta sobre o solo na terceira condição foi feita com o uso de restos de ervas daninhas de áreas adjacentes, sendo utilizado o equivalente de 18 t ha⁻¹. A ET_o foi estimada pelo método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

A área total do experimento foi de 691,2 m², onde cada parcela apresentou 25,6 m² (4x 6,4m) de área total, sendo 10,24 m² (3,2 x 3,2m) de área útil. O ensaio foi composto por nove tratamentos com subparcelas de quatro fileiras contendo 20 plantas cada uma, totalizado 27 subparcelas.

A irrigação foi realizada por gotejamento, com gotejo espaçados a 0,2 m, duas vezes por semana, com água disponível do Açude Saco, localizado no próprio IPA, apresentando condutividade elétrica entre 1,1 dS m⁻¹ a 1,6 dS m⁻¹ ao longo do período experimental.

Durante todo o período experimental foram realizadas práticas culturais de limpeza, controle de pragas, ervas espontâneas e adubações com a formulação comercial 14-0-18 (N:P:K).

Medidas biométricas do cladódio basal do início do ciclo, imediatamente após o corte da cultura, 13 mensurações realizadas mensalmente a partir de março de 2013, e dados de biomassa ao final do ciclo foram usados na estimativa de índices morfofisiológicos e das propriedades biofísicas.

Nas campanhas biométricas, mensurou-se comprimento, largura, espessura e perímetro dos cladódios de ramificações representativas de três plantas por subparcela experimental. Além disso, mediu-se a altura e largura do dossel da planta, número de cladódios total por planta e por ordem de surgimento. Para isso, foram utilizados fita métrica e paquímetro.

Na biomassa foram pesadas as plantas da área útil, e uma amostra de cinco cladódios do terço médio de cada parcela experimental, foram fragmentados e acondicionados em sacos de papel, devidamente identificados e encaminhados para estufa de ventilação forçada a 65°C, até obtenção de peso constante. Esses procedimentos foram descritos por Silva et al. (2015) e Silva et al. (2014).

Com os dados biométricos foram estimados valores do índice de área do cladódio (IAC, m² m⁻²), conforme procedimentos descritos por Silva et al. (2014) e Pinheiro et al. (2014). Essa estimativa foi feita para o início do período experimental (primeiro dia após o corte) e para as datas das 13 campanhas. Os dados de IAC foram usados na estimativa da matéria seca acumulada pela cultura (W, t ha⁻¹), a partir de equações matemáticas previamente geradas. A diferença relativa entre os valores estimados e observados do final do ciclo foram extraídos dos dados estimados para as demais datas, resultando nos valores de produtividade ao longo do ciclo da cultura.

Os dados estimados e observados de produtividade foram usados para o ajuste de funções sigmóides em função dos dias após o corte (DAC). Esse procedimento também foi adotado para os valores de IAC. Essas funções foram derivadas e usadas no cálculo diário das

taxas de biomassa (dW/dt) e de IAC ($dIAC/dt$). Em seguida, integrou-se os dados diários em intervalos mensais, totalizando 24 valores entre abril de 2012 e março de 2014.

Os índices morfofisiológicos calculados foram: taxa de crescimento absoluta (TCA, $t\ ha^{-1}\ mês^{-1}$), taxa de crescimento relativo (TCR, $t\ t^{-1}\ mês^{-1}$), taxa de assimilação líquida (TAL, $t\ ha^{-1}\ mês^{-1}$) e área específica do cladódio (AEC, $ha\ t^{-1}$). Os próprios valores mensais de dW/dt representaram a TCA. A razão entre dW/dt e os valores absolutos de W resultaram na TCR. A TAL foi obtida pela relação da dW/dt e os valores absolutos de IAC, sendo expresso em $ha\ ha^{-1}$, em vez de $m^2\ m^{-2}$. A ACE foi resultante da razão entre $dIAC/dt$ (em $ha\ ha^{-1}$) e dW/dt . Esses índices foram calculados ao longo do ciclo da cultura.

Por sua vez, os indicadores biofísicos foram estimados com os dados da ocasião da colheita conforme procedimentos citados por Queiroz (2014). Nesse caso foram obtidos: O índice de distribuição da área fotossintética (IDAF, %) que verifica a contribuição das distintas ordens dos cladódios na determinação do índice da área do cladódio (IAC) total da planta (Equação 1).

$$IDAF = \frac{IAC_{On}}{IAC_{total}} \cdot 100 \quad (1)$$

em que: IAC_{On} ($m^2\ m^{-2}$) = índice da área do cladódio na ordem n; e, IAC_{total} ($m^2\ m^{-2}$) = índice da área do cladódio da planta.

O índice de distribuição dos cladódios da planta (IDCP, %), confere a distribuição das diferentes ordens dos cladódios ao longo da planta (Equação 2).

$$IDCP = \frac{NCO_n}{NCT} \times 100 \quad (2)$$

em que: NCO_n e NCT representa o número de cladódios por ordem n e total da planta.

O índice de cobertura do solo (ICS, %), representando a ocupação da cultura na superfície do solo, levando em consideração o valor biométrico da largura da planta e o espaçamento entre linhas do experimento (Equação 3).

$$ICS = \frac{\pi \cdot LP^2}{\pi \cdot E^2} \times 100 \quad (3)$$

em que: LP é a largura da planta em cm, e E é espaçamento entre linha de cultivo

O índice de volume de produção (IVP, $m^3\ kg^{-1}$) que reflete o volume de área de planta por produção de biomassa seca, considerando os valores da altura e largura da planta (Equação 4).

$$IVP = \frac{\pi.LP^2/4.AP}{BSTPA} \quad (4)$$

em que, LP e AP = largura e altura da planta; e, BSTPA = biomassa seca total da planta

Por último, a produtividade de assimilação líquida (PAL, kg m⁻²), que estima a capacidade produtiva da cultura em função da área fotossintetizante disponível (Equação 5).

$$PAL = \frac{BSTPA}{IAC} \quad (5)$$

em que, a BSTPA representa biomassa seca total da planta e, o IAC, que refere-se ao índice da área do cladódio.

3 RESULTADOS

A taxa de crescimento absoluto (TCA 0,50±0,25 t ha⁻¹ mes⁻¹), taxa de crescimento relativo (TCR 0,21±0,06 t t⁻¹ mês⁻¹) e taxa de assimilação líquida (TAL 11,76±7,57 t ha⁻¹ mês⁻¹) não diferiram entre as cultivares e ambientes de crescimento (p>0,05) independentemente do início da aplicação da reposição artificial de água e da inserção da cobertura morta sobre o solo.

A TCA foi lenta no início do ciclo produtivo, independentemente da cultivar (Figura 1 A), apresentando maiores magnitudes no segundo ano do ciclo produtivo (Figura 1A, 1B e 1C). A cultivar OEM atingiu valores superiores de acúmulo de biomassa para a condição PSNC na transição entre os dois anos produtivos, com antecipação dos valores da TCA (Figura 1C) quando comparado com as condições PIN e PSN (Figura 1A e 1B). Porém, não foi suficiente para mostrar diferença em relação aos outros dois clones, em decorrência do aumento das taxas de acúmulo de biomassa dos mesmos no segundo ano produtivo.

A palma forrageira apresentou maiores valores de TCR no início do ciclo, quando as cultivares encontravam-se submetidas à condição PIN (Figura 1D), reduzindo ao longo do tempo. No primeiro ano produtivo, a cultivar OEM teve maiores magnitudes (Figura 1D), mas no final do ciclo as cultivares do gênero *Nopalea* se sobressaíram (Figura 1E e 1F). Assim, as cultivares de palma forrageira possuem maior capacidade de acúmulo de biomassa por unidade de tempo em relação a sua massa antecedente no primeiro ano do ciclo.

Em relação a TAL, as cultivares *Nopalea* (IPA e MIU) possuem pouca variação ao longo do ciclo, ao passo que a OEM (*Opuntia*) as maiores magnitudes ocorreram no segundo ano produtivo (Figuras 2A, 2B e 2C), mostrando que há diferenças na sazonalidade da produção líquida de fotoassimilados entre cultivares do gênero *Nopalea* e *Opuntia*.

A área específica do cladódio (AEC) variou ao longo do tempo para as três cultivares no ambiente de crescimento PIN. Porém, a OEM foi a cultivar que apresentou as maiores magnitudes para o início do ciclo, reduzindo com o decorrer do tempo (Figura 2D).

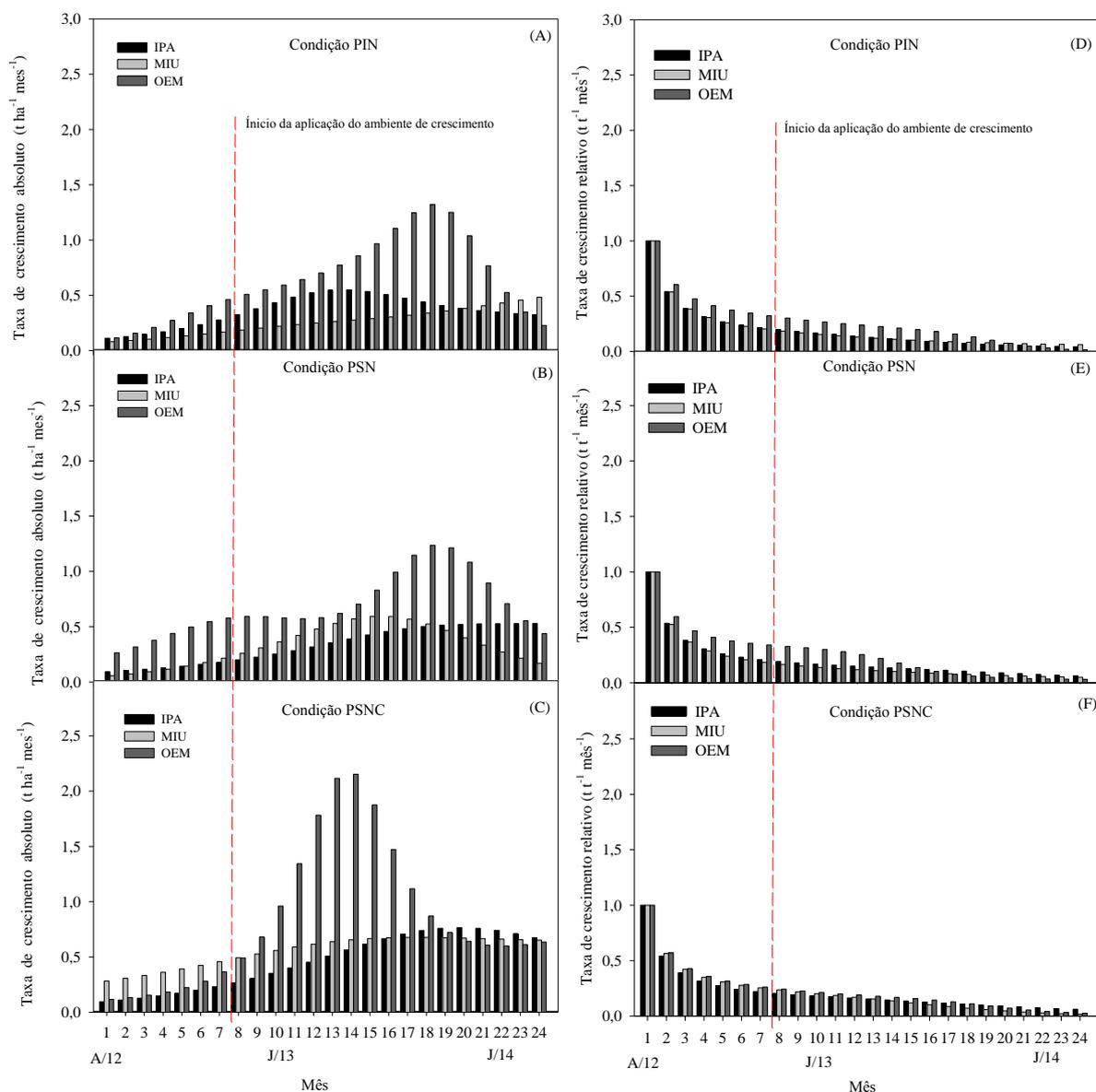


Figura 1. Taxa de crescimento absoluto (TCA) e Taxa de crescimento relativo (TCR) das cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano^{-1} (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano^{-1} (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano^{-1} , e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha^{-1}) (PSNC), durante 24 meses de crescimento.

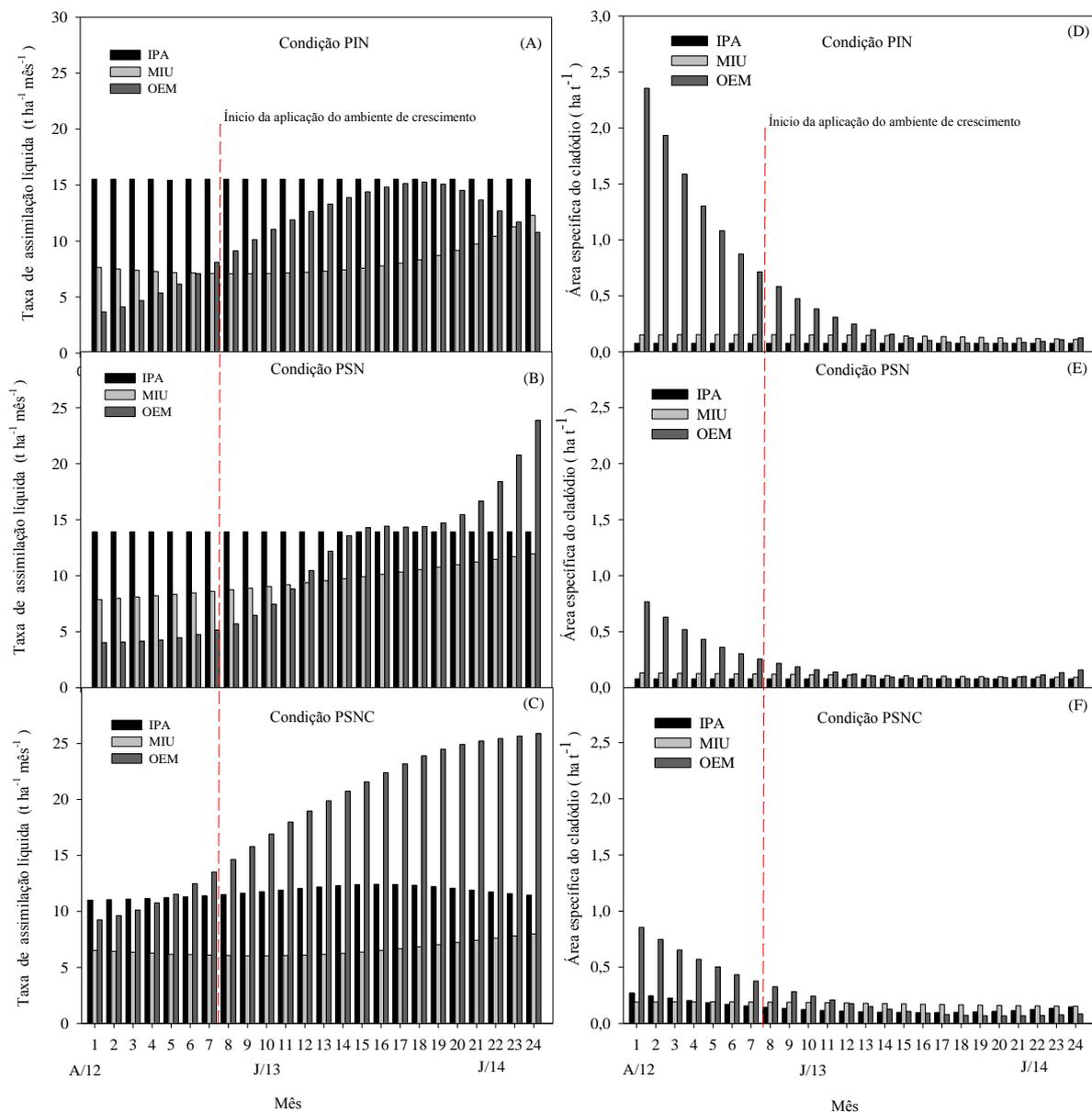


Figura 2. Taxa de assimilação líquida (TAL) e Área específica do cladódio (AEC) das cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha⁻¹) (PSNC), durante 24 meses de crescimento.

Nos ambientes PSN e PSNC, as tendências e magnitudes da área específica do cladódio são bastante semelhantes para a OEM (Figura 2E e 2F), enquanto na condição PIN a magnitude da AEC foi bem superior no primeiro ano do ciclo (Figura 2D). Para os demais clones não houve mudança na variação da AEC ao longo do tempo, independente do ambiente de cultivo. Apenas na condição PIN foi observada diferença na AEC média do ciclo ($p < 0,05$), em que a

OEM se destacou, mesmo não se diferenciando da cultivar MIU, e essa da IPA (Tabela 1). Os maiores valores de AEC indica que a espessura dos cladódios foi menor, embora não tenha sido observada diferença na capacidade de acúmulo entre as cultivares, ou seja, na TCA (Figura 1 A, 1B e 1 C).

Tabela 1. Efeito de cultivar (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sobre as características morfológicas da palma forrageira sob diferentes regimes hídricos (PIN: precipitação inferior à normal climatológica (“667,2 mm ano⁻¹”), equivalente a 309 mm ano⁻¹; PSN: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano⁻¹; e, PSNC: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo), no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro

Variável	Ambiente	IPA	MIU	OEM
AEC (ha t ⁻¹)	PIN	0,77 b	1,41 ab	5,49 a
	PSN	1,42 a	1,77 a	2,68 a
	PSNC	0,77 a	1,11 a	2,21 a
PAL (Kgm ⁻²)	PIN	0,11 b	0,31 a	0,19 b
	PSN	0,24 a	0,17 a	0,16 a
	PSNC	0,17 a	0,11 a	0,16 a
IDCP-NC2 (%)	PIN	40,71 a	31,57 a	44,91 a
	PSN	48,34 a	31,32 a	38,07 a
	PSNC	42,26 a	20,83 b	43,55 a
IDCP-NC3 (%)	PIN	17,10 ab	34,23 a	6,10 b
	PSN	12,89 b	34,98 a	2,78 b
	PSNC	6,22 b	34,66 a	9,88 b
IDAF01 (%)	PIN	6,70 ab	3,00 b	7,98 a
	PSN	4,49 b	2,64 b	8,96 a
	PSNC	5,38 ab	1,81 b	6,21 a

PAL=produtividade de assimilação líquida; IDCP-NC2 =índice de distribuição dos cladódios de segunda ordem da planta; IDCP-NC3=índice de distribuição dos cladódios de terceira ordem da planta; IDAF-01=índice de distribuição de área fotossintética dos cladódios de primeira ordem; AEC= área específica do cladódio. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si (P>0,05) pelo Teste de Tukey.

Efeito do tipo de cultivar também foi verificado na produtividade de assimilação líquida (PAL), em que a cultivar MIU no ambiente de crescimento PIN foi superior às outras duas cultivares (Tabela 1). Isso mostra que a MIU foi a cultivar que teve maior resposta produtiva em função da área fotossintetizante disponível, sob condição de sequeiro. Ao passo que, nos ambientes PSN e PSNC não houve diferença entre as cultivares.

Para o índice de distribuição de cladódios da planta (IDCP), independente do ambiente de crescimento houve maior ocorrência da emissão cladódios de 1^a (IDCP de 42,8±8,5%) e 2^a (IDCP de 43,8±7%) ordem para a OEM e IPA, respectivamente, e de terceira (34,6±6,4%) ordem para a cultivar MIU. Entretanto, percebeu-se superioridade no IDCP-NC2 para a IPA e

OEM apenas no ambiente de crescimento PSNC, enquanto a MIU se sobressaiu quanto ao IDCP-NC3 nos três ambientes, não se diferenciando da IPA apenas na condição PIN (Tabela 1).

A distribuição da área fotossintetizante da planta (IDAF) foi afetada apenas para os cladódios de 1ª ordem, em que a cultivar OEM apresentou maior contribuição para o índice da área do cladódio da planta, quando comparada com as outras ordens e cultivares, mesmo não apresentando diferença da IPA nos ambientes de crescimento PIN e PSNC (Tabela 1).

O regime hídrico isoladamente afetou apenas duas das características morfológicas na MIU (IVP e IDAF-O5), como mostrado na Tabela 2, indicando que o aumento da disponibilidade de água no ambiente de crescimento aumentou o volume de ocupação da matéria seca e a contribuição dos cladódios de 5ª ordem sobre o índice de área do cladódio da planta, nessa ordem, ambos os casos para a cultivar MIU.

Tabela 2. Efeito do regime hídrico (PIN: precipitação inferior à normal climatológica (“667,2 mm ano⁻¹”), equivalente a 309 mm ano⁻¹; PSN: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano⁻¹; e, PSNC: precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo) sobre as características morfogênicas de cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana), no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro

Variável	Ambiente	IPA	MIU	OEM
IVP (m ³ kg ⁻²)	PIN	1,28 a	0,54 b	0,76 a
	PSN	0,89 a	1,17 ab	0,88 a
	PSNC	1,32 a	3,18 a	1,13 a
IDAF-O5 (%)	PIN	0,00 a	0,07 b	0,00 a
	PSN	0,00 a	0,59 ab	0,00 a
	PSNC	0,00 a	0,91 a	0,00 a

IVP = índice de volume de produção; IDAF-O5 = índice de distribuição de área fotossintética dos cladódios de quinta ordem. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si (P>0,05) pelo Teste de Tukey.

Houve interação entre os fatores ambiente de crescimento e cultivar, sobretudo sobre as características morfológicas dos cladódios mais novos e o cladódio basal, como destacadas na Tabela 3. A cultivar MIU com aumento da disponibilidade hídrica em conjunto da inserção da cobertura morta sobre o solo apresentou maior emissão de cladódios de 4ª e 5ª ordem, e contribuição dos cladódios de 4ª e 6ª ordem na área fotossintetizante da planta. Logo o incremento do IDAF-OM foi superior para a IPA em sequeiro, e OEM e IPA com o aumento do regime hídrico, mas esse último na condição de PSNC.

Tabela 3. Efeito de interação sobre características morfológicas de cultivares de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) sob condição de precipitação inferior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 309 mm ano⁻¹ (PIN); precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹ (PSN); e precipitação superior à normal climatológica, em que as cultivares receberam o equivalente a 911 mm ano⁻¹, e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo (18 t ha⁻¹) (PSNC), no município de Serra Talhada, Semiárido brasileiro

Variável	Ambiente	IPA	MIU	OEM
IDCP-NC4 (%)	PIN	1,01 Aa	9,38 Ab	1,41 Aa
	PSN	0,00 Aa	8,83 Ab	0,00 Aa
	PSNC	0,57 Ba	18,60Aa	0,00 Ba
IDCP-NC5 (%)	PIN	0,00 Aa	1,36 Ab	0,00 Aa
	PSN	0,00 Aa	2,77 Ab	0,00 Aa
	PSNC	0,00 Ba	5,72 Aa	0,00 Ba
IDAF-OM (%)	PIN	1,57 Aa	0,73 Ca	1,35 Bab
	PSN	1,10 Ba	0,57 Ca	1,48 Aa
	PSNC	1,19 Aa	0,40 Ca	0,79 Bb
IDAF-O4 (%)	PIN	0,03 Aa	0,69 Ab	0,23 Aa
	PSN	0,00 Aa	1,88 Aab	0,00 Aa
	PSNC	0,07 Ba	4,73 Aa	0,00B a
IDAF-O6 (%)	PIN	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Aa
	PSN	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Aa
	PSNC	0,00 Ba	0,18 Aa	0,00 Ba

IDCP-NC4 = índice de distribuição dos cladódios de quarta ordem da planta; IDCP-NC5 = índice de distribuição dos cladódios de quinta ordem da planta; IDAF-OM = índice de distribuição de área fotossintética do cladódio mãe; IDAF-O4 = índice de distribuição de área fotossintética dos cladódios de quarta ordem; IDAF-O6 = índice de distribuição de área fotossintética dos cladódios de sexta ordem. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

4DISCUSSÃO

As baixas taxas da TCA no início do ciclo produtivo estão associadas à velocidade do crescimento das culturas em suas fases iniciais. Segundo Almeida et al. (2003), Souza et al. (2014) e Barbero et al. (2014), as comunidades vegetais normalmente possuem três fases bem definidas: inicial lento, seguido de rápido crescimento e estabilização, e diminuição rápida. O pequeno número de células no início do ciclo das culturas induz à baixa divisão celular, o que resulta em baixa área foliar e, conseqüentemente menor aproveitamento da radiação e nutrientes, reduzindo a fotossíntese líquida da planta (AUMONDE et al., 2013). Essa resposta foi análoga à encontrada por Souza et al. (2014) para a cultura do milho e do feijão-caupi em resposta à disponibilidade hídrica nos sistemas de plantio exclusivo e consorciado no Semiárido

brasileiro, assim como destacado por Barbosa et al. (2013), que estudou espécies nativas e exóticas da Caatinga.

Silva (2009), em experimento com a cana-de-açúcar em condições irrigadas, encontrou valores máximos de TCA de $1,254 \text{ t ha}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ aos 200 DAC, enquanto no presente estudo, a palma apresentou valores em torno de $2,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ na condição PSNC, ainda no primeiro ano do ciclo produtivo. Isso mostra que, o uso da cobertura morta sobre o solo favoreceu o incremento da cultivar. A TCA média ($0,21 \pm 0,06 \text{ t h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) encontrada para a cactácea aqui em estudo também supera outras espécies, como Lima et al. (2007), que pesquisando o crescimento de duas cultivares de mamoeiro (Tainung N°1 e Golden) encontraram valores médios da TCA de $0,0000402 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ e $0,0000111 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, nessa ordem.

A TCR reflete a velocidade do incremento de biomassa, levando em consideração o material acumulado pré-existente. Conforme Benincasa (2003), essa variação no acúmulo de biomassa ocorre em função do tempo. A OEM teve as maiores magnitudes da taxa de crescimento relativo no primeiro ano, enquanto no segundo ano as cultivares do gênero *Nopalea* se destacaram. Esse comportamento inicial foi semelhante ao encontrado Souza et al. (2007), em estudo realizado para a cultura do abacaxi, cultivada sob irrigação suplementar, indicando a translocação de fotoassimilados de compostos foliares para outros órgãos da planta. Assim como foi observado por Aumonde et al. (2013) e Barbosa et al. (2013), as maiores taxas de TCR indicam o melhor aproveitamento da radiação solar para a produção de biomassa, levando em conta a quantidade inicial e isso se deve ao maior número de folhas jovens com alta capacidade de realizar o processo de fotossíntese.

Almeida (2011) em estudo com palma forrageira, encontrou valores menores de TCR ao observado no presente estudo, variando de $0,00096 \text{ t t}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (adubação orgânica) a $0,00105 \text{ t t}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (orgânica+química) aos 180 DAP. Isso mostra que o aumento do regime hídrico e uso de cobertura morta sobre o solo incrementaram a velocidade de crescimento da palma forrageira no presente estudo, quando comparado a outros estudos em sequeiro.

O decréscimo da TCR ao longo do tempo é esperado com a maturidade das plantas, logo que o aumento de tecidos não fotossintetizantes da planta e o autosombreamento incrementam o processo da respiração, conforme Benincasa (2003) e Aumonde et al. (2013). Teixeira et al. (2015) afirma que, o aumento do índice de área foliar da planta está inteiramente relacionado com a sua produção de biomassa, mas devido o autosombreamento, a taxa fotossintética média por unidade de área foliar decresce.

A taxa de assimilação líquida (TAL) representa a fotossíntese líquida em função do tempo, resultado do balanço entre a quantidade de biomassa produzida pela fotossíntese e

aquela perdida pela respiração. Normalmente, a literatura mostra valores da TAL aumentando até atingir um pico, seguida de diminuição. Entretanto, no presente trabalho foram encontrados resultados diferentes, em que pouco variou os valores de TAL para as cultivares *Nopalea*, e foi crescente ao longo do ciclo para a OEM. Isso pode ser justificado pela grande quantidade e tamanhos dos cladódios dessa cultivar, que tem o hábito de crescimento de novos cladódios e expansão dos existentes.

Segundo Oliveira et al. (2014), as plantas quando apresentam folhas que não concluíram totalmente seu crescimento e desenvolvimento não translocam assimilados para folhas mais jovens ou outros órgãos, pois utilizam em função de suas próprias expansões e recebem assimilados das folhas totalmente expandidas. A AEC mostra que, quanto maior os seus valores menor é a espessura dos cladódios. Segundo Oliveira et al. (2000), um dos fatores ambientais que mais influência na área foliar específica das plantas é a intensidade de radiação. Esse autor afirma que ao passo que a planta cresce seus tecidos condutores aumentam e, conseqüentemente, reduz as magnitudes da área foliar específica.

Percebeu-se que, a OEM foi a que apresentou maior AEC no ambiente em sequeiro, mostrando que os cladódios foram mais finos, o que está associado ao maior acúmulo de água pelos cladódios em detrimento ao acúmulo de biomassa pela planta. Segundo Boeger e Gluzezak (2006), em plantas xerófitas suculentas, o tecido armazena muita água, o que modifica a relação de área foliar e peso seco (AEC), resultando em estruturas com pouco desenvolvimento de tecido lignificado, o que explica os baixos pesos secos encontrados e os maiores valores de AEC.

Em relação a produtividade de assimilação líquida (PAL) a cultivar MIU apresentou maior acúmulo de matéria seca por unidade de área fotossintetizante em condição de sequeiro, indicando maior concentração de fotoassimilados por unidade de área, mesmo apresentando cladódios com menores dimensões quando comparada as demais cultivares. A PAL encontra-se relacionada com a AEC, uma vez que a maior concentração de biomassa nos cladódios diminui a magnitude de seus valores ($1,41 \text{ ha t}^{-1}$, Tabela 1).

Em relação ao índice de distribuição de cladódios na planta (IDCP), o mesmo representa a distribuição das diferentes ordens de crescimento na estrutura do dossel. Para o IDCP-NC2 a cultivar OEM apresentou maior distribuição de cladódios de 2ª ordem não se diferenciando da IPA na condição PSNC. Nessa condição, além da disponibilidade hídrica, a quantidade de nutrientes e o regime térmico do solo são melhorados, resultando em maiores emissões de cladódios. Entretanto, a maior distribuição de cladódios de 3ª ordem (IDCP- NC3) observada para a MIU nos três ambientes de crescimento é comum para esse clone, não sendo diferente

da IPA, cultivar do mesmo gênero, no ambiente PIN. Mas isso depende da idade da cultura (PINHEIRO et al., 2014). Por sua vez, a melhoria do regime térmico-hídrico induz a maior emissão de cladódios pela MIU aumentando a contribuição de ordens superiores (IDCP-NC4 e IDCP-NC5), conforme Tabela 3.

Queiroz (2014) encontrou para o clone OEM maior contribuição dos cladódios primários e secundários, enquanto Leite (2009) ao avaliar o crescimento vegetativo de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*) em função da adubação organo-mineral, encontrou cladódios distribuídos na planta até a 5ª ordem para a MIU, mas para as demais cultivares avaliadas o mais comum foi a ocorrência de cladódios secundários seguidos por terciários.

Embora a cultivar IPA apresentasse maior emissão de cladódios de 2ª ordem, independente do ambiente de crescimento, ao avaliar o índice de distribuição de área fotossintética (IDAF), verificou-se que a maior contribuição para o índice da área do cladódio (IAC) foi dos cladódios de 1ª ordem. Para a OEM e MIU os cladódios mais numerosos são de fato os que mais contribuem no IAC da planta. Resultado semelhante foi encontrado por Queiroz (2014).

Finalmente, com o aumento do regime hídrico, a cultivar MIU apresentou modificação do seu volume de ocupação da produção de biomassa (IVP), possivelmente resultado da mudança de hábito de crescimento da cultura que tendeu a ser mais esparramado quando comparado aos demais clones e à condição de sequeiro. Diferenças nos hábitos de crescimento das cultivares IPA, MIU e OEM são citadas em Pinheiro et al. (2014).

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que, a modificação do ambiente de crescimento promoveu antecipação, persistência ou aumento da magnitude da taxa de crescimento da cultivar Orelha de Elefante Mexicana (OEM), possibilitando maiores incrementos de biomassa. Os índices morfofisiológicos apresentaram valores médios superiores ao observado na literatura, independentemente do ambiente de crescimento e da cultivar estudada. A OEM foi a cultivar que possuiu cladódios mais finos na condição de sequeiro, com maior armazenamento de água em detrimento ao acúmulo de biomassa, por isso recomenda-se o uso da cobertura morta sobre o solo, devido as vantagens que essa proporciona tanto para a planta quanto para o ambiente. A cultivar MIU com aumento da disponibilidade hídrica e, ou, a inserção da cobertura morta sobre o solo apresentou maior emissão de cladódios de ordens superiores a 3ª (IDCP), favorecendo a contribuição da área fotossintetizante da planta (IDAF), resultando em plantas com maior

volume de ocupação da matéria seca (IVP). O aumento da disponibilidade de água e inserção da cobertura morta sobre o solo incrementou a contribuição dos cladódios de 2ª e 3ª ordem para a estrutura (IDCP) e área fotossintetizante (IDAF) da planta nas cultivares OEM e MIU, enquanto para a IPA isso ocorreu para os cladódios de 2ª e 1ª ordem, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome**, 1998.
- ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; NAVA, I. C.; GALIO, J.; TRENTIN, P. S.; RAMPAZZO, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, 2003.
- ALMEIDA, J. **A palma forrageira na região Semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade**. 2011. 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2011.
- AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; MORAES, D. M.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de maria-pretinha submetidas a níveis de sombreamento. **Planta daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 99-108, 2013.
- BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; MARTINS NETO, L. R.; SILVA, G. A. S. **Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens**. Veterinária Notícias, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 71-85, 2014.
- BARBIERI JUNIOR, D.; BRAGA, L. F.; ROQUE, C. G.; SOUSA, M. P. Análise de crescimento de *Hymenaea courbaril* L. sob efeito da inoculação micorrizica e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, MT, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2007.
- BARBOSA, M. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. G.; LIMA, A. L. A.; SOUZA, C. A. A. Crescimento Inicial de Espécies Ocorrentes no Semiárido Brasileiro: Biomassa, Biometria e Análise Morfogênica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 06, n. 03, 2013.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. 2003.
- BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M. **Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil**. Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre, v. 61, n. 1-2, p. 73-82. 2006.
- CASTRO, E. M.; PERERA, F. I.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 234 p. 2009.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 50 f. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Documentos, 89). 2009.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. **Determination of Evapotranspiration and Annual Biomass Productivity of a Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.)] Orchard in a Semiarid Environment**. Journal of irrigation and drainage engineering, 2013.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R. L. C. **Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil**. Journal of Arid Environments, p. 357–372, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 306 p. 2006.

FERREIRA, L. E.; SILVA, I. F.; SOUZA, E. P.; BORCHARTT, L. Caracterização física de variedades de sorgo submetidas a diferentes adubações em condição de sequeiro. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 249 -255, 2012.

GALVÃO JUNIOR, J. G. B.; SILVA, J. B. A.; MORAIS, J. H. G.; LIMA, R. N. Palma Forrageira na Alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.

GALIZZI, F. A.; FELKER, P.; GONZALEZ, C.; GARDINER, D. **Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina**. Journal of Arid Environments, p. 115–132, 2004.

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

LINO, L. O. **Características anatômicas e fisiológicas de genótipos de sorgo contrastantes para tolerância à seca**. 2011. 85 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras. 2011.

LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*carica papaya l.*) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA JUNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região

Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.

NOBEL, P. S.; ZUTTA, B. R. **Temperature tolerances for stems and roots of two cultivated cacti, *Nopalea cochenillifera* and *Opuntia robusta*: Acclimation, light, and drought.** *Journal of Arid Environments*, p. 633–642, 2008.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; GARCIA, R.; CECON, P. R. Análise de Crescimento do Capim-Bermuda ‘Tifton 85’ (*Cynodon spp.*) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, p. 1930-1938, 2000.

OLIVEIRA, L. V.; FERREIRA, O. G. L.; COELHO, R. A. T.; FARIAS, P. P. F.; SILVEIRA, R. R. F. Características produtivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 191-197, 2014.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 216-220, 2008.

PARIZI, A. R. C.; ROBAINA, A. D.; GOMES, A. C. S.; SOARES, F. C.; RAMÃO, C. J.; PEITER, M. X.; CALEGARO, L. Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Revista Irriga**, v.14, p. 254-267, 2009.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

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

SANTOS, T. E. M.; SILVA, D. D.; MONTENEGRO, A. A. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco state. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1733-1741, 2010.

SANTOS, M. C. S.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F. Comportamento de clones de *Pennisetum* submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 229, p. 31-39, 2011.

SEIXAS, A. A.; GOMES, V. M.; SERAFIM, V. F.; VIANA, W. A. **Déficit hídrico em plantas forrageiras – revisão de literatura.** Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, 2015.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, I. C.; SALGADO, L. T. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo de beterraba com cobertura morta e adubação orgânica. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 717-725, 2010.

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 539-551, 2011.

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G.; MOURA, C. R. W.; MUNIZ, M. A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 602-610, 2009.

SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D. C.; QUEIROZ, M. G. C.; SILVA, M.; CRUZ NETO, J. F. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

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

SILVA, T. G. F. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no submédio do vale do São Francisco**. 2009. 194 f. Tese (Doutorado em Meteorologia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2009.

SCHWERZ, T.; JAKELAITIS, A.; TEIXEIRA, M. B.; A. L. SOARES, F. A. L.; TAVARES, C. J. Produção de girassol cultivado após soja, milho e capim-marandu, com e sem irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 470-475, 2015.

SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 134-141, 2007.

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**, Recife, v. 07, n. 03, p. 524-539, 2014.

TEIXEIRA, G. C. S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária e Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015.

VALE, M. B.; AZEVEDO, P. V. **Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador**. *Holos*, v. 3. 2013.