

## CONSUMO HÍDRICO E EXIGÊNCIA TÉRMICA DA PALMA FORRAGEIRA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

ANTÔNIO SUASSUNA DE LIMA<sup>1</sup>; PATRÍCIA FERREIRA DA SILVA<sup>2</sup>;  
RIGOBERTO MOREIRA DE MATOS<sup>3</sup>; JOSÉ DANTAS NETO<sup>4</sup>; LUCIANO  
MARCELO FALLÉ SABOYA<sup>5</sup> E HERMES ALVES DE ALMEIDA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, Brasil, 58428-830, e-mail: [suassunaagro@gmail.com](mailto:suassunaagro@gmail.com)

<sup>2</sup>Pós-doutoranda em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, Brasil, 58428-830, e-mail: [patrycvafs@yahoo.com.br](mailto:patrycvafs@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, Brasil, 58428-830, e-mail: [rigoBERTOMOREIRA@gmail.com](mailto:rigoBERTOMOREIRA@gmail.com).

<sup>4</sup>Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, Brasil, 58428-830, e-mail: [zedantas1955@gmail.com](mailto:zedantas1955@gmail.com).

<sup>5</sup>Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, Brasil, 58428-830, e-mail: [lsaboya@hotmail.com](mailto:lsaboya@hotmail.com).

<sup>6</sup>Professor Doutor, Universidade Estadual da Paraíba, Rua Baraúnas, 351 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-500, Brasil, e-mail: [hermes\\_almeida@uol.com.br](mailto:hermes_almeida@uol.com.br).

### 1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o consumo hídrico e estabelecer a exigência térmica de três variedades de palma forrageira nas diferentes fases de desenvolvimento em ambiente semiárido. O experimento foi desenvolvido em condições de campo no município de Santa Luzia, PB, Fazenda Poço Redondo. Para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), foram utilizados três lisímetros de drenagem localizados no centro da área experimental. Cada lisímetro continha quatro plantas com características semelhantes e sob o mesmo sistema de manejo das plantas externas. Um quarto lisímetro foi utilizado com grama para determinar a evapotranspiração de referência ET<sub>0</sub>. Cada lisímetro representa uma área efetiva de evaporação de 1,17 m<sup>2</sup>. Pela ordem de emissão dos cladódios juntamente com o somatório de graus dias determinou-se as quatro fenofases da palma forrageira. A evapotranspiração de referência foi de 7,2 mm dia<sup>-1</sup>. Os valores de evapotranspiração da cultura ET<sub>c</sub> e coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), foram respectivamente: 4,8; 4,8 e 4,6 mm dia<sup>-1</sup> e 0,72; 0,70 e 0,70, para as variedades orelha de elefante, baiana e miúda. A temperatura basal foi de 18 °C e a soma térmica acumulada no período foi superior a 4000 °C.

**Keywords:** coeficiente de cultivo, fases fenológicas, graus-dias, temperatura base.

LIMA, A. S.; SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; DANTAS NETO, J.; SABOYA, L. M. F.;  
ALMEIDA, H. A.

WATER CONSUMPTION AND THERMAL REQUIREMENT OF THE FORAGE  
PALM IN A SEMIARID ENVIRONMENT

## 2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the water consumption and establish the thermal requirement of three varieties of forage palm in different stages of development in a semiarid environment. The experiment was conducted under field conditions in the municipality of Santa Luzia, PB, Poço Redondo Farm. To determine the culture evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), three drainage lysimeters located in the center of the experimental area was used. Each lysimeter contained four plants with similar characteristics and under the same management system as the external plants. The fourth lysimeter was used with grass to determine the reference evapotranspiration ET<sub>0</sub>. Each lysimeter represents an effective evaporation area of 1.17 m<sup>2</sup>. By the order of emission of the cladodes with the sum of degree days, the four phenophases of the forage palm were determined. The reference evapotranspiration was 7.2 mm dia<sup>-1</sup>. The evapotranspiration values of ET<sub>c</sub> culture and cultivation coefficient (K<sub>c</sub>), were respectively: 4.8; 4.8 and 4.6 mm dia<sup>-1</sup> and 0.72; 0.70 and 0.70, for Orelha the Elefante, Baiana and Miúda varieties. The basal temperature was 18 °C and the thermal sum accumulated in the period was over 4000 °C.

**Keywords:** cultivation coefficient, phenological phases, degree-days, base temperature.

## 3 INTRODUÇÃO

As condições edafoclimáticas do ambiente semiárido e as práticas de manejo adotadas afetam o desenvolvimento das plantas e sua fenologia e, conseqüentemente, a produtividade das culturas, não sendo diferente para as cactáceas, tais como a palma forrageira (AMORIM et al., 2017).

O panorama de escassez hídrica na região semiárida do Brasil confirma a necessidade de cultivos com espécies adaptáveis às condições climáticas da região devido ao seu metabolismo ácido crassuláceo (CAM) que lhes confere elevada eficiência no uso da água, como as espécies de palma forrageira, *Opuntia* e *Nopalea* (BAYAR; FRIJI; KAMMOUR, 2018). Essas cactáceas possuem como característica boa adaptação a regiões que apresentam déficit hídrico (SILVA et al., 2015).

Para Marques et al. (2015) mesmo as espécies adaptadas a regiões com déficit hídrico, necessitam de estudos que apontem o manejo de irrigação correto visando a reposição da necessidade hídrica das

culturas nas diferentes fases fenológicas. Pereira, Villa Nova e Sedyama (2013) relatam em seu estudo sobre balanço de água no solo cultivado com clones de palma forrageira sob irrigação que para o manejo correto da irrigação é fundamental a utilização dos coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura, esses K<sub>c</sub> devem ser originados da relação entre evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), cujos cálculos permitem quantificar o volume hídrico a se disponibilizados aos cultivos.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em seu boletim 56 (ALLEN et al., 1998), sugere valores médios de K<sub>c</sub> para diversas culturas ao longo do ano. Tal informação é o primeiro passo para o manejo racional da irrigação; entretanto, é notória a escassez de dados de pesquisas referentes a esses coeficientes, sobretudo para as cactáceas e, principalmente, para as variedades de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana *puntia stricta* (Haw.) Haw e Baiana e Miúda (*Nopallea cochenillifera*).

Existe uma grande diversidade de métodos que determinam a ETc, desde a razão de Bowen, o balanço hídrico, o fluxo de seiva e o sensoriamento remoto até os lisímetros. Já o coeficiente de cultivo é um parâmetro relacionado aos fatores do ambiente e fisiológico da planta e para sua obtenção é mais comum a utilização de lisímetros (MEDEIROS et al., 2004). De acordo com Marques et al. (2015), os lisímetros de drenagem podem fornecer estimativas confiáveis de Kc, permitindo a contabilização dos termos do balanço hídrico de forma precisa. Os lisímetros podem ser divididos por duas categorias: de pesagem e de drenagem.

Conforme afirmado por Rodrigues, Souza e Lima (2013), outra maneira bastante utilizada para estimar o tempo necessário para atingir cada fase fenológica das culturas, o que contribui para estabelecer a duração de cada fase é o uso das unidades térmicas (graus-dia) ou exigência térmica da cultura, que representa a necessidade de energia acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta.

O conhecimento da necessidade hídrica e da soma térmica da palma forrageira pode auxiliar no planejamento de suas atividades agrícolas, como o plantio,

consumo hídrico em cada fase de desenvolvimento, colheita e tratos culturais, assim como, indicar o potencial climático de uma região para seu cultivo.

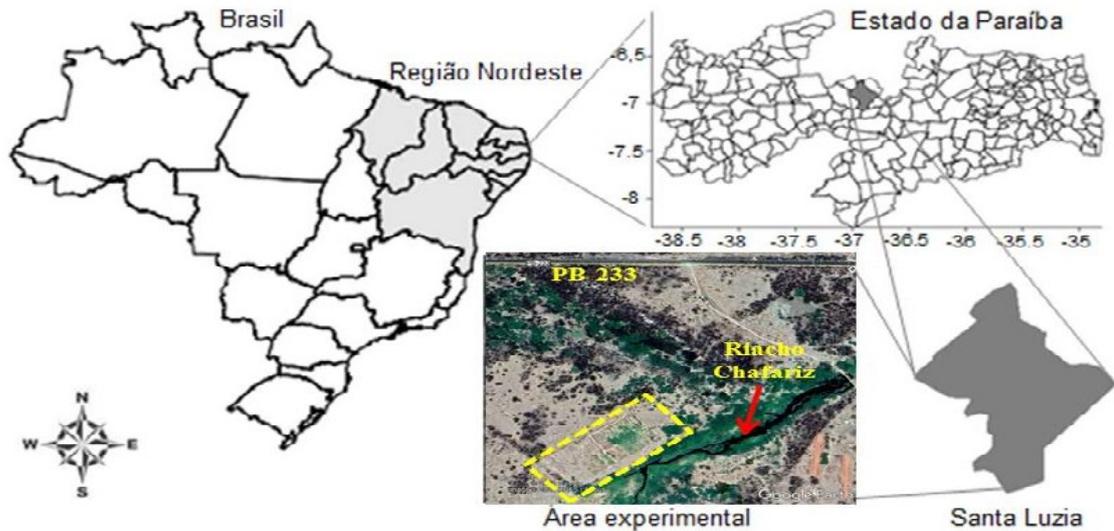
Dada à relevância da temática, objetivou-se com este estudo avaliar o consumo hídrico e estabelecer a exigência térmica de três variedades de palma forrageira nas diferentes fases de desenvolvimento em ambiente semiárido.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da pesquisa

O Estudo foi conduzido, em condições de campo, na fazenda Poço Redondo, localizada à 2 km do município de Santa Luzia, PB, às margens do riacho chafariz, Figura 1. As coordenadas geográficas do local são: 06° 51' 30,3" de latitude Sul e 36° 56' 9,7" de longitude Oeste, a uma altitude média de 299 m. O clima predominante é do tipo Bsh, quente seco, semiárido com chuvas de verão, conforme classificação climática de Köppen (KÖPPEN; GEIGER, 1928). A pesquisa foi iniciada em setembro de 2016, e finalizada em agosto de 2017.

**Figura 1.** Localização da área experimental, fazenda Poço Redondo, município de Santa Luzia-PB.

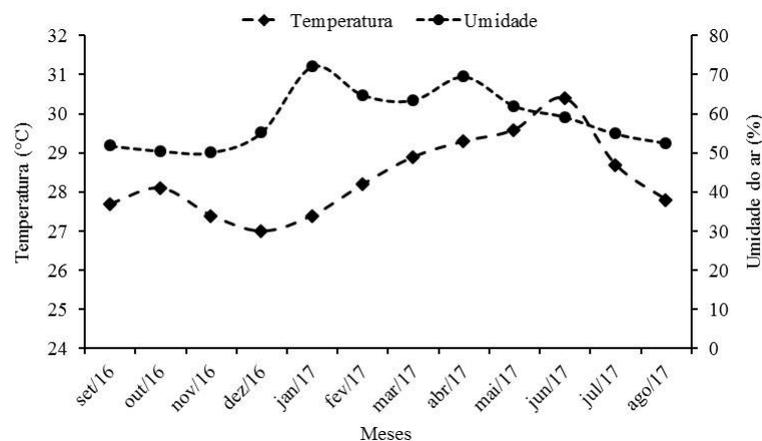


Fonte: (SILVA, 2017).

A precipitação média anual da região para a época de estudo foi de 446,9 mm, sendo as chuvas mais relevantes ocorridas entre os meses de janeiro e maio. A umidade relativa teve máxima de 70% e mínima de 50%; já a temperatura variou de 22,4°C balanço de água no solo cultivado com clones de palma forrageira sob a 33°C com média anual de 27,6 °C (SILVA, 2017). A vegetação predominante na área experimental é do tipo Caatinga-Seridó,

subxerófila, constituída na sua maior parte por cactos e pequenas árvores ou arbustos geralmente espinhosos, formando agrupamentos densos em alguns pontos, e com árvores dispersas em outros pontos (DAMASCENO; SOUTO; SOUTO, 2010). As variáveis meteorológicas como, temperatura e umidade do ar foram monitoradas durante todo período da pesquisa e as médias mensais expressas em climograma conforme Figura 2.

**Figura 2.** Climograma das variáveis meteorológicas registradas durante o período de condução do experimento. Santa Luzia, PB.



## 4.2 Caracterização do solo

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi classificado como Neossolo Flúvico, de textura franco arenosa, conforme os

critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). A caracterização físico-hídrica do solo para a profundidade de 0– 20 cm são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental, Santa Luzia, PB.

Profundidade m	CC	PMP -----%-----	Ds	Dp ---g cm <sup>-3</sup> ---	Ptotal %	AD
0,0 – 0,20	24,8	5,4	1,56	1,39	44,23	10,4

CC – correspondente capacidade de campo de 0,10 atm; PMP – correspondente ao potencial matricial de 15 atm; água disponível (AD); densidade do solo (Ds); densidade das partículas do solo (Dp) e porosidade total do solo (Ptotal).

## 4.3 Confeção e manejo dos lisímetros

Foram confeccionados quatro lisímetros de drenagem com caixas de polietileno com diâmetro superior de 1,22 m e inferior de 0,95 m, com profundidade de 0,60 m, com capacidade volumétrica de 554,5 L e área efetiva de evaporação de 1,17 m<sup>2</sup>. Em um das arestas inferiores dos

lisímetros, foi inserido um dreno de PVC, com diâmetro de 32 mm, conectado a um poço de observação e de coleta do volume drenado com 1,5 m de profundidade. Por meio deste poço, diariamente era captado e medido o volume de água percolado após a irrigação anterior, realizada para elevar o solo à capacidade de campo com um excedente de 15% (Figura 3).

**Figura 3.** Esquema da instalação dos lisímetros de drenagem para as cultivares de palma forrageira na área experimental. Santa Luzia, PB.



Os lisímetros tinham um suave declive no sentido do dreno. Previamente ao enchimento, foi colocada uma camada de 10 cm de brita nº 1 no fundo da caixa, a qual foi revestida com uma manta geotêxtil (Bidim-RP07®). Em seguida, preencheu-se o volume dos lisímetros com as camadas de solo, respeitando-se a ordem inversa de

retirada das mesmas na ocasião da escavação.

Os cladódios mãe foram obtidos de produtores rurais em municípios paraibanos, em parceria com o Instituto Nacional do Semiárido (INSA). As variedades de palma forrageira utilizadas foram Orelha de Elefante Mexicana

(*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.), Baiana e Miúda (*Nopaltea*), que são amplamente cultivadas no semiárido nordestino por serem resistentes à cochonilha do carmim.

Para a determinação da evapotranspiração da cultura ET<sub>c</sub>, utilizou-se três lisímetros de drenagem localizados no centro da área experimental. Cada lisímetro contendo quatro plantas com características semelhantes e sob o mesmo sistema de manejo das plantas externas. Um quarto lisímetro foi utilizado com grama para determinar a evapotranspiração de referência ET<sub>0</sub> (Figura 3).

As escavações para instalação dos lisímetros foram realizadas manualmente, sendo o solo separado em camadas de 13 cm até a profundidade das caixas. Cada camada de solo foi acondicionada em lona plástica e identificada para posterior reposicionamento no interior das caixas, visando atingir uma aproximação da condição original do solo (Figura 3).

#### 4.4 Adubação dos lisímetros

A adubação nos lisímetros foi realizada de acordo com a análise de solo, levando em consideração a recomendação de Santos et al. (2006) para a palma forrageira. A adubação de fundação foi realizada cinco dias antes do plantio dos cladódios mãe, foram aplicados o correspondente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 65 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se de 200 kg ha<sup>-1</sup> de monoamônio fosfato (MAP) e 108,33 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl) como fontes destes nutrientes. A adubação nitrogenada foi realizada utilizando-se de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, correspondendo a 333,33 kg ha<sup>-1</sup> de uréia.

Os cladódios basais ou mãe usada para o plantio foram tratados para isentar a presença de pragas e doenças, em especial a cochonilha –de- escama uma das pragas mais comuns dos palméis no semiárido brasileiro. Além disso, após o corte e escolha desses cladódios basais, foram

colocados em local sombreado para cicatrização de lesões provocadas pelo corte por um período de sete dias denominado cura. Para o plantio os cladódios basais/mãe foram arranjados nos lisímetros de drenagem em fileira bilateral na posição em que ficavam de frente para o sol, ou seja, sendo enterrados 50% e com inclinação a 45° (SUASSUNA, 2007). O plantio foi realizado com Espaçamento de 0,25 m entre raquetes dentro do lisímetro.

#### 4.5 Irrigação dos lisímetros

O manejo de irrigação foi realizado pela estimativa da umidade do solo por meio de dados da sonda de capacitância, tipo FDR, na profundidade de 0 a 5 cm, levando-se em consideração para efeito de irrigação a camada de 0 – 20 cm. Para iniciar as avaliações, a sonda foi previamente calibrada para o solo da área por meio do método padrão da estufa. A umidade do solo foi elevada à capacidade de campo em todos os lisímetros. As medições da umidade do solo foram realizadas a cada sete dias, a partir das leituras da sonda, calculou-se a lâmina de irrigação para reposição do conteúdo de água no solo até a capacidade de campo (CC) para cada lisímetro. A reposição da água foi realizada de modo a proporcionar uma lâmina de drenagem correspondente a 15% (fração de lixiviação) da lâmina d'água aplicada, conforme (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 2013). Os cálculos para se obter o volume de água a ser repostos nos lisímetros foram realizados por meio das Equações 1, 2 e 3.

$$LL = (\theta_{CC} - \theta_{at}) * Z \quad (1)$$

$$V = LL * A_L \quad (2)$$

$$V_R = V + (15\% * V) \quad (3)$$

Em que:

LL - é lâmina de irrigação (mm);

$\theta_{cc}$  - é a umidade na capacidade de campo média ao longo do perfil ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_{at}$  - é a umidade atual média ao longo do perfil ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$Z$  - é a profundidade da zona radicular (cm);

$A_L$  - representa a área do lisímetro ( $\text{m}^2$ );

$V$  - o volume necessário para retornar a umidade do solo à capacidade de campo (L); e

$V_R$  - o volume a ser repostado ao solo do lisímetro necessário para que ocorra a lixiviação (L).

Os dados de precipitação foram obtidos por meio da estação meteorológica instalada ao lado da área experimental. A aplicação do volume de reposição de água calculado foi realizada de forma manual com o uso de regador. A água drenada foi coletada por meio de coletores de observação, sendo o volume drenado quantificado em provetas graduadas. Este volume foi contabilizado como acúmulo de água entre a aplicação e a subsequente cessação da drenagem durante o período experimental.

#### 4.6 Determinação dos parâmetros ( $ET_c$ , $ET_0$ , $K_c$ )

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi determinada pela contabilidade das entradas e saídas de água nos lisímetros de drenagem, de acordo com a Equação 4.

$$ET_c = P + I - D \quad (4)$$

$ET_c$  - evapotranspiração da cultura no período, mm lisímetro<sup>-1</sup>;

$I$  - volume total de irrigação no período, mm;

$P$  - precipitação total no período, dentro do lisímetro, mm; e

$D$  - volume de drenagem no período, mm.

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi determinada por meio de

lisímetro, utilizando a grama como cultura de referência. Para tanto, a grama foi mantida cobrindo totalmente o solo, com altura entre 12 e 15 cm, sem restrição hídrica. Todas as entradas e saídas de água no sistema radicular foram contabilizadas e através da Equação 5, determinou-se a  $ET_0$  em mm, considerando-se a precipitação ( $P$ ), a irrigação ( $I$ ), e a drenagem ( $D$ ), ambos em mm.

$$ET_0 = P + I - D \quad (5)$$

As estimativas dos valores dos coeficientes da cultura  $K_c$  para as variedades estudadas foram realizadas por meio da relação entre os valores da evapotranspiração da cultura  $ET_c$  e a evapotranspiração de referência  $ET_0$  medida no lisímetro conforme Equação 6.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (6)$$

Em que:

$K_c$  - coeficiente da cultura, adimensional;

$ET_c$  - evapotranspiração da cultura, em mm dia<sup>-1</sup> e

$ET_0$  - evapotranspiração de referência, em mm dia<sup>-1</sup>.

#### 4.7 Determinação das fenofases da cultura

Pela ordem de emissão dos cladódios juntamente com o somatório de graus dias foi possível determinar quatro fenofases da palma forrageira para 12 meses de cultivo (FV1, FV2, FV3 e FV4), conforme Tabela 2. Do plantio à emissão do cladódio de 2ª ordem, a cultura encontrava-se na fenofase um (FV1) do seu desenvolvimento vegetativo. O prolongamento desta fase pode ser justificado devido ao fato da planta constituir-se apenas do cladódio basal até a emissão do cladódio de primeira ordem. No período entre a emissão do cladódio de 2ª ordem e o de 3ª ordem, a cultura passou à

fenofase dois (FV2). A fenofase três (FV3), constituiu-se do intervalo entre a emissão do cladódio de 3ª ordem e o de 4ª ordem. A fenofase quatro (FV4), iniciou-se após a emissão do cladódio de 4ª ordem, prologando-se até o final da pesquisa

(Tabela 2). É importante frisar que nesta fase as plantas já eram adultas, ressaltando-se que após a emissão do cladódio de 4ª ordem, as plantas passaram a emitir flores e frutos.

**Tabela 2.** Fenofases de variedades de palma forrageira determinada cladódios e o somatório de graus dias para um período de 12 meses. Santa Luzia, PB.

Variedades	Fenofases	Estádios	Duração das fases (dias)	Graus dias	Kc
Orelha	I	Do plantio à emissão do cladódio de 2ª ordem	1 a 71	835	0,78
	II	Emissão do cladódio de 2ª ordem ao de 3ª ordem	72 a 121	1.383	0,72
	III	Emissão do cladódio de 3ª ordem e o de 4ª ordem	122 a 178	2.942	0,56
	IV	Emissão do cladódio de 4ª ordem até a emissão flores e frutos	179 a 365	4.471	0,65
Baiana	I	Do plantio à emissão do cladódio de 2ª ordem	1 a 70	823	0,74
	II	Emissão do cladódio de 2ª ordem ao de 3ª ordem	71 a 119	1.373	0,59
	III	Emissão do cladódio de 3ª ordem e o de 4ª ordem	120 a 177	2.031	0,69
	IV	Emissão do cladódio de 4ª ordem até a emissão flores e frutos	178 a 365	4.471	0,69
Miúda	I	Do plantio à emissão do cladódio de 2ª ordem	1 a 70	823	0,73
	II	Emissão do cladódio de 2ª ordem ao de 3ª ordem	71 a 118	1.363	0,54
	III	Emissão do cladódio de 3ª ordem e o de 4ª ordem	119 a 170	1.941	0,60
	IV	Emissão do cladódio de 4ª ordem até a emissão flores e frutos	170 a 365	4.471	0,69

As exigências térmicas da palma forrageira foram determinadas com base no somatório de graus dias (GD), conforme as Equações 7, 8 e 9, propostas por Villa Nova

et al. (1972), para as quatro fases fenológicas das variedades de palma forrageira.

$$GD_i = (T_m - T_b) + \frac{(T_M - T_m)}{2} \rightarrow \text{para } T_m > T_b \quad (7)$$

$$GD_i = (T_M - T_b)^2 + 2(T_M - T_m) \rightarrow \text{para } T_m < T_b \quad (8)$$

$$GD_i = 0 \rightarrow \text{para } T_M < T_b \quad (9)$$

Em que:

GD – graus-dia;

T<sub>M</sub> – temperatura máxima diária (°C);

T<sub>m</sub> – temperatura mínima diária (°C) e

T<sub>b</sub> – temperatura basal (°C).

Os graus-dia acumulados (GD, °C dia) foram obtidos com o somatório dos graus dias desde a data de plantio até a colheita, Equação 10, obtida pelo somatório do GD<sub>i</sub>.

$$GD = \sum GD_i \quad (10)$$

Foi utilizada a metodologia proposta por Arnold (1959) para a estimativa da temperatura basal (T<sub>b</sub>) da palma forrageira pelo método do desvio padrão em graus-dia (DP<sub>gd</sub>), conforme Equação 11. As temperaturas utilizadas para determinação da temperatura-base foram: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 °C.

$$DP_{gd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (GD_i - MGD)^2}{n-1}} \quad (11)$$

Em que:

DP<sub>gd</sub> - desvio padrão em graus-dia;

GD<sub>i</sub> - graus-dia acumulados do plantio até a colheita utilizando uma série de T<sub>b</sub>;

MGD - média dos graus-dia acumulados do plantio à colheita e

n - número dias do plantio à colheita.

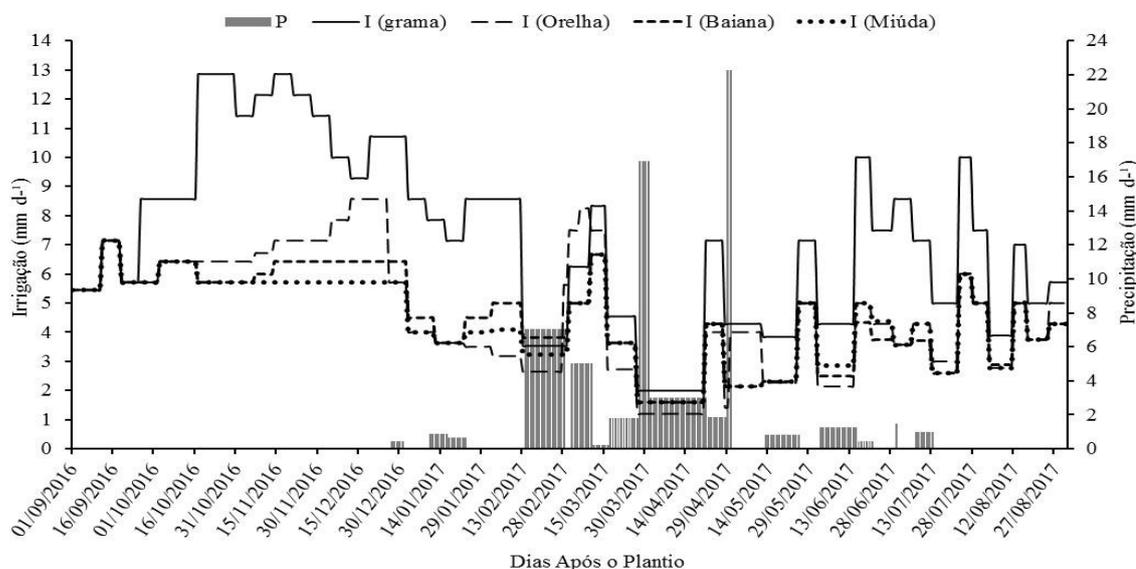
Os dados e temperaturas foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (P>0,01) e de Levene (P>0,01) para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente; posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância, com os efeitos quantitativos em polinômios ortogonais, segundo sua significância pelo Teste F. Para tal, foi utilizado o programa estatístico SAS.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Determinação do volume total de água aplicado

Durante o período de cultivo da palma forrageira, foram contabilizados 389,3 mm de precipitação pluviométrica, concentrados nos meses de fevereiro a abril de 2017. Isto implicou na necessidade de irrigação, aplicada durante os 365 dias após o plantio - DAP conforme ilustrado na Figura 4.

**Figura 4.** Precipitação e irrigação da grama e variedades de palma Orelha de Elefante, Baiana e Miúda ao longo de 365 dias após o plantio – DAP. Santa Luzia, PB.



O volume acumulado totalizou uma lâmina de irrigação de 2615,0; 1693,6; 1631,0 e 1581,0 mm ano<sup>-1</sup>, para a grama, Orelha de Elefante Mexicana, Baiana e Miúda, respectivamente, sendo a média diária de irrigação iguais a 7,2; 4,6; 4,5 e 4,3 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para a grama, Orelha de Elefante Mexicana, Baiana e Miúda (Figura 4). Os maiores volumes de precipitação pluviométrica foram 115,6 e 125,1 mm mês<sup>-1</sup>, respectivamente, para os meses de março e abril de 2017.

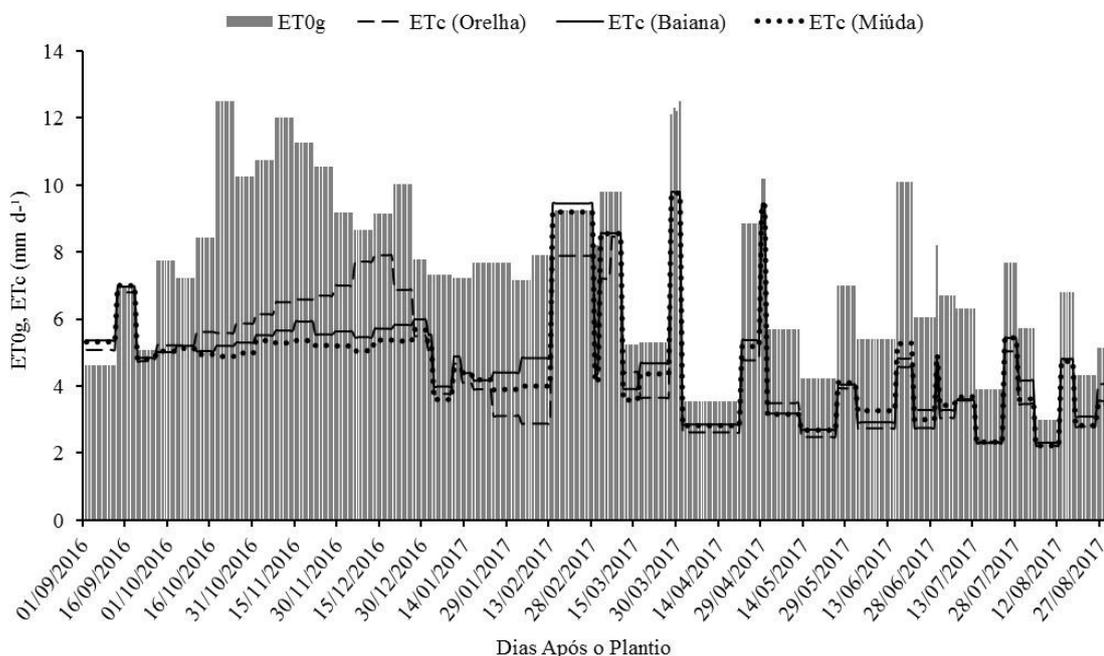
A precipitação média anual da região semiárida brasileira varia entre 300 - 700 mm, extremamente concentrada em alguns períodos do ano (SILVA et al., 2012). Em vista disso, uma das alternativas para os produtores da região para conviver com a deficiência hídrica é o cultivo de palma forrageira, no entanto, para que esta

cultura atinja valores elevados de produtividade faz-se necessário o uso e o manejo correto da irrigação (SILVA, 2017).

## 5.2 Determinação da ET<sub>0</sub> e da ET<sub>c</sub>

No que diz respeito à evapotranspiração de referência calculada utilizando-se a grama como cultura de referência, obteve-se valor médio de 7,2 mm dia<sup>-1</sup> e máximo de 12,5 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 5). Observa-se ainda, que os maiores valores de ET<sub>0</sub> foram registrados para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2016 e março de 2017. Fato que provavelmente está relacionado à maior demanda atmosférica para estes períodos do ano na região. A ET<sub>0</sub> acumulada durante todo período experimental foi de 2576,5 mm ano<sup>-1</sup>.

**Figura 5.** Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) para grama e evapotranspiração da cultura das variedades Orelha de Elefante, Baiana e Miúda ao longo de 365 dias após o plantio – DAP. Santa Luzia, PB.



$ET_0$  de  $7,2 \text{ mm d}^{-1}$  determinada nesta pesquisa, está de acordo com o estudo desenvolvido por Divincula et al. (2019), que, no estado de Alagoas, encontraram valores de evapotranspiração de referência  $ET_0$  de  $7,4 \text{ mm d}^{-1}$ . Estes valores também estão de acordo com Cavalcante Junior et al. (2010) e Borges Júnior e Pinheiros (2019), que encontraram  $ET_0$  média de  $7,5 \text{ mm d}^{-1}$  para as regiões de Mossoró-RN e Petrolina-PE. Portanto, os valores de  $ET_0$  do presente estudo se adequam aos mencionados na literatura para regiões com características climáticas semelhantes (regiões semiáridas).

A evapotranspiração da cultura das diferentes variedades de palma forrageira foi obtida através do balanço hídrico ao longo dos 365 dias após o plantio – DAP (Figura 5). Os níveis mais elevados da  $ETc$  ocorreram quando a cultura se encontrava com mais de 170 DAP. O consumo médio de água durante a condução da cultura para as variedades Orelha de Elefante, Baiana e Miúda foi de  $4,8$ ;  $4,8$  e  $4,6 \text{ mm dia}^{-1}$ , respectivamente. Observou-se que o

máximo consumo de água foi de  $16,5$ ;  $16,7$  e  $16,7 \text{ mm dia}^{-1}$  para as três variedades estudadas (Figura 5). Essa variação no consumo de água, em termos de evapotranspiração da cultura, pode ser associada às variações climáticas observadas durante o período de condução do experimento.

Os valores de  $ETc$  determinados diferem dos reportados por Pereira et al. (2017) e por Han e Felker (1997), que estudando as espécies *Opuntia* e *Nopalea*, obtiveram  $ETc$  equivalente à média de  $1,5 \text{ mm d}^{-1}$ . O mesmo ocorre quando comparamos os resultados do presente estudo com os encontrados por Consoli, Inglese e Inglese (2013), Silva et al. (2015) e Queiroz et al. (2016), que ao trabalharem com plantas do mesmo gênero, encontraram, respectivamente, valores de  $ETc$  média iguais a  $2,5$ ;  $2,4$  e  $2,6 \text{ mm d}^{-1}$ .

No entanto, os valores de evapotranspiração da cultura determinados no presente estudo (Figura 5) estão de acordo com os encontrados por Divincula et al. (2019) ( $ETc$  média de  $4,2 \text{ mm d}^{-1}$ ) e se

aproximam dos citados por Meirelles et al. (2011) e Santana et al. (2016) para as forrageiras Braquiária brizantha e Tifton-85. Silva et al. (2012) também reporta valor semelhante para a planta soca de cana-de-açúcar C4 (ETc média de 4,7 mm d<sup>-1</sup>).

Queiroz et al. (2016) afirmam que a variação no consumo hídrico da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido se dá em decorrência da variação climática, que pode aumentar o consumo (evapotranspiração) ou fornecimento (precipitação pluviométrica) hídrico. Corroborando com esta afirmativa, Freire (2012) assegura que a palma forrageira quando cultivada com grande disponibilidade de água, passa a funcionar como plantas C3.

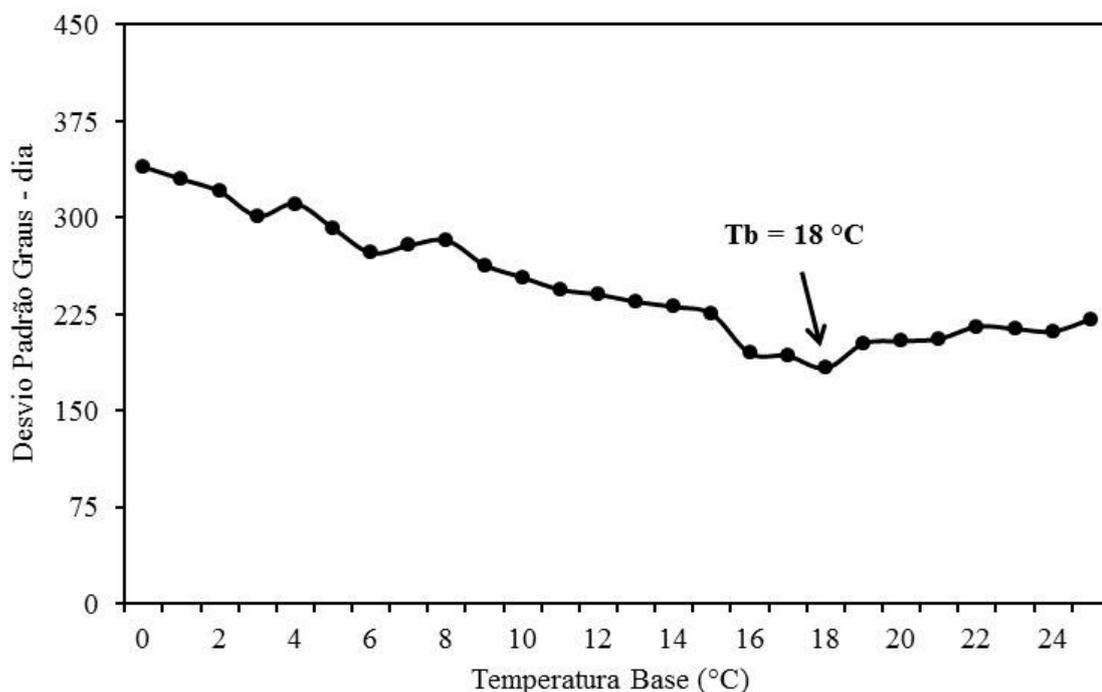
De acordo Taiz et al. (2017), existem plantas que são consideradas de metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) obrigatórias, essas funcionam sempre com este mecanismo; enquanto outras espécies tais como: *Ananas comosus* (abacaxi), *Agave sisalana* (Sisal) e *Opuntia ficus-indica* (palma forrageira)

quando cultivadas na presença de água desenvolvem-se com a via C3 para seu metabolismo, porém quando cultivadas sob déficit hídrico, meio salino ou mesmo em condições inadequadas de fotoperíodo, apresentam metabolismo ácido das crassuláceas. Desse modo, pode-se constatar que as plantas consideradas CAM facultativas, quando com suprimento hídrico aquedado ao seu pleno desenvolvimento mudam de metabolismo CAM para C3, desta forma abrem seus estômatos e fixam CO<sub>2</sub>, ao longo do dia, via rubisco.

### 5.3 Determinação da temperatura base e da soma térmica

A temperatura basal (Tb) determinada pelo método do desvio padrão em graus dia evidencia que o valor de Tb encontrado foi de 18 °C (Figura 6), para todas as variedades estudadas, esse valor difere da temperatura base de 22°C adotada por Araújo Junior et al. (2017).

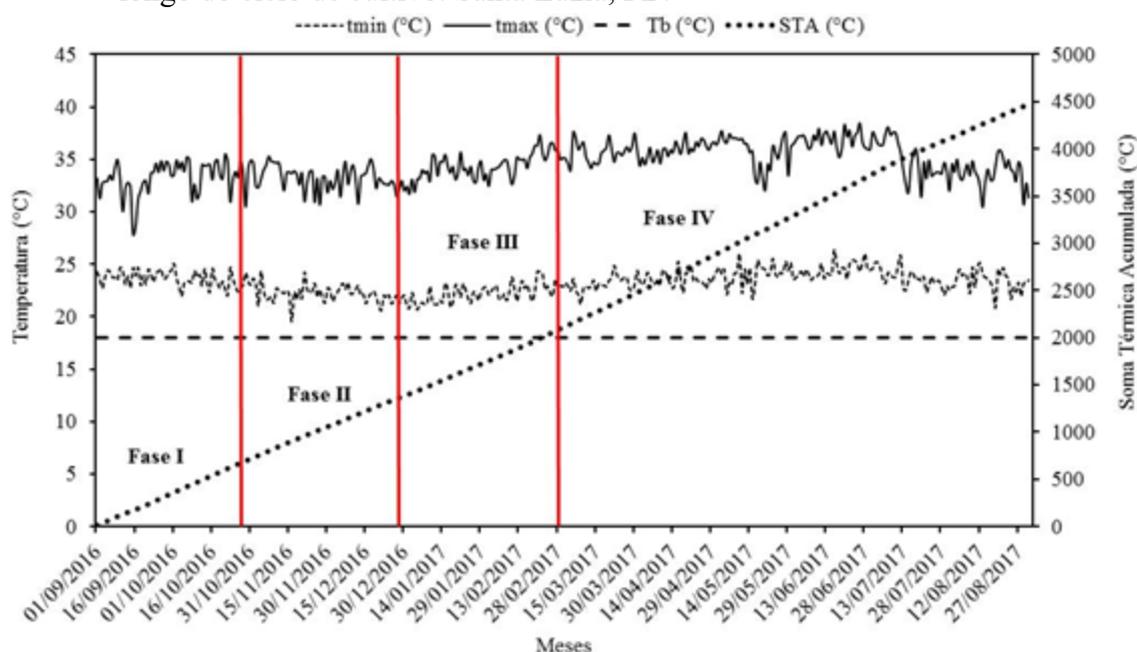
**Figura 6.** Representação gráfica da estimativa da temperatura basal - Tb para a palma forrageira pelo método do desvio padrão em graus dia - DPgd. Santa Luzia, PB.



Segundo Arnold (1959), uma temperatura do ar acima da temperatura basal inferior implica em acúmulo de graus-dia. Assim sendo, a quantificação da temperatura basal da palma forrageira é fundamental para que se tenha uma referência sobre a temperatura mínima que a palma suporta, sem que haja paralisação no seu desenvolvimento.

As máximas temperaturas observadas em cada fase de desenvolvimento da palma foram de 35,49; 35,03; 37,33 e 38,45 °C; e as temperaturas mínimas de 25,05; 24,24; 24,31 e 26,36 °C para as fenofase I, II, III e IV, respectivamente (Figura 7).

**Figura 7.** Temperaturas máximas ( $t_{m\acute{a}x}$ ) e mínimas ( $t_{m\acute{i}n}$ ) do ar registradas, temperatura basal ( $T_b$ ) e a soma térmica acumulada (STA) para a 1°, 2°, 3° e 4° fenofase ao longo do ciclo de cultivo. Santa Luzia, PB.



Segundo Bezerra et al. (2014) e Rocha (2012) o maior potencial produtivo da palma forrageira ocorre em regiões cuja temperatura média oscila entre 16,1 °C e 25,4 °C; com máximas entre 28,5 °C e 31,5 °C e mínimas variando de 8,6 °C a 20,4 °C. Todavia, nota-se que as temperaturas máxima e mínima da palma determinadas no presente estudo, foram superiores às observadas pelos autores anteriormente citados. Os valores elevados de temperatura determinados nesta pesquisa estão relacionados com o fato de a área experimental ter como principais características, temperaturas elevadas e umidade do ar relativamente baixa.

Observa-se ainda que em todas as fenofase da palma forrageira a temperatura mínima do ar esteve sempre acima da temperatura basal (18 °C), significando que a planta não sofreu paralisação no crescimento em nenhuma das fases fenológicas, permitindo a emissão de cladódios de forma mais rápida e eficiente (Figura 7). Arnold (1960) afirma que temperatura basal pode ser definida como a temperatura abaixo da qual a planta tem seu crescimento e desenvolvimento nulo ou mesmo desprezível, essa ação ocorre geralmente no período de inverno; essa temperatura basal é fundamental para a determinação dos graus-dia das culturas,

sendo os graus-dia calculado em função da diferença entre a temperatura média do ar durante o dia e a temperatura basal da espécie estudada.

Cabe destacar, ainda que essas informações reativas ao crescimento e desenvolvimento vegetativo, assim como a estimativa da temperatura basal, de espécies como a palma forrageira, são relevantes para se determinar as necessidades hídricas da cultura em condições edafoclimáticas distintas do centro de origem da cultura.

As somas térmicas nos períodos I, II, III e IV foram, respectivamente, de 835, 1383, 2043 e 4471 °C para a variedade Orelha de Elefante; 823, 1373, 2031 e 4471 °C, para a variedade Baiana e 823, 1363, 1941 e 4471°C para a variedade Miúda (Figura 7). A diferença para os valores de soma térmica entre as variedades está possivelmente relacionada ao tempo que cada variedade levou para emitir os cladódios de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem.

Esse critério de tempo para emissão de cladódio de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem, de acordo com Silva et al. (2015), é considerado subjetivo para se determinar as diferentes fases de desenvolvimento das variedades de palma forrageira, outro fator que pode estar associado a esta diferença são as características genéticas intrínsecas de cada variedade, que pertencem a diferentes espécies.

Do mesmo modo, Araújo Júnior et al. (2017), analisando a palma forrageira Orelha de Elefante, obtiveram soma térmica de 3.178 °C ao final de um ciclo de 380 dias. Já Silva et al. (2015), ao avaliarem a

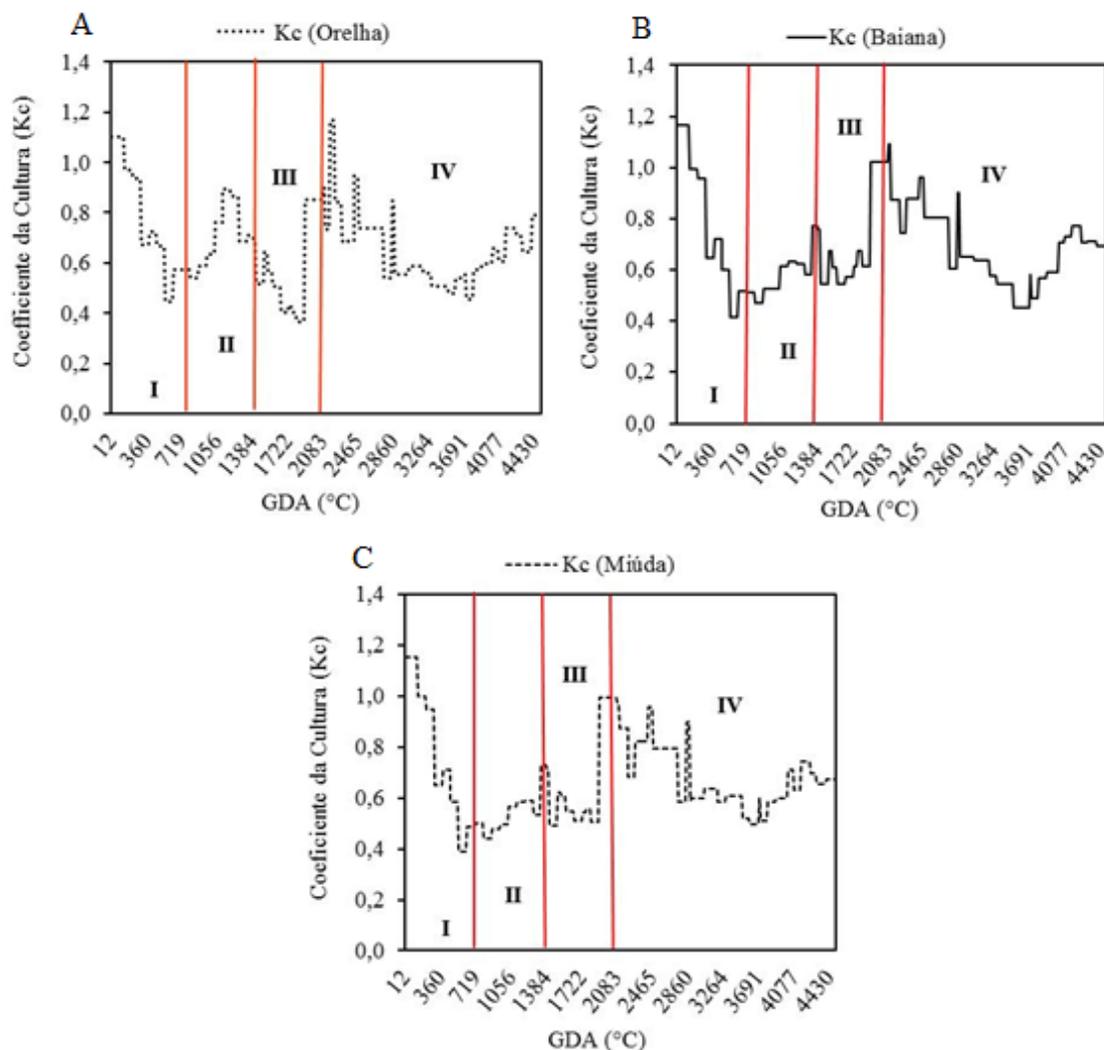
exigência térmica da palma forrageira em cultivo exclusivo, obtiveram uma exigência térmica anual igual a 2.767 °C. Evidenciando que cada variedade possui somas térmicas diferentes, em função das características genéticas que influenciam no tempo de emissão de cladódios.

Estes valores são inferiores aos obtidos no presente estudo, uma vez que Silva et al. (2015) adotaram temperatura basal de 22 e 20 °C, em decorrência disso, a palma apresentou baixo acúmulo diário de energia térmica e, portanto, de acordo com os autores, a palma forrageira necessita de maior tempo para emitir uma unidade de cladódio. Esse fato não foi observado neste estudo, visto que a  $T_b$  foi de 18°C, sendo inferior à temperatura mínima durante todo período experimental, o que favorece a emissão de cladódios com maior rapidez; além disso, a temperatura máxima foi superior a 34°C, o que favorece o acúmulo diário de energia térmica.

#### **5.4 Determinação dos coeficientes de cultivo**

Os coeficientes da cultura para as variedades estudadas ao longo dos 365 dias após o plantio, nas diferentes fases de desenvolvimento, encontram-se inseridos na Figura 8. Os valores médios de coeficiente de cultura obtidos na primeira fase foram 0,78; 0,74 e 0,73, na segunda fase 0,72; 0,59 e 0,54, na terceira fase 0,56; 0,69 e 0,60, e na quarta fase 0,65; 0,69 e 0,69 para as variedades Orelha de Elefante, Baiana e Miúda, respectivamente.

**Figura 8.** Coeficiente da cultura das variedades de palma forrageira Orelha de Elefante (A), Baiana (B) e Miúda (C) em razão do somatório térmico. Santa Luzia, PB.



Os valores de graus dias (GDA) para primeira fase foram 835; 823 e 823, na segunda fase os valores de GDA foram 1383; 1373 e 1363, para terceira fase foram determinados os valores de 2942; 2031 e 1941 GDA, e na quarta fase os valores foram e 4471 GDA, para as variedades Orelha de Elefante, Baiana e Miúda, respectivamente (Figura 8). No início da primeira fase, os valores de Kc em todas as variedades foram superiores a 1, fato que pode ser justificado devido a planta constituir-se na fase inicial apenas do cladódio basal. Neste período, a ausência de cladódios reduz a área evapotranspiratória da planta, proporcionando maior incidência

de luz solar diretamente no solo, aumentando a evaporação.

Amorim et al. (2017) afirmam que obtiveram apenas três fases de desenvolvimento na palma forrageira variedade Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*), sendo que a primeira fase durou sete meses e a segunda e terceira fases variaram em decorrência da lâmina de irrigação aplicada. Esta diferença observada pode ser decorrente do manejo ofertado a cultura e das características climáticas dos locais estudados.

O coeficiente de cultura da palma forrageira, conforme exposto na Figura 8, apresentou variação com relação às fases de

desenvolvimento, sendo em média igual a 0,72; 0,70 e 0,70, para as variedades orelha de elefante mexicana, baiana e miúda, respectivamente, para o período de doze meses. Os valores de coeficiente de cultivo determinados na presente pesquisa muito se assemelham aos citados por Divincula et al. (2019), que por meio de lisímetros de drenagem, obtiveram Kc médio de 0,72; 0,84 e 0,48 pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e FAO-Radiação, respectivamente.

Contudo, estes valores estão acima dos encontrados por Consoli, Inglese e Inglese (2013), Queiroz et al. (2016) e Jardim et al. (2017), que para a mesma espécie de palma utilizada no presente estudo, encontraram, respectivamente, Kc médio de 0,40; 0,52 e 0,57. Entretanto, os valores de Kc determinados nesta pesquisa estão de acordo com os sugeridos por Arba et al. (2016), os quais afirmam que, para o manejo de cultivos de palma do gênero *Opuntia*, deve-se adotar Kc de 0,70.

O maior consumo relativo de água ocorreu nas fases I e IV, que foram 1,10; 1,15 e 1,16, respectivamente, para a Orelha de Elefante, Baiana e Miúda. Portanto, o valor de Kc a ser usado na elaboração de um projeto de irrigação desta cultura deverá ser a média das duas fases (Figura 8). Essa recomendação, está atrelada ao fato de o Kc médio ser baseado nos valores mínimos e máximos, sendo esses influenciados pelo índice de área foliar da cultura, assim como recomendação para irrigação, são considerados representativos.

## 6 CONCLUSÃO

As três variedades de palma forrageira obtiveram evapotranspiração superior a 4,5 mm dia<sup>-1</sup>.

O consumo hídrico nos períodos de cultivo I, e IV foi superior aos períodos II e III para todas as variedades em estudo.

A exigência térmica das três variedades de palma forrageira do plantio à colheita é superior a 4000°C.

Para um ciclo de doze meses, os coeficientes de cultivo médio das variedades orelha de elefante mexicana, baiana e miúda iguais a, respectivamente, 0,72; 0,70 e 0,70, foram superiores aos relatados na literatura para estas espécies.

Os coeficientes de cultura se ajustam satisfatoriamente a graus-dia de desenvolvimento das variedades de palma forrageira.

A temperatura basal foi inferior à temperatura mínima do ar durante todo o período experimental.

## 7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) processo n°88882.314940/2019-01 e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processos n° 167674/2017 pela concessão de bolsas, à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo apoio e oportunidade de desenvolver a pesquisa.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMORIM, D. M.; SILVA, T. G. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, L. S. B.; MINUZZI, R. B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H. K. M. N.; ALVES, C. P.; SILVA, T. G. F. Exigência térmica fenológica e anual da palma forrageira em consórcio com o sorgo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20.; SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5., 2017, Petrolina, Juazeiro. Anais [...]. Petrolina: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Juazeiro: Embrapa, 2017.*

ARBA, M.; FALISSE, A.; CHOUKR-ALLAH, R.; SINDIC, M. Effects of irrigation at critical crop stages on fruit yield and quality of cactus pear (*Opuntia spp.*). **Scientific Journal of Crop Science**, Teerã, v. 5, n. 3, p. 73-81, 2016.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n. 8, p. 430-445, 1959.

ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basic for computing heat unit. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 76, n. 5, p. 682-692, 1960.

BAYAR, N.; FRIJI, M.; KAMMOUN, R. Optimization of enzymatic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal. **Food Chemistry**, Washington, v. 241, n. 15, p. 127-134, 2018.

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

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; PINHEIRO, M. A. B. Daily Reference Evapotranspiration Based on Temperature for Brazilian Meteorological Stations. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 145, n. 12, p. 1-14, 2019. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001437. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29IR.1943-4774.0001437>. Acesso em: 10 mar. 2017.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; ALMEIDA, B. M.; OLIVEIRA, A. D.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; ARAÚJO, E. M.; VIEIRA, R. Y. M.; Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 87-92, 2010.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a semi-arid environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 139, n. 8, p. 680-690, 2013.

DAMASCENO, M. M.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Etnoconhecimento de espécies forrageiras no semi-árido da Paraíba, Brasil. **Revista Engenharia Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 219-228, 2010.

DIVINCULA, J. S.; SILVA, C. B.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, D. P.; SANTOS, L. W. Crop coefficient and water requirement of prickly pear in the Agreste region of Alagoas state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 12, p. 925-929, 2019.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

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

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1997.

JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, M. J.; QUEIROZ, M. G.; ALVES, C. P.; SILVA, T. G. F. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. no quarto ciclo produtivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20.; SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5., 2017, Petrolina, Juazeiro. **Anais [...]**. Petrolina: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Juazeiro: Embrapa, 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. mapa 150 x 200 cm.

MARQUES, P. A. A.; JOSÉ, J. V.; ROCHA, H. S.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; SOARES, D. A.; DUARTE, S. N. Consumo hídrico do manjeriço por meio de lisímetro de drenagem. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 745-761, 2015.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N. R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1733-1742, 2004.

MEIRELLES, M. L.; FRANCO, A. C.; FARIAS, S. E. M.; BRACHO, R. Evapotranspiration and plant-atmospheric coupling in a *Brachiaria brizantha* pasture in the Brazilian savannah region. **Grass and Forage Science**, Zurich, v. 66, n. 2, p. 206-213, 2011.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SILVA, M. J. Water balance in soil cultivated with forage cactus clones under irrigation. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 776-785, 2017.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 2013. 183 p.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SOUZA, C. A. A.; E CARVALHO, H. F. S. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

ROCHA, J. E. S. **Palma forrageira no Nordeste do Brasil**: estado da arte. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012. 40 p. (Documentos, 106).

RODRIGUES, J. C.; SOUZA, P. J. O.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueiras no nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.

SANTANA, M. J.; WACHSMUTH, R.; SGOBI, M. A.; ALMEIDA, F. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do tifton-85 em Uberaba, MG. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 9, n. 3, p. 39-50, 2016.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48 p. (Documentos, 30).

SILVA, P. F. **Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

SILVA, A. P. G.; SOUZA, C. C. E.; RIBEIRO, J. E. S.; SANTOS, M. C. G.; PONTES, A. L. S.; MADRUGA, M. S. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 1810-1820, 2015.

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 químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. Suplemento, p. 866-875, 2012.

SUASSUNA, P. **Lucratividade da Cultura da Palma Forrageira na Paraíba**. João Pessoa: FAEPA: SEBRAE: SENAR, 2007. Disponível em: <http://www.suassuna.net.br/2019/05/produtividade-da-cultura-de-palma.html>. Acesso em: 24 jul. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, v. 1, n. 30, p. 1-8, 1972.