

### III-659 – VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E ÍNDICES DE RESPOSTA HÍDRICA DA PALMA FORRAGEIRA FERTIRRIGADA COM EFLUENTE DOMÉSTICO

**Ianca Carneiro de Carvalho**<sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

**Lucas Costa dos Santos**<sup>(2)</sup>

Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

**Dayse Barbosa Nicanor**<sup>(3)</sup>

Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

**Vitor Hugo Araújo Rodrigues**<sup>(4)</sup>

Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

**Patrícia dos Santos Nascimento**<sup>(5)</sup>

Engenheira Agrônômica pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Doutora em Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Docente da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua G, 14 – Campo Limpo (Feira VI) – Feira de Santana - BA - CEP: 44034248 - Brasil - Tel: (74) 99941-9229 - e-mail: [eng.iancacarneiro@gmail.com](mailto:eng.iancacarneiro@gmail.com)

#### RESUMO

A palma forrageira necessita de um incremento hídrico, devido a problemática da seca no semiárido. Essa demanda pode ser suprida com o uso de esgoto doméstico tratado. Com isso, essa pesquisa teve como objetivo analisar a influência do uso de efluente doméstico nas variáveis biométricas e sobre os Índices de Resposta Hídrica (IRH) da palma forrageira. O estudo ocorreu na sede da Equipe de Estudos e Educação Ambiental (EEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). A espécie estudada foi a *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., conhecida como Gigante. Foram empregados seis tratamentos compostos por água de chuva (AC) e efluente (EF), sendo eles: T1 (100% AC), T2 (75% AC e 25% EF), T3 (50% AC e 50% EF), T4 (25% AC e 75% EF), T5 (100% EF) e Tc (10% AC). Os volumes foram determinados de acordo com a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). As medidas biométricas (Altura da planta (AP), Largura da planta (LP), Número de Cladódios quanto à ordem de surgimento na planta (NC)), foram realizadas em todas as plantas da área experimental e os Índices de Resposta Hídrica (IRH) (NTC - Número total de cladódios médios por planta; AP - Altura da planta; LP - Largura da planta; NC - Número de cladódios por ordem), foram obtidos considerando a relação entre os dados biométricos finais e os valores acumulados de  $ET_0$  para o período de análise (dois meses). Os resultados demonstraram que os tratamentos que possuem maior volume de efluente doméstico, foram mais relevantes para o crescimento da palma forrageira. Assim, a aplicação dos tratamentos contribuiu positivamente com o desenvolvimento da palma forrageira, entretanto, os efeitos desses sobre os Índices de Resposta Hídrica (IRH), não diferem entre si.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cactácea, Complementação alimentar, Reuso agrícola.

#### INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro apresenta grande variação espacial e temporal na precipitação pluviométrica, com médias anuais abaixo de 800 mm (MORENGO, 2008; RAMOS *et al.*, 2007; SANTOS; CUNHA; RIBEIRO-NETO, 2019). Essa variabilidade climática, em particular as situações de seca, geram danos ao desenvolvimento de atividades que dependem totalmente do período chuvoso, especialmente as atividades de subsistência (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Diante da problemática da seca, muitas estratégias de convívio com o semiárido são promovidas, as quais favorecem o acesso à água, ao alimento e a inclusão social. Dentre essas, tem-se o cultivo da palma forrageira, uma cactácea que por ter metabolismo especializado, é adaptada a esse ambiente, produzindo quantidades

significativas de massa verde durante longos períodos com baixas precipitações pluviométricas, sendo intensamente empregada na alimentação animal pelos agricultores na região Nordeste (SENAR, 2018).

Todavia, a palma também é afetada pela instabilidade climática das áreas semiáridas, assim necessitando de um incremento hídrico. Nesse contexto, o esgoto doméstico, se tratado adequadamente, pode gerar uma fonte opcional de água para reuso agrícola (MAYER *et al.*, 2020). Ademais na agricultura, este recurso serve tanto como fonte hídrica como nutricional para a planta, diminuindo a necessidade de insumos (água e fertilizantes químicos) (MARMO; SILVA, 2015).

Diante do exposto, é notória a importância da palma forrageira para a complementação alimentar dos animais no Nordeste, ressaltando também a relevância do reuso agrícola de efluente doméstico para promover o seu rendimento, especialmente em épocas de secas. Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo analisar a influência do uso de efluente doméstico nas variáveis biométricas e sobre os Índices de Resposta Hídrica (IRH) da palma forrageira.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo ocorreu na sede da Equipe de Estudos e Educação Ambiental (EEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), no município de Feira de Santana/BA. A espécie da palma forrageira analisada foi a *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., conhecida como Gigante (Figura 1), a qual foi proveniente de uma propriedade localizada na margem da BR 116, no município de Tucano-Ba, visto que é a mais cultivada na região semiárida da Bahia (ALMEIDA, 2011).



**Figura 1: Palma forrageira com identificação da ordem dos seus cladódios e com destaque para a aréola.**

Fonte: Autoria própria (2022).

O plantio da cultura foi realizado no dia 29 de setembro de 2022, após a cicatrização das raquetes (17 dias na sombra). Essas foram plantadas inteiras e individualmente em vasos de 15 litros de volume, no sentido Leste-Oeste, com 40% do seu comprimento total enterrado (SENAR, 2018). Houve a necessidade de molhar o solo antes do plantio, dispondo cerca de 1,5 L de água de poço (Figura 2).



Figura 2: Humidificação do solo (A), Abertura da cova (B) e Plantio (C).  
 Fonte: Autoria Própria (2021).

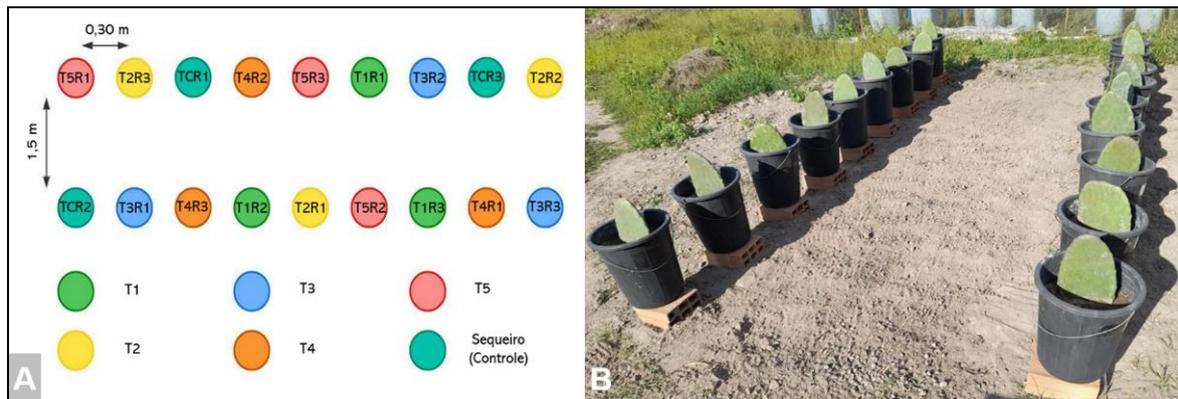
Depois de 15 dias de adaptação, período no qual a cultura foi irrigada apenas com água de poço, cujo volume foi determinado levando em consideração a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), essa passou a ser irrigada com diferentes concentrações de efluente tratado, oriundo de uma fossa séptica biodigestora e com água de chuva, a qual é coletada na EEA, totalizando seis tratamentos (Tabela 1). Esses foram fornecidos por meio da irrigação manual, com a utilização de um regador, todas as sextas-feiras no início da manhã (entre 08:00 e 09:00) ou final da tarde (após 16:30), conforme a necessidade.

Tabela 1: Tratamentos utilizados no cultivo da palma forrageira.

Tratamentos	Água de chuva (AC)	Efluente (EF)
T1	100%	0%
T2	75%	25%
T3	50%	50%
T4	25%	75%
T5	0%	100%
Controle	10%	0%

Fonte: Autoria Própria (2022).

Cada tratamento foi disposto em um bloco com três repetições, completando 18 parcelas experimentais, incluído uma plantação em sequeiro (controle), com espaçamento de 1,5 m x 0,30 m, ocupando uma área de aproximadamente 9 m<sup>2</sup> (Figura 3). A manutenção dessa área, foi realizada por meio do monitoramento para a retirada de vegetação e averiguação do possível surgimento de alguma praga ou doença.



**Figura 3: Delineamento experimental (A) e Estabelecimento da palma forrageira (B).**

Fonte: Autoria Própria (2022).

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), foi obtida pelo método de Penman-Monteith (Equação 1), como recomendado pela FAO (ALLEN *et al.*, 1998), usando-se dados da estação meteorológica que está instalada ao lado da EEA, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$ET_0 = \left[ \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \right] \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

- $ET_0$  - é a evapotranspiração de referência diária ( $\text{mm.d}^{-1}$ );
- $Rn$  - é o saldo diário de radiação ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ );
- $G$  - é o fluxo diário de calor no solo ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ );
- $T$  - é a temperatura média diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $u_2$  - é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura ( $\text{m.s}^{-1}$ );
- $e_s$  - é a pressão de saturação do vapor d'água média diária (kPa);
- $e_a$  - é a pressão de vapor média diária (kPa);
- $\Delta$  - é a declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T ( $\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ );
- $\gamma$  - é o coeficiente psicrométrico ( $\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

A evapotranspiração de cultura ( $ET_c$ ), foi constatada pela Equação 2, utilizando o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) de acordo com a fase em que a palma se encontrava no momento do cálculo (Tabela 2).

$$ET_c = ET_0 \times k_c \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

- $ET_c$  - Evapotranspiração de cultura;
- $ET_0$  - Evapotranspiração de referência;
- $k_c$  - Coeficiente de cultivo da cultura a ser irrigada.

**Tabela 2: Fenofases, graus dias e coeficiente de cultura da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) para um período de um ano.**

Fenofases	Estádios	Duração das fases (dias)	Graus dias	Kc
I	Plantio a Cladódio de 2ª ordem	1 a 71	835	0,78
II	Cladódio de 2ª ordem a Cladódio de 3ª ordem	72 a 121	1.383	0,72
III	Cladódio de 3ª ordem a Cladódio de 4ª ordem	122 a 178	2.942	0,56

<b>IV</b>	Cladódio de 4ª ordem a Flores e Frutos	179 a 365	4.471	0,65
-----------	--	-----------	-------	------

Fonte: Adaptado de LIMA et al. (2021).

A necessidade de irrigação acumulada é quantificada conforme a Equação 3:

$$N_i = ET_c - P_c \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

$N_i$  - Necessidade de irrigação (mm);

$P_c$  - Precipitação (mm).

Para determinação do volume diário ( $V_{di}$ ) de água de irrigação que cada vaso recebeu, foi multiplicado a necessidade de irrigação acumulada pela área superficial do vaso (ASV), ou seja,  $V_{di} = N_i \times ASV$  (SILVA, 2020).

As medições biométricas foram realizadas em todas as plantas da área experimental, de modo que as primeiras medições foram realizadas após 15 dias de adaptação, sendo elas:

- Altura da planta (AP).
- Largura da planta (LP).
- Número de cladódios quanto à ordem de surgimento na planta (NC).

Posteriormente foram calculados os Índices de Resposta Hídrica (IRH) (NTC - Número total de cladódios médios por planta; AP - Altura da planta; LP - Largura da planta; NC - Número de cladódios por ordem), que apontam a evolução das variáveis do crescimento em função do consumo de água pela cultura; para isto, foi considerada a relação entre os dados biométricos finais e os valores acumulados de  $ET_0$  para o período de análise (dois meses) (Equação 4) (QUEIROZ *et al.*, 2015).

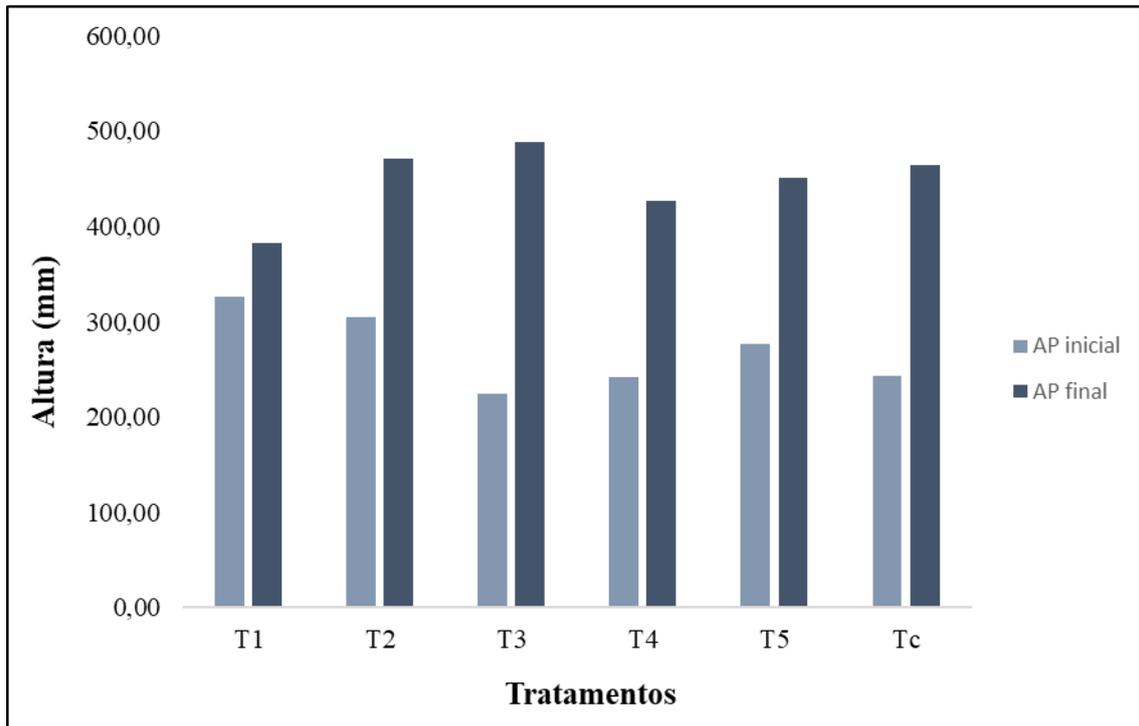
$$IRH = \frac{X_n}{ET_0} \quad \text{equação (4)}$$

Em que:  $X_n$  - dado biométrico da variável  $n$  ( $mm \text{ mm}^{-1}$  ou  $unid. \text{ mm}^{-1}$  ou  $g \text{ mm}^{-1}$  ou  $mm^2 \text{ mm}^{-1}$ ).

Para comparação entre os efeitos decorrentes dos tratamentos, os IRH, foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para verificação da normalidade, sendo constatada, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e o teste de média de Tukey, a nível de 0,05 de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram feitas no programa RStudio.

## RESULTADOS

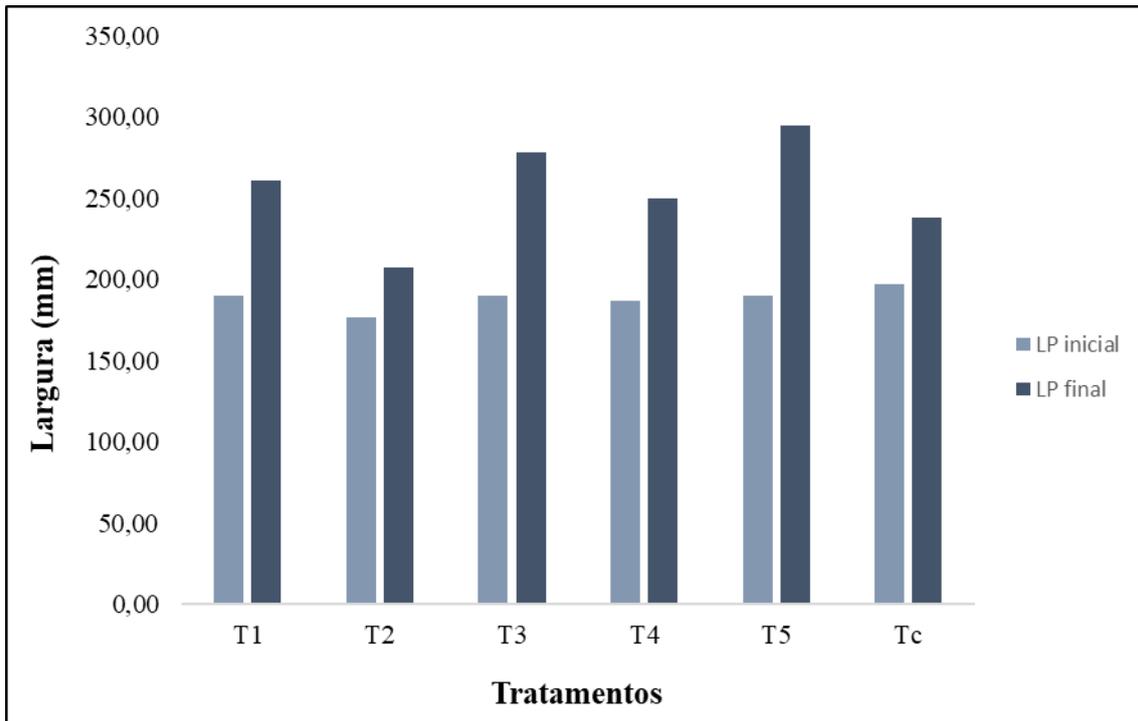
Com a obtenção das medidas biométricas foi possível averiguar o efeito dos diferentes tratamentos no desenvolvimento da palma forrageira (Figura 5 e 6). Para a altura da planta (AP), que é a maior distância vertical entre a superfície do solo e a extremidade superior do cladódio mais alto, representada pela Figura 5, nota-se que o T3 favoreceu mais essa variável, visto que as plantas irrigadas com esse tratamento cresceram em média 263,33 mm/mês, já o T1 foi o que menos contribuiu para o crescimento vertical da cultura, com uma média de 56 mm/mês. Atentando para o tratamento controle ( $T_c$ : 221,67 mm/mês), a diferença entre a medida deste e do T3 foi de 41,67 mm/mês, ou seja, houve um crescimento de 15,82% ao comparar esses dois tratamentos.



**Figura 5: Altura (AP) inicial e final da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* (L.) Mill.) por tratamento aplicado.**

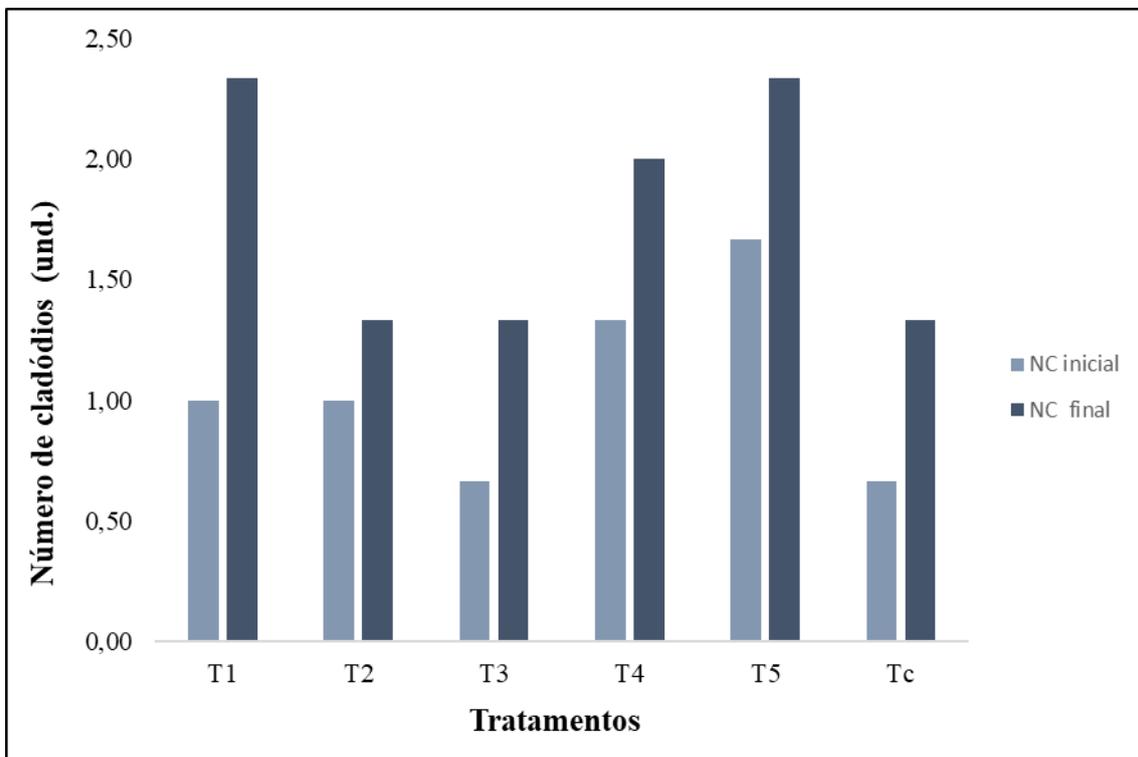
Tratando-se da largura da planta (LP), que é a maior largura horizontal entre cladódios das extremidades, percebe-se na Figura 6, que o T5 cooperou mais à essa medida, já que em média seu crescimento foi de 105 mm/mês. Já o T2 foi o que menos colaborou com a evolução horizontal da planta. Tendo em conta o tratamento controle (Tc: 41,67 mm/mês), repara-se que as plantas fertirrigadas com o T5 tiveram um crescimento de 60,32%.

Lemos *et al.* (2021), constataram que o uso de efluente de esgoto doméstico na irrigação de palma forrageira, melhorou seu crescimento e produção em relação à palma em sequeiro (controle) e irrigada com água potável, independente do intervalo de irrigação ou espaçamento entre as plantas, contribuindo com uma produção lucrativa.



**Figura 6: Largura (LP) inicial e final da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* (L.) Mill.) por tratamento aplicado.**

Tratando-se do Número de cladódios (NC), no período estudado houve a presença apenas de cladódios de primeira ordem, assim analisou-se a quantidade destes por tratamento, visto que a ordem é a mesma para todos (Figura 7).



**Figura 7: Número de cladódios (NC) inicial e final da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* (L.) Mill.) por tratamento aplicado.**

O T1 foi mais relevante para o NC, com um surgimento médio de 1,33 cladódios/mês, já o T2 foi o que menos impactou, com um nascimento médio de 0,33 cladódios/mês. Os demais tratamentos foram intermediários, com um aparecimento médio de 0,67 cladódios/mês.

Frota et al. (2015), verificaram que plantas derivadas de cladódios inteiros apresentaram superioridade em todos os aspectos morfológicos (número de cladódios por planta, comprimento, largura, e área fotossintética total da planta, bem como a mortalidade inicial nos tratamentos). Ademais, a quantidade de brotos por planta e a área fotossintética da planta no cultivo com cladódios inteiros foram 86% e 93% superiores aos dos cladódios seccionados respectivamente.

Os Índices de Resposta Hídrica (IRH) das variáveis biométricas da palma forrageira podem ser observados na Tabela 3, ressaltado que a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) acumulada para o tempo de análise foi de 82,58 mm.

**Tabela 3: Índices de Resposta Hídrica (IRH) de variáveis biométricas da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* (L.) Mill.) em função da evapotranspiração de referência, submetida a diferentes tratamentos.**

Tratamentos	Índices de Resposta Hídrica (IRH)			
	AP (mm.mm <sup>-1</sup> )	LP (mm. mm <sup>-1</sup> )	NTC (unid. mm <sup>-1</sup> )	NC (unid. mm <sup>-1</sup> )
<b>T1</b>	4,63	3,16	0,03	0,03
<b>T2</b>	5,71	2,51	0,01	0,01
<b>T3</b>	5,91	3,37	0,01	0,01
<b>T4</b>	5,17	3,03	0,02	0,02
<b>T5</b>	5,47	3,57	0,03	0,03
<b>Tc</b>	5,63	0,71	0,01	0,01

NTC - Número total de cladódios médios por planta; AP - Altura da planta; LP -Largura da planta; NC - Número de cladódios por ordem.

Observando a Tabela 3, constata-se que o T3 apresentou o maior valor (5,91 mm.mm<sup>-1</sup>) para a variável biométrica AP, quanto para a LP, o T5 foi o que mais se sobressaiu com 3,57 mm.mm<sup>-1</sup>. Já para o NTC e o NC os valores foram os mesmo para todos os tratamentos, visto que todos os cladódios são de primeira ordem, porém, o T1 e T5 obtiverem um maior índice (0,03 unid. mm<sup>-1</sup>). Ou seja, os tratamentos que possuem maior volume de efluente doméstico, foram mais relevantes para o crescimento da palma forrageira.

Entretendo, as diferenças entre os tratamentos impostos sobre os índices de resposta hídrica não são estaticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Esse fato pode estar atrelado a fenofase a qual a cultura se encontra, que no caso é a fenofase I, visto que é a segunda mais longa (70 dias) e a que possui a maior demanda hídrica ( $K_c = 0,78$ ) do ciclo. Para mais, a altura, largura e número de cladódios da palma forrageira Gigante são menos afetados pelos agroecossistemas, em detrimento à maior influência dos sistemas de produção (MATOS, 2020).

## CONCLUSÕES

A aplicação dos tratamentos contribuiu positivamente com o desenvolvimento da palma forrageira, entretanto, os efeitos desses sobre os Índices de Resposta Hídrica (IRH), não diferem entre si.

A pesquisa ocorreu na fase inicial do cultivo, a qual é afetada por diversos fatores ligados a adaptação da planta, como o surgimento de pragas e doenças, podendo retardar o seu crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R. G. *et al.* Determination of  $E_{T_0}$ . In: ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. n. 56, p. 65-79, 1998.
2. ALMEIDA, J. A **palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade.** 2011. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA, 2011.
3. FROTA, M. N. L. *et al.* **Desenvolvimento inicial e características morfológicas da palma forrageira cv Miúda, adensada, oriunda de cladódios inteiros e fracionados, com níveis crescentes de adubação orgânica.** In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA – ZOOTEC, Associação brasileira de zootecnistas, Fortaleza – CE, 2015.
4. LEMOS, M. *et al.* Efeito do efluente de esgoto doméstico e da densidade de plantio no crescimento e produtividade da palma forrageira na região semiárida do Brasil. **Journal of Arid Environments**, v. 185, 2021.
5. LIMA, A. S. *et al.* Consumo hídrico e exigência térmica da palma forrageira em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu – SP: Edição Especial – Nordeste, v. 1, n. 1, p. 110-128, 2021.
6. MATOS, L. V. **Cultivo da palma forrageira ‘Gigante’ em agroecossistemas do semiárido baiano.** Tese (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba – MG, 2020.
7. MARMO, C. R.; SILVA, W. T. L. Saneamento básico rural: tecnologias e soluções. In: Brasil. **Saúde e Ambiente para as populações do campo, da floresta e das águas.** Brasília: Ministério da Saúde, p. 105-123, 2015.
8. MAYER, C. M. *et al.* Tecnologia de tratamento de esgoto: uma alternativa de saneamento básico rural e produção de água para reuso agrícola no semiárido brasileiro. Repositório de casos sobre o Big Push para a Sustentabilidade no Brasil. Biblioteca De La CEPAL, p. 4-13, 2020.
9. MORENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. **Parcerias Estratégicas**, n. 27, p. 149–175, 2008.
10. OLIVEIRA, F. T. *et al.* Palma Forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, Mossoró/RN, v.5, n.4, p. 27 – 37, 2010.
11. QUEIROZ, M. G. *et al.* Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande/PB, v.19, n.10, p.931–938, 2015.
12. RAMOS, S. O. *et al.* Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê - Bahia: contribuição para uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. S4, p. 227–233, 2007.
13. SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M. A.; RIBEIRO-NETO, G. G. Avaliação de Dados de Precipitação para o Monitoramento do Padrão Espaço-Temporal da Seca do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, p. 80–100, 2019.
14. SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Palma forrageira: cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro.** Brasília – DF: SENAR, 3. ed., 2018.
15. SILVA, P. V. S. R. **Desenvolvimento do girassol irrigado com águas de diferentes qualidades.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Estadual da Bahia, Feira de Santana. 2010.