

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**Daniel Bezerra do Nascimento**

**Zootecnista**

**INDICADORES PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E NUTRICIONAIS  
DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMAS BISSALINOS NA  
DEPRESSÃO SERTANEJA DE PERNAMBUCO**

**GARANHUNS-PE**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**Daniel Bezerra do Nascimento**

**Zootecnista**

**INDICADORES PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E NUTRICIONAIS  
DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMAS BISSALINOS NA  
DEPRESSÃO SERTANEJA DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Área de concentração: Produção Animal.

Orientador:

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

Coorientadores:

Prof. Dr. Gheman Garcia Leal de Araújo

Prof. Dr. Alexandre Tavares da Rocha

**GARANHUNS-PE**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**INDICADORES PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E NUTRICIONAIS  
DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMAS BLOSSALINOS NA  
DEPRESSÃO SERTANEJA DE PERNAMBUCO**

Dissertação elaborada por  
DANIEL BEZERRA DO NASCIMENTO

Aprovado em 08 de março de 2021

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. André Luiz Rodrigues Magalhães**  
Zootecnista, *M.Sc.* em Zootecnia, *D.Sc.* em Zootecnia  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco  
(Orientador)

---

**Profa. Ana Lúcia Teodoro**  
Zootecnista, *M.Sc.* em Zootecnia, *D.Sc.* em Zootecnia  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,  
Campus Paulistana  
(Examinadora)

---

**Rayanne Thalita de Almeida Souza**  
Zootecnista, *M.Sc.* em Ciência Animal e Pastagens, *D.Sc.* em Zootecnia  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – PNPd/PPGZ/UFRPE  
(Examinadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N244i Nascimento, Daniel Bezerra do  
Indicadores produtivos, morfológicos e nutricionais da palma forrageira em sistemas bioassalinos na depressão sertaneja de Pernambuco / Daniel Bezerra do Nascimento. - 2021.  
75 f. : il.

Orientador: Andre Luiz Rodrigues Magalhaes.  
Coorientador: Gheman Garcia Leal de Araujo.  
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, 2021.

1. Água salobra. 2. Esterco. 3. *Opuntia stricta* (Haw.) Haw . 4. Semiárido. I. Magalhaes, Andre Luiz Rodrigues, orient. II. Araujo, Gheman Garcia Leal de, coorient. III. Título

CDD 636.089

*A Deus por nunca ter desistido de mim,*  
*Aos meus pais, José Francisco do Nascimento Filho e Maria Alves Bezerra do Nascimento,*  
*por todo amor e por seus esforços para que esse sonho se tornasse realidade,*  
*Ao meu irmão Rafael Bezerra,*  
*A minha noiva Tuany Nathan, por ser essa mulher incrível*  
*E a todos os meus familiares e amigos que sempre acreditaram no meu potencial.*

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por sua presença constante em todos os momentos da minha vida, sempre me proporcionando forças para lutar cada dia mais. Obrigado pai, pelo pão de cada dia e por me conceder uma família e amigos extraordinários.

Aos meus pais José Francisco do Nascimento Filho e Maria Alves Bezerra do Nascimento por todo apoio em todas as circunstâncias. Obrigado pelos seus esforços para nunca faltar nada em nossas vidas, principalmente amor e companheirismo.

Ao meu irmão Rafael Bezerra do Nascimento e minha cunhada Rafaela Arruda por toda ajuda e incentivo.

A minha noiva Tuany Nathan Epaminondas de Amaral por ser essa mulher incrível que sempre está disposta a me ajudar. Obrigado por todo apoio durante o mestrado, pelas idas a universidade, independente dos horários 01:00h, 02:00h ou 03:00h da madrugada você sempre estava ali comigo. Obrigado por me escutar e incentivar a crescer cada dia mais. Te amo, vida!

A minha família por toda torcida e ajuda, em especial minhas avós Marias e minhas tias Branca e Lene.

A minha madrinha e segunda mãe Samoa e seu esposo Romildo Soares por toda ajuda e acolhimento. Sou muito grato a Deus por ter colocado vocês em minha vida. Vocês foram fundamentais na minha graduação e no meu mestrado.

A família de minha noiva, em especial a minha sogra Aurení (D. Branca), à D. Rejane e Sr. Mário por todo acolhimento vivenciado, e aos meninos Matheus e Thiago.

Ao meu afilhado Antônio Arthur por todo amor.

Ao meu orientador Professor Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães, por ser um orientador incrível, exemplo de profissional e ser humano. Obrigado pelos conselhos, orientações e palavra amiga nos momentos turbulentos da minha graduação e mestrado. Quando não aguentava mais e pensava em desistir o Senhor Deus, o colocava em meu caminho para me aconselhar e direcionar os pensamentos. Suas palavras foram muito incentivadoras e preciosas em todos os momentos. Sempre vou levar comigo. “Se os outros conseguem, você também consegue!”

A minha amiga, Ana Lúcia Teodoro por ter plantado em mim a semente de pesquisador. Obrigado, Ana, por toda ajuda, ensinamentos e correções, você foi uma peça fundamental para a minha formação.

A minha amiga, Rayanne Thalita por sua amizade e ajuda nas análises de laboratório. Obrigado, Rai, você é luz nos caminhos das pessoas.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (URPE), pela disponibilidade do curso e recursos que aperfeiçoaram minha caminhada profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao professor Gheman Garcia Leal de Araújo por ter sido fundamental na realização do meu experimento.

Ao Dr. Fleming Campos por toda ajuda e paciência na realização dessa pesquisa e a Dra. Glayciane Gois pela amizade.

Ao meu amigo poeta, Getúlio Figueiredo de Oliveira pelo companheirismo, parceria, acolhimento e ajuda na realização do experimento. Um irmão que a EMBRAPA SEMIÁRIDO me proporcionou e a Amélia Macêdo pela ajuda, tenho uma admiração enorme por sua bravura nos trabalhos.

Ao meu amigo Cleyton Almeida de Araújo por toda ajuda em todos os momentos que precisei. Por ser esse cara incrível que espelha as pessoas ao seu redor. Um irmão que o mestrado me concedeu. Obrigado por tudo Zé!

Aos amigos Moema Sá, Lucas Reis e Elisângela Nunes por toda ajuda nas análises de biometria da palma.

Ao Hideo pelo apoio nas análises estatísticas e esclarecimentos dos resultados.

A minha turma de mestrado, Mery Assis, Mônica Couras e Yara América por toda ajuda e bom convívio. Em especial minha amiga Yara, obrigado por todo apoio, conselhos e pelas risadas. Toda sorte do mundo para vocês.

A equipe do meu grupo de estudo RUMIÁRIDAS, em especial Túlio Oliveira, Priscila Barreto e Vitória Souza por toda ajuda no laboratório.

Aos amigos Daniel Cardoso, Claudenilde Pinheiro, Luana Marques e Pedro Borba por todo conselho e ajuda nas análises laboratoriais.

Aos amigos de graduação e mestrado que fiz na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE): Rodrigo Moura, Deneson Oliveira, Daniel Melo, Marcelo Siqueira, Jéssica Rodrigues, Gislane Mendes e Beatriz Miranda.

A família de D. Inês e Sr. Irineu pela ajuda e amizade durante esses sete anos em Garanhuns.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da UFAPE, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da EMBRAPA, em especial ao João do Quilo e João do Couro pelas boas conversas, diminuía os estresses do trabalho e pela ajuda no campo.

Ao técnico de laboratório da EMBRAPA Sr. Alcides Amaral pela humildade, paciência e ajuda nas análises de laboratório.

Ao Lar Estudantil irmã Martha em Petrolina pelo acolhimento: em especial as supervisoras Eunice Nunes e Lúcia pela excelente administração, a D. Kátia por todo carinho e assistência e aos meus amigos do lar, Manuévely Bertoldo, Carlos Neves, Ítala Guimarães, Patrik Fernandes, Wesley Oliveira, Érick, Vinícius Villa, Welligton Farias, Lucas Ribeiro, Laís Dias, Claudiana Ramos e Suana Dias pelos bons momentos. Todo sucesso do mundo para vocês e muito obrigado.

Aos funcionários da UFAPE em especial aos do CENLAG: Sr. Jair e Sr. Cláudio por seus ótimos serviços prestados e pelos momentos de descontração.

E a todos que me ajudaram de alguma forma nessa trajetória, muito obrigado!



### *Epígrafe*

*“Aquele que habita no esconderijo do Altíssimo, à sombra do Onipotente descansará.  
 Direi do Senhor: Ele é o meu Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza, e nele confiarei.  
 Porque ele te livrará do laço do passarinheiro, e da peste perniciososa.  
 Ele te cobrirá com as suas penas, e debaixo das suas asas te confiarás; a sua verdade será  
 o teu escudo e broquel.  
 Não terás medo do terror de noite nem da seta que voa de dia.  
 Nem da peste que anda na escuridão, nem da mortandade que assola ao meio-dia.  
 Mil cairão ao teu lado, e dez mil à tua direita, mas não chegará a ti.  
 Somente com os teus olhos contemplarás, e verás a recompensa dos ímpios.  
 Porque tu, ó Senhor, és o meu refúgio. No Altíssimo fizeste a tua habitação.  
 Nenhum mal te sucederá, nem praga alguma chegará à tua tenda.  
 Porque aos seus anjos dará ordem a teu respeito, para te guardarem em todos os teus  
 caminhos.  
 Eles te sustentarão nas suas mãos, para que não tropeces com o teu pé em pedra.  
 Pisarás o leão e a cobra; calcarás aos pés o filho do leão e a serpente.  
 Porquanto tão encarecidamente me amou, também eu o livrarei; pô-lo-ei em retiro alto,  
 porque conheceu o meu nome.  
 Ele me invocará, e eu lhe responderei; estarei com ele na angústia; dela o retirarei, e o  
 glorificarei.  
 Fartá-lo-ei com longura de dias, e lhe mostrarei a minha salvação.”*

(Salmos 91: 1-16)

## BIOGRAFIA

**Daniel Bezerra do Nascimento**, filho de José Francisco do Nascimento Filho e Maria Alves Bezerra do Nascimento, nasceu em 09 de junho de 1995, na cidade de Cabo de Santo Agostinho, estado de Pernambuco. Estudou o ensino fundamental na Escola Municipal São José na cidade de Vertente do Lério-PE e ensino médio na Escola de Referência em Ensino Médio Severino Farias na cidade de Surubim-PE. Em 2014, ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Unidade Acadêmica de Garanhuns-Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde trabalhou em atividades de monitoria na disciplina de bioclimatologia animal, projetos de extensão e foi bolsista PIBIC desenvolvendo pesquisas na área de análise de alimentos para ruminantes, principalmente com forragens nativas e exóticas da região Semiárida. Em janeiro de 2019, recebeu o título de Bacharel em Zootecnia e em março de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na área de concentração Produção Animal, intensificando seus estudos na área de sistemas bioassalinos, e submetendo-se à defesa pública do trabalho de dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 08 de março de 2021.

## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Potencial produtivo e nutritivo da palma forrageira .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Utilização da agricultura biossalina na produção de forragem .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Utilização da água salina na irrigação da palma forrageira .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 Uso da matéria orgânica no cultivo da palma forrageira .....</b>	<b>23</b>
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Geral .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 Específicos .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<hr style="width: 100%;"/>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>34</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>35</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1 Local do experimento .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 Caracterização da água, solo e adubo orgânico utilizados no experimento.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3 Sistema de plantio e manejo da irrigação.....</b>	<b>41</b>
<b>2.4 Delineamento experimental .....</b>	<b>42</b>
<b>2.5 Respostas morfológicas e produtivas da palma forrageira.....</b>	<b>43</b>
<b>2.6 Composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> .....</b>	<b>44</b>
<b>2.7 Análise estatística.....</b>	<b>45</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Temperatura do ar (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação (C), Evapotranspiração de referência (D) e Lâmina de água salobra aplicada (E) durante o período experimental. ....	38
<b>Figura 2.</b> Representação esquemática do delineamento experimental .....	43
<b>Figura 3.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre a altura e largura de planta da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	48
<b>Figura 4.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre o número de cladódios totais, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	48
<b>Figura 5.</b> Efeito das lâminas de irrigação sobre o comprimento dos cladódios mães da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	49
<b>Figura 6.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre o comprimento dos cladódios primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	49
<b>Figura 7.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre a largura dos cladódios mães, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	51
<b>Figura 8.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre a espessura dos cladódios mães, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	52
<b>Figura 9.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre o perímetro dos cladódios mães, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	52
<b>Figura 10.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre a produção de matéria verde e matéria seca da palma forrageira cv. Orelha de elefante mexicana em sistema bioassalino .....	54
<b>Figura 11.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre o acúmulo de água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	54
<b>Figura 12.</b> Efeitos das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a eficiência no uso da água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino	55
<b>Figura 13.</b> Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a matéria mineral da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	57
<b>Figura 14.</b> Efeito da interação entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre o extrato etéreo da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	57
<b>Figura 15.</b> Efeito da interação entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a proteína bruta da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	58
<b>Figura 16.</b> Efeito da interação entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a cinza e a proteína insolúvel em detergente neutro da palma forrageira cv. Orelha de Elefante em sistema bioassalino.....	59
<b>Figura 17.</b> Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a fibra em detergente neutro e hemicelulose da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	59

<b>Figura 18.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre a fibra em detergente ácido e celulose da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	60
<b>Figura 19.</b> Efeito das doses de adubo orgânico sobre a lignina da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	60
<b>Figura 20.</b> Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	61
<b>Figura 21.</b> Efeito das interações entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre os carboidratos totais e carboidratos não fibrosos da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	62
<b>Figura 22.</b> Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre os carboidratos fibrosos da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	62
<b>Figura 23.</b> Efeito das lâminas de irrigação sobre a digestibilidade <i>in vitro</i> da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	63

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Composição químico-bromatológica da palma Orelha de Elefante Mexicana cultivada em diferentes condições .....	19
<b>Tabela 2.</b> Composição química da água utilizada na irrigação ao longo dos dezoito meses ..	39
<b>Tabela 3.</b> Composição química do solo da área experimental antes da instalação do experimento .....	40
<b>Tabela 4.</b> Composição física do solo da área experimental antes da implantação do experimento .....	41
<b>Tabela 5.</b> Composição química do adubo orgânico utilizado no experimento.....	41
<b>Tabela 6.</b> Quantidade de água precipitada e irrigada (mm) durante o experimento.....	42
<b>Tabela 7.</b> Efeito das lâminas de irrigação com água salobra e das doses de adubo orgânico sobre características morfológicas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	47
<b>Tabela 8.</b> Efeito das lâminas de irrigação com água salobra e das doses de adubo orgânico sobre características morfológicas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	50
<b>Tabela 9.</b> Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre as características de produção de matéria verde, produção de matéria seca, acúmulo de água e eficiência do uso da água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino.....	53
<b>Tabela 10.</b> Efeito das lâminas de irrigação e doses de adubo orgânico sobre a composição químico-bromatológica e digestibilidade <i>in vitro</i> da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino .....	56

NASCIMENTO, D.B. **Indicadores produtivos, morfológicos e nutricionais da palma forrageira em sistemas bioassalinos na depressão sertaneja de Pernambuco.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens. UFRPE. Garanhuns-PE. Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães.

### RESUMO

A palma forrageira é amplamente utilizada nas regiões Semiáridas do Nordeste brasileiro como fonte alimentar para os rebanhos principalmente nos períodos de estiagem devido suas características fisiológicas, produtivas e nutricionais. Tendo em vista, a importância do desenvolvimento de estratégias de manejo da palma, que possam contribuir para o incremento da produção de forragem na região Semiárida e para o fortalecimento da agricultura bioassalina, objetivou-se avaliar o efeito da irrigação com água salobra e doses de adubo orgânico sobre os aspectos morfológicos, produção, composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da palma forrageira no Semiárido pernambucano. O experimento foi conduzido em uma área já implantada com palma forrageira, variedade Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). O delineamento adotado foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 5 x 4 com quatro repetições, composta por cinco lâminas de água (LA) (0%; 12,5%; 25%; 37,5% e 50% da evapotranspiração - ETo) e quatro doses de adubo orgânico (AO) (0, 15, 30, e 45 Mg.ha<sup>-1</sup>) proveniente de esterco misto de caprinos e bovinos, curtido. As interações LA x AO não influenciaram as características morfológicas e de produção da palma forrageira, no entanto, observou-se efeito isolado principalmente do AO. Houve efeito linear positivo (P=0,001) para as variáveis altura da planta (AP) (53,68 a 89,92 cm), largura da planta (LP) (55,12 a 133,67 cm) e número de cladódios totais (NCT) (5,74 a 26,17 cladódios) com incremento relativo de 0,805 cm na altura, 1,746 cm na largura e 0,454 cladódios para cada tonelada de adubo orgânico adicionado. Houve efeito linear positivo (P=0,001) nos dados de produção de matéria verde (PMV) (58,49 a 409,85 Mg.ha<sup>-1</sup>), produção de matéria seca (PMS) (4,89 a 34,76 Mg.ha<sup>-1</sup>), acúmulo de água (AA) (53,60 a 375,09 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) e eficiência no uso da água para a PMS (EUA-MS) (7,64 a 51,87 kg MS.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) com incremento relativo de 7,808 Mg.ha<sup>-1</sup>, 0,664 Mg.ha<sup>-1</sup>, 7,144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e 0,983 kg MS.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> a cada tonelada de adubo orgânico adicionado, respectivamente. A EUA-MS apresentou efeito isolado para LA (P=0,013) com comportamento linear negativo. Observou-se interação entre as LA x AO para proteína bruta (PB) (P=0,043), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) (P=0,041), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (P=0,001), extrato etéreo (EE) (P=0,001), carboidratos totais (CHO) (P=0,032) e carboidratos não fibrosos CNF (P=0,015), em que as concentrações de PB, CHO, CNF, assim como a DIVMS são favorecidas pela aplicação de menores LA salobra. Diante disso, o incremento de adubo orgânica em até 45 megagramas por hectare associado ao uso menores lâminas de água salobra são recomendadas para o cultivo da palma orelha de elefante mexicana cultivada na região Semiárida.

**Palavras-chave:** Água salobra, esterco, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw e Semiárido.

NASCIMENTO, D. B. **Productive, morphological and nutritional indicators of forage palm in biosalin systems in the hinterland depression of Pernambuco.** Dissertation (Master in Animal Science and Pastures). Graduate Program in Animal Science and Pastures. UFRPE. Garanhuns-PE. Advisor: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães.

### ABSTRACT

The forage palm is widely used in the Semi arid regions of Northeastern Brazil as a food source for herds, especially during dry periods due to its physiological, productive and nutritional characteristics. Bearing in mind the importance of developing management strategies regarding the cactus pear, which can contribute to the increase of forage production in the Semi-Arid region and to the strengthening of biosalin agriculture, the objective was to evaluate the effect of irrigation with brackish water and levels of organic fertilizer on the morphological aspects, production, chemical composition and *in vitro* digestibility of the cactus pear in the semiarid of Pernambuco. The experiment was carried out in an area already implanted with palm forage of the Mexican elephant ear (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) variety. The design adopted was of randomized blocks in a 5 x 4 factorial arrangement with four replications, composed of five water slides (WS) (0%; 12.5%; 25%; 37.5% and 50% of evapotranspiration - ETo) and four doses of organic fertilizer (OF) (0, 15, 30, and 45 Mg.ha<sup>-1</sup>) from mixed goat and bovine manure, tanned. The WS x OF interactions did not influence the morphological and production characteristics of the cactus pear, however, an isolated effect was observed mainly for the OF. There was a positive linear effect (P=0.001) for the variables plant height (PH) (53.68 to 89.92 cm), plant width (PW) (55.12 to 133.67 cm) and total number of cladodes (TNC) (5.74 to 26.17 cladodes) with the relative increase of 0.805 cm in height, 1.746 cm in width and 0.454 cladodes for each ton of added organic fertilizer. There was a positive linear effect (P=0.001) in the data of green matter production (GMP) (58.49 to 409.85 Mg.ha<sup>-1</sup>), dry matter production (DMP) (4.89 to 34.76 Mg.ha<sup>-1</sup>), water accumulation (WA) (53.60 to 375.09 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) and water use efficiency for PMS (WUE-DM) (7.64 to 51.87 kg DM.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) with a relative increase of 7.808 Mg.ha<sup>-1</sup>, 0.644 Mg.ha<sup>-1</sup>, 7.144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> and 0.983 kg MS.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> for each ton added of organic fertilizer, respectively. The WUE-DM showed an isolated effect for WS (P =0.013) with negative linear behavior. An interaction was observed between WS x OF for crude protein (CP) (P =0.043), neutral detergent insoluble ash (ADIA) (P=0.041), neutral detergent insoluble protein (NDIP) (P=0.001), ether extract (EE) (P=0.001), total carbohydrates (CHO) (P =0.032) and NFC non-fibrous carbohydrates (P=0.015), in which the concentrations of CP, CHO, NFC, as well as IVDMD are favored by the application of thinner brackish WS. Therefore, the increase of organic fertilizer in up to 45 megagrams per hectare associated with the use of thinner layers of brackish water is recommended for the cultivation of Mexican elephant ear cactus pear cultivated in the Semiarid region.

**Keywords:** Brackish water, manure, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw and Semi-arid.



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Em regiões Áridas e Semiáridas, a irregularidade da precipitação pluvial e a pouca disponibilidade de água doce pode limitar o desenvolvimento de uma pecuária competitiva e viável economicamente (SILVA, 2017). Nesse contexto, surge como alternativa a utilização das águas de poços subterrâneos, que em sua maioria apresentam níveis elevados de salinidade. Quando bem manejada, a utilização desta água de forma racional e controlada pode ser uma alternativa para uso na irrigação de algumas culturas. De acordo com Lima et al. (2018), a irrigação em um sistema de produção depende do desempenho agroeconômico, que se baseia na resposta produtiva, receita líquida e viabilidade econômica.

A palma forrageira responde positivamente ao uso da irrigação. De acordo com Araújo Júnior et al. (2021), a variedade Orelha de elefante Mexicana quando irrigada oferece retorno econômico a partir de 18 meses após o plantio. Porém exige-se precaução na irrigação dessa cactácea com água salina, uma vez que quando em excesso no solo, os sais podem comprometer a exploração agrícola racional pois exercem efeitos de natureza osmótica, toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional, causando redução no crescimento e desenvolvimento das culturas, consequentemente trazendo sérios prejuízos à atividade agrícola (ANDRADE et al., 2019). Além de promover variações nas estruturas químicas e físicas do solo, culminando em perda de fertilidade e a susceptibilidade à erosão (SCHOSSLER et al., 2012).

Diante dos prejuízos que a água salina pode causar, é necessário minimizar a toxicidade dos sais e melhorar as propriedades do solo com o uso de abordagens econômicas, como a aplicação de adubo orgânico (SHAABAN et al., 2013). Os benefícios da adição de materiais orgânicos a este respeito devem-se ao seu papel na minimização dos efeitos deletérios dos sais no solo através de melhorias, modificação e alteração das características químicas e físicas do solo, bem como ao seu papel como fertilizante (MURTAZA et al., 2020).

Para uma maior produtividade dos palmais, a implementação de um sistema de produção onde a complementação hídrica na forma de irrigação com água salobra de poços subterrâneos da região e a adequada incorporação de matéria orgânica é uma alternativa para os agricultores dessa região, principalmente devido o cenário de restrição de água doce. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da irrigação com água salobra e doses de adubo orgânico sobre os aspectos morfológicos, produção, composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da palma forrageira no Semiárido pernambucano.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Potencial produtivo e nutritivo da palma forrageira**

A palma forrageira representa a maior parte do alimento ofertado aos animais durante o período de estiagem nas regiões do Semiárido nordestino, o que é justificado pelas seguintes características: Rica em água, mucilagem e resíduo mineral, apresenta alto coeficiente de digestibilidade da matéria seca e possui alta produtividade por unidade de área (LOPES et al., 2013). O que a torna uma alternativa viável para manter níveis adequados de produtividade animal na região Semiárida (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010).

Segundo Abidi et al. (2009), a palma forrageira apresenta, em média, 90% de água em sua composição. Esse alto teor de água presente na palma contribui para a diminuição do consumo de água de bebida pelos animais (MAGALHÃES et al., 2019), o que favorece a produção animal nos períodos de déficit hídrico, comuns na região Semiárida. Alguns autores observaram que o consumo de água via bebedouro diminuiu linearmente à medida que os níveis de palma na dieta aumentaram (BISPO et al., 2007; CAVALCANTI et al., 2008; ABIDI et al., 2009; SOARES et al., 2017). Segundo o NRC (2001), a exigência de água pode ser atendida por meio de três fontes diferentes: consumo voluntário de água; ingestão de água proveniente dos alimentos; e água proveniente do metabolismo dos nutrientes no organismo.

Dentre as variedades de palma forrageira, a Orelha de Elefante Mexicana (OEM) apresenta boas repostas agronômicas, sendo menos exigente em nutrientes, mais tolerante às condições de estresse hídrico e possui maior produção de matéria seca por unidade de área em comparação a palma Miúda (LOPES et al., 2019). Porém apresenta variação na composição química (Tabela 1). De acordo com Dúbeux júnior et al. (2010), a composição químico-bromatológica pode apresentar muitas variações conforme a idade da planta, época de colheita, clima, manejo de adubação e espaçamento de plantio.

**Tabela 1.** Composição químico-bromatológica da palma Orelha de Elefante Mexicana cultivada em diferentes condições

Referências	MS <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	MM <sup>2</sup>	PB <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	CNF <sup>2</sup>	FDN <sup>2</sup>	FDA <sup>2</sup>
g.kg <sup>-1</sup>								
Araújo Júnior et al. (2021)	86,5	840,2	159,7	35,8	8,0	-	161,6	-
Conceição et al. (2018)	105,5	802,5	198,0	55,5	12,1	406,7	291,6	-
Góes Neto et al. (2021)	103,4	811,4	-	74,1	16,2	342,8	421,2	281,0
Pessoa et al. (2020)	96,86	889,9	112,8	53,1	15,4	616,7	210,0	141,1
Monteiro et al. (2019)	123,0	914,0	86,0	55,0	-	550,0	259,0	-
Morais et al. (2019)	107,7	893,2	-	63,6	-	545,1	272,4	-
Silva et al. (2018)	94,0	881,2	-	60,0	12,7	547,3	262,0	-

MS = Matéria seca, MO = matéria orgânica, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE= Extrato étereo, CNF = carboidratos não fibrosos, FDN = fibra em detergente neutro e FDA = fibra em detergente ácido. <sup>1</sup>g.kg<sup>-1</sup> de matéria natural. <sup>2</sup>g.kg<sup>-1</sup> de MS.

A alta produtividade da palma forrageira na região Semiárida ocorre devido sua adaptação ao clima dessa região que pode ser explicado, em parte, pela abertura dos estômatos essencialmente à noite, quando as temperaturas ambientes se apresentam amenas, o que reduz as perdas de água por evapotranspiração, possuindo assim uma alta eficiência no uso da água (EUA) (TAIZ & ZAIGER, 2016).

A EUA pela palma forrageira é de 50:1, ou seja, 50 kg de água para cada 1 kg de matéria seca produzida, enquanto as plantas C3 e C4 apresentam eficiências de 1000:1 e 500:1, respectivamente (PEREIRA et al., 2012). A EUA pode ser diferente entre as cultivares, como demonstrado por estudos de Silva et al. (2014b) no qual constatou que o cv. Orelha de Elefante Mexicana apresentou a EUA superior aos demais cultivares estudados, considerando a produção de matéria verde.

O sistema de produção de palma forrageira na região Semiárida é marcado pela baixa adoção de tecnologias, o que acarreta diretamente a uma produtividade inferior à capacidade da cultura e múltiplas opções de uso que não são exploradas. Tradicionalmente, em condições de cultivo não irrigado, a palma forrageira é colhida a cada dois anos (SILVA et al., 2015), porém, o início e duração de cada fase vegetativa pode variar em função das práticas de manejo adotadas, adiando ou antecipando o momento de colheita da cultura (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021). Dentre essas tecnologias pode-se destacar a utilização da irrigação, adubação ou adoção do plantio mais adensado com técnicas que aumentam o rendimento da cultura e a integração desses.

Ao se dispor de um sistema de irrigação, mesmo que a quantidade de água seja limitada, ou seja, mesmo em condições em que o suprimento hídrico por meio da irrigação não atinja os requerimentos da cultura, uma pequena quantidade de água pode promover respostas positivas na planta, principalmente na palma (LIRA et al., 2016).

O uso da irrigação promove e garante a sobrevivência do palmal, além de gerar uma reserva verde estratégica de água. De acordo com Cândido et al. (2013), o potencial hídrico de um cultivo adensado de palma forrageira cultivar Gigante com produção de 400 Mg. de matéria verde por hectare, com teor de água na palma em torno de 90%, pode fornecer em um hectare em torno de 360.000 litros de água para os rebanhos no Semiárido.

## **2.2 Utilização da agricultura bioessalina na produção de forragem**

Agricultura bioessalina é um termo amplo, usado para caracterizar o cultivo de plantas forrageiras irrigadas com águas de poço salinizada (MASTERS et al., 2007). Segundo a Embrapa Semiárido (2012), o aproveitamento das fontes de águas salinas é uma alternativa que pode mitigar a crise de abastecimento de água, especialmente nas zonas Áridas e Semiáridas do planeta. Essas águas são utilizadas em irrigações e apresentam quantidades variadas de sais que em determinadas concentrações podem interferir no desenvolvimento e produção das culturas.

Os efeitos do estresse salino nas plantas variam dependendo de diferentes fatores, como o nível de concentração de sal, duração da exposição, estágio fenológico, interação com as condições ambientais e resistência da espécie ou cultivar às condições de salinidade (TOSCANO et al., 2019), enquanto a capacidade da planta de sobreviver e se desenvolver sob estresse salino é função dos seus mecanismos de tolerância ou escape ou a combinação de ambos (MUNNS & TESTER, 2008). Conforme o grau de tolerância à salinidade, as plantas podem ser classificadas em halófitas: Plantas que possuem um conjunto de adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas que os ajudam a germinar, crescer, se reproduzir e completar seu ciclo de vida em ambientes com elevadas concentrações de sais (NIKALJE et al., 2018); e glicófitas: Plantas que não são adaptadas para tolerar a salinidade (CHEESEMAN et al., 2015).

Alguns halófitas desenvolveram células epidérmicas modificadas que acumulam  $\text{Na}^+$  excessivo em seus vacúolos, o que lhes permite se adaptar a alta salinidade (ZHAO et al., 2020), podendo se desenvolver em ambientes com concentrações salina acima de 200 mM (milimolar) (CHEESEMAN et al., 2015).

No Nordeste, como em outras regiões do Brasil, o uso de águas subterrâneas tem aumentado nos últimos anos. A perfuração do solo para alcançar as águas é uma prática que os agricultores da região Semiárida utilizam em busca de uma fonte hídrica para suprir as necessidades das plantas, tornando-se assim uma alternativa importante para o desenvolvimento da agricultura irrigada (SANTOS et al., 2020).

A agricultura bioassalada, quando utilizada da forma correta pode aumentar a produção das culturas, entretanto, quando utilizada juntamente com o manejo inadequado do meio, pode ocasionar grandes perdas dentro de um sistema produtivo, em função do aumento excessivo da concentração de sais no solo. Os efeitos dos sais sobre o solo ocorrem basicamente pela interação eletroquímica existente entre os sais e a argila (GHEYI et al., 2016).

O aumento da concentração de sódio trocável no solo poderá torná-lo adensado, compacto em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas (GHEYI et al., 1991; DIAS & BLANCO, 2010). A concentração de sódio no solo é capaz de promover a dispersão das partículas de argila, tornando o solo pulverizado, provocando entupimentos nos microporos, redução da aeração e infiltração de água (GASPARETTO et al., 2009).

Melloni et al. (2000) resumiram os efeitos da salinidade do solo sobre as plantas em: efeito provocado pela redução do potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelo excesso e efeito tóxico dos íons sódio e cloreto. O efeito osmótico ocorre em função da presença de sais no solo que aumentam as forças de retenção de água, o que reduz sua disponibilidade para as plantas (ACOSTA-MOTOS et al., 2017) e em consequência disso reduz também a disponibilidade de nutrientes.

O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis na solução do solo poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em virtude disso, a planta não irá absorver água, e conseqüentemente nutrientes, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS & BLANCO, 2010).

Outro efeito provocado pela salinização é o desequilíbrio nutricional da planta causado pelos distúrbios na absorção e, ou, distribuição dos nutrientes. A redução na absorção de Ca, por exemplo, pode levar à perda da integridade da membrana plasmática, comprometendo a capacidade de absorção de alguns íons, principalmente o potássio (K) (CACHORRO et al., 1994; FARIAS et al., 2009).

Em relação a toxicidade em plantas provocadas pela utilização de água salina, acontece principalmente devido à presença dos íons de cloro, sódio e boro. Estes íons ao serem absorvidos pelas plantas são acumulados nos seus tecidos em concentrações suficientemente altas a um nível que possa provocar danos às culturas e reduzir seu rendimento (SILVA et al., 2011).

Um dos principais determinantes da produção pecuária na agricultura biossalina é a quantidade de biomassa produzida que pode ser consumida pelos animais (MASTERS et al., 2007). O aperfeiçoamento da utilização da água salobra vem sendo objeto de estudos e consequentemente os efeitos do sal no desenvolvimento e distribuição de nutrientes nas plantas tem sido melhor compreendido.

### **2.3 Utilização da água salina na irrigação da palma forrageira**

O Semiárido possui uma rede de rios muito pobres, com baixos volumes de escoamento (ROCHA & SOARES, 2015). Essa situação pode ser explicada em função da variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais e das características geológicas dominantes, onde há predominância de solos rasos baseados sobre rochas cristalinas e, consequentemente, baixas trocas de água entre o rio e o solo adjacente (ARAÚJO, 2015).

Nesse cenário, o uso de águas subterrâneas, especificamente as águas salina e salobra, são importantes para aumentar a produção agrícola e pecuária no Semiárido. Além disso, a disponibilidade da água para consumo humano e para a prática agrícola vem sendo gradativamente reduzida tanto em qualidade como em quantidade, fazendo assim necessário o uso alternativo de água com maiores teores de sais para atender a demanda da irrigação agrícola nessas regiões (SILVA et al., 2014a).

A água utilizada para irrigação tem sua qualidade definida em função de três critérios que são: a sua salinidade, expressa como condutividade elétrica que avalia o risco de aumentar a concentração de sais solúveis no solo; a sua sodicidade expressa como Relação de Adsorção de Sódio, RAS, que avalia o risco de elevar a percentagem de sódio trocável, causando deterioração na estrutura do solo e por fim a sua toxidade que avalia o acúmulo de determinados íons nos tecidos das plantas (ALMEIDA, 2010).

A utilização da irrigação com água salobra para otimizar o crescimento e a sobrevivência das culturas é uma alternativa estratégica que pode ser utilizada pelos agricultores inseridos em regiões que tem como característica a irregularidade da distribuição temporal e

espacial das precipitações. Entretanto, o uso de água salinizada deve ser feito de forma racional, pois a falta de conhecimento no uso desse recurso pode levar à total perda da cultura, além de inviabilizar o uso do solo para outras culturas ou até mesmo acelerar um processo de desertificação (SILVA, 2017).

Para Nobel (2001), a salinidade do solo com 100 ppm (partes por milhão) inibe a captação atmosférica de CO<sub>2</sub> e o crescimento das *Opuntias* em 30%. Esses níveis geralmente são ultrapassados em solos irrigados com água salina, bem como sob condições naturais, quando as altas temperaturas provocam altas taxas de evaporação e, conseqüentemente, acúmulo de sais na superfície do solo. Segundo Araújo Júnior et al. (2021), a palma forrageira não apresenta tolerância ao estresse salino, ocorrendo de maneira geral, uma inibição do desenvolvimento radicular e da parte aérea dos palmais em solos salinos, porque níveis elevados de sódio no solo inibem a fixação de CO<sub>2</sub> (DUBEUX JÚNIOR & SANTOS, 2005).

Freire et al. (2018) avaliando frequência de irrigação (7, 14, 21 e 28 dias) e níveis de salinidade (0,3; 0,5; 1,5 e 3,6 dS.m<sup>-1</sup> de NaCl), perceberam que a palma miúda não tolerou a maior quantidade de sais quando irrigada com menor intervalo. Em vista disso, é importante então entender a tolerância da palma e das outras plantas em relação à salinidade para maior eficiência da irrigação em cada cultura. Ao escolher pelo uso da água salobra na irrigação da palma forrageira, o solo deve estar bem drenado e a irrigação continue até o período chuvoso, uma vez que a chuva promove a lixiviação dos sais (SANTOS et al., 2020).

No entanto, a utilização de sistemas de irrigação com água salobra pode aumentar a produtividade dos palmais quando bem manejadas como demonstra os trabalhos de Fonseca et al. (2019), irrigando a palma gigante com 33% ETo com intervalo de três dias, promoveu o aumento da altura e número de cladódios totais da planta.

#### **2.4 Uso da matéria orgânica no cultivo da palma forrageira**

A escolha do sistema de plantio ideal para a palma forrageira é influenciada por diversos aspectos tais como condições climáticas, qualidade do solo, tamanho da propriedade, oferta de mão de obra, assistência técnica, possibilidade de mecanização, custos de aquisição de insumos, disponibilidade de adubo orgânico, níveis e fontes dos adubos, pragas e doenças, cultivo consorciado ou solteiro, espaçamento utilizado e dentre outros (PADILHA JÚNIOR et al., 2016).

A adubação mineral e orgânica de manutenção é uma importante medida de manejo da cultura da palma forrageira, devendo ser realizada a cada corte, considerando a elevada extração de nutrientes com a remoção das raquetes (LEMOS, 2016).

Os adubos minerais possuem grande eficiência na disponibilidade de nutrientes para as plantas, mas devido ao seu alto custo nem sempre o pecuarista possui condições financeiras suficientes para adquirir em quantidade e qualidade de acordo com as suas necessidades (MACEDO et al., 2018). Em vista disso, a utilização do adubo orgânico produzido na propriedade é uma opção para os agricultores. O uso da matéria orgânica como fontes de nutrientes em terras agrícolas melhora as propriedades físicas do solo, além de ser uma forma ambientalmente amigável de eliminação de resíduos (NAZLI et al., 2016).

Segundo Finatto et al. (2013), o adubo orgânico é constituído de resíduos de origem animal e vegetal, que, após a decomposição, resulta em matéria orgânica. No passado, as fontes orgânicas eram as únicas fontes utilizadas no solo, com o desenvolvimento de fontes minerais a adubação orgânica foi sendo menos utilizada e atualmente devido ao apelo social, sob o ponto de vista conservacionista e ecológico, essa prática vem ganhando espaço em áreas cultivadas com agricultura ou pecuária (MACEDO et al., 2018).

Entre os vários efeitos benéficos da matéria orgânica no solo em sistemas agrícolas, destaca-se o estímulo da microbiota do solo, condicionamento físico do solo (estrutura, porosidade), efeito tampão biológico e químico com fornecimento de cargas negativas e aumento da Capacidade de Troca de Cátions – CTC, nutrientes (N, P, K e S), controle térmico e melhor retenção de água (UNGERA et al., 1991; CONCEIÇÃO et al., 2005; BOULAL et al., 2011; LEMOS, 2016).

Diante das melhorias na textura do solo, a adubação orgânica pode aumentar a capacidade de suporte da região Semiárida. De acordo com Peixoto et al. (2018), a produção de matéria verde ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da palma forrageira gigante adubada com esterco bovino foi 33,03% superior em relação ao tratamento sem adubação.

Em relação a quantidade de matéria orgânica nos palmais, Dubeux Júnior. e Santos (2005) recomendaram o uso de 10 a 30  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de esterco bovino após cada colheita, dependendo do espaçamento de plantio utilizado. Enquanto Santos et al. (2002) sugeriram que, em plantios mais adensados, pode-se usar 30  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ramos et al. (2017) avaliaram o crescimento da palma forrageira cultivar Gigante em função da adubação com esterco caprino (0, 5, 10, 15, 20  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e observaram um aumento linear no número de cladódios com adição



de adubo orgânico. Barros et al. (2016) também observaram que a utilização de  $90 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico na palma miúda aumentou a quantidade média de cladódios de 7,17 para 20,9 unidades.

Segundo Macêdo et al. (2018), fatores como temperatura, pH e umidade do solo são essenciais para que a decomposição da matéria orgânica seja mais ou menos eficiente. Souto et al. (2005), ao avaliarem a velocidade de decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades, constataram que a taxa de decomposição foi fortemente influenciada pela precipitação pluvial ocorrida durante o período experimental. De acordo com Zhou et al. (2020), a umidade do solo atua na dinâmica dos microrganismos fundamentais para a ciclagem de nutrientes e a fertilidade dos agroecossistemas, que estimula o crescimento e a produção das plantas, pois a água contribui para que os minerais presentes na matéria orgânica sejam solubilizados e carregados com mais facilidade pelas raízes das palmas (NUNES, 2018).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIDI, S.; BEM SALEM, H.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v.87, n.1-3, p.9-16, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.004>
2. ACOSTA-MOTOS, J.R.; ORTUNO, M.F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M.J.; HERNANDEZ, J.A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v.7, n.1, p.18, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy7010018>
3. ALMEIDA, O.A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228p.
4. ANDRADE, E.M.G.; LIMA, G.S.; LIMA, V.L.A.; SILVA, S.S.; GHEYI, H.R.; ARAÚJO, A.C.; GOMES, J.P.; SOARES, L.A.A. Production and postharvest quality of yellow passion fruit cultivated with saline water and hydrogen peroxidem. **AIMS Agriculture and Food** v.4, n.4, p.907-920, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.4.907>
5. ARAÚJO, G.G.L. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.08-número especial, p.598-609, 2015.
6. ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B.; SOUZA, M.S.; ARAÚJO, G.G.L.; MOURA, M.S.B.; SANTOS, J.P.A.S.; JARDIM, A.M.R.F.; ALVES, C.P.; ALVES, H.K.M.N. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. **Bragantia**, v. 80, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200390>
7. BARROS, J.L.; DONATO, S.L.R.; GOMES, V, M.; DONATO, P.E.R.; SILVA, J.A.; PADILHA JÚNIOR, M.C. Palma forrageira ‘gigante’ cultivada com adubação orgânica. **Revista Agrotecnologia**, v.7, n.1, p.53-65, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v7n1p53-65>
8. BISPO, S.V.; FERREIRA, M.D.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.V.; PESSOA, R.A.S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim elefante: Efeito sobre o consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000800026>
9. BOULAL, H.; GÓMEZ-MACPHERSON, H.; GÓMEZ, J. A.; MATEOS, L. Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. **Soil & Tillage Research**, v.115, p.62–70, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.07.003>
10. CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, v.159, n.2, p.205-212, 1994.

11. CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, G.M.F.; LOPES, M.N.; XIMENES, L.J.F. Cultivo da palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural**, v.7, n.3, p.1-7, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1111/nph.13217>
12. CAVALCANTI, C.V.D.A.; FERREIRA, M.D.A.; CARVALHO, M.C. VÉRAS, A.S.C.; SILVA, F.M.D.; LIMA, L.E.D. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para vacas da raça holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.689-693, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000400015>
13. CHEESEMAN, J.M. The evolution of halophytes, glycophytes and crops, and its implications for food security under saline conditions. **New Phytologist**, v.206, n.2, p.557-570, 2015. Doi <https://doi.org/10.1111/nph.13217>
14. CONCEIÇÃO, M.G.; FERREIRA, M.A.; SILVA, J.L.; COSTA, C.T.F.; CHAGAS, J.C.C.; MONTEIRO, C.C.F. Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n.10, p.1627-1634, 2018. Doi: <https://dx.doi.org/10.5713%2Fajas.17.0927>
15. CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.777-788, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000500013>
16. DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. **Embrapa Meio-Norte- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010. 472p.
17. DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO 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**, v.5, n.1, p.129-135, 2010.
18. DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p.105-128.
19. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Rio+20: Tecnologias para aproveitamento de água salobra no Semiárido**. 2012.
20. FARIAS, S.G.F.; SANTOS, D.R.; FREIRE, A.L.O.; SILVA, R.B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (jacq.) kunth ex steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1499-1505, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500040>
21. FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M.C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, v.5, n.4, p. 85-93, 2013.
22. FONSECA, V.A.; SANTOS, M.R.; SILVA, J.A.; DONATO, S.L.R.; RODRIGUES, C.S.;

- BRITO, C.F.B. Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency of *Opuntia ficus-indica* irrigated with saline water. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.41, 2019. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42631>
23. FREIRE, J.L.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. BEZERRA NETO, E.; LIRA, M.A.; CUNHA, M.V.; SANTOS, D.C.; AMORIM, S.A.; MELL, O.A.C.L. Growth of cactus pear cv. Miúda under different salinity levels and irrigation frequencies. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, p.3893-3900, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820171033>
24. GASPARETTO, E.C.; BRAIDA, J.A.; CARNEIRO, M.; SCARIOT, J.J.; TABOLKA, C.L. Grau de flocculação da argila de um latossolo vermelho utilizado com lavoura e mata nativa. **Synergismus Scyentifica**, v.4, n.1, p.1-3, 2009.
25. GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACEDA, C.F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos y aplicados**. 2<sup>a</sup> ed. Fortaleza-CE, 2016. 504p.
26. GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; BATISTA, M.A.F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Mossoró: ESAM, 1991. 70p.
27. GÓES NETO, P.E.; SILVA, J.G.M.; AGUIAR, E.M.; MELO, A.A.S.; LIMA, G.F.C.; CARDOSO, D. B.; SILVA, H.P. Native and introduced forage cacto in Saanen dairy goat diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.43, p.1-7, 2021. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.510>
28. LEMOS, M. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do Semiárido brasileiro**. 2016. 244f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo e Água no Semiárido) – Universidade Federal de Rural do Semi-Árido – Mossoró-RN, 2016.
29. LIMA, L.R.; SILVA, T.G.F.; PEREIRA, P.C.; MORAIS, J.E.F.; ASSIS, M.C.S. Productive-economic benefit of forage cactus-sorghum intercropping systems irrigated with saline water. **Revista Caatinga**, v.31, n.1, p.191-201, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n1n122rc>
30. LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DIAS, F. M.; FERRAZ, A.P.F.; SILVA, M.C.; CUNHA, M.V.; MELLO, A.C.L.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, D.C.; FREITAS, E.V.; ARRUDA, D.M.P. Palma Forrageira: cultivo e usos. **CREA-PE: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco**. v.7, n.1, p.10-22, 2016.
31. LOPES, E.B.; COSTA, L.B.; CORDEIRO JÚNIOR, A.F.; BRITO, C.H. Rendimento e aspectos fenológicos de espécies de palma forrageira em relação ao cultivo com dois tipos de cladódios. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, p.59-61, 2013.
32. LOPES, L.A.; CARDOSO, D.B.; CAMARGO, K.S.; SILVA, T.G.P.; SOUZA, J.S.R.; SILVA, J.R.C.; MORAIS, J.S.; ARAÚJO, T.P.M. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.13, n.2, p.1-10, 2019. Doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a277.1-10>
33. MACEDO, A.J.S.; EDVAN, R.L.; SANTOS, E.M.; SOARES, M.N. Organic fertilization on tropical pastures: Review. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.19, n.3, p.1-19, 2018.

34. MAGALHÃES, A.L.R.; SOUSA, D.R.; NASCIMENTO JÚNIOR, J.R.S.; GOIS, G.C.; CAMPOS, F.S.; SANTOS, K.C.; NASCIMENTO, D.B.; OLIVEIRA, L.P. Intake, digestibility and rumen parameters in sheep fed with common bean residue and cactus pear. **Biological Rhythm Research**, v.50, p.1-10, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1592351>
35. MASTERS, D.G.; BENES, S.E.; NORMAN, H.C. Biosaline agriculture for forage and livestock production. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.119, n.3-4, p.234-248, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.08.003>
36. MELLONI, R.; SILVA, F.A.M.; CARVALHO, J.G. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, v.6, n.2, p.35-40, 2000.
37. MONTEIRO, C.C.F.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; GUIDO, S.I.; ALMEIDA, M.P.; SILVA, R.C.; INÁCIO, J.G. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, n.3, p.479-485, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1071/AN17256>
38. MORAIS, G.S.O.; GUIM, A.; TABOSA, J.N.; CHAGAS, J.C.C.; ALMEIDA, M.P.; FERREIRA, M.A. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions? **Livestock Science**, v. 221, n. 257, p. 133-138, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.026>
39. MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
40. MURTAZA, G.; SARWAR, G.; SABAH, N.S.; TAHIR, M.A.; MUJEEB, F.; MUHAMMAD, S.; MANZOOR, M.Z.; ZAFAR, A. Judicious use of saline water for growing sorghum fodder through the application of organic matter. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v.33, n.1, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.1.106.112>
41. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: D.C.: 2001. 363p.
42. NAZLI, R.I.; INAL, I.; KUSVURAN, A.; DEMIRBAS, A.; TANSI, V. Effects of different organic materials on forage yield and nutrient uptake of silage maize (*Zea mays* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v.39, n.7, p.912-921, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3906/tar-1302-62>
43. NIKALJE, G.C.; SRIVASTAVA, A.K.; PANDEY, G.K.; SUPRASANNA, P. Halophytes in biosaline agriculture: Mechanism, utilization and value addition. **Land Degradation & Development**, v.29, n.4, p.1081-1095, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2819>
44. NOBEL, P.S. *Biologia Ambiental*. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E.P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE-PB/FAO. 2001. p.36-48.
45. NUNES, T.C.M.D. **Sistemas biossalinos de produção de palma forrageira recebendo crescentes lâminas de água e doses de matéria orgânica**. 46p. Dissertação (Mestrado em

- Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina – PE, 2018.
46. PADILHA JÚNIOR, M.C.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; DONATO, P.E.R.; SOUZA, E.S. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde**, v.11, n.1, p.67-72, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.3710>
  47. PEIXOTO, M.J.A.; CARNEIRO, M.D.S.; AMORIM, D.S.; EDVAN, R.L.; PEREIRA, E.S.; COSTA, M.R.G.F. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. **Archivos de Zootecnia**, v.67, n.257, p.35-39, 2018. Doi: <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3489>
  48. PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, v.108, p.39-51, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.022>
  49. PESSOA, D.V.; ANDRADE, A.P.; MAGALHÃES, A.L.R.; TEODORO, A.L.; SANTOS, D.C.; ARAÚJO, G.G.L.; MEDEIROS, A.N.; NASCIMENTO, D.B.; VALENÇA, R.L.; CARDOSO, D.B. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v.181, p.104243, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104243>
  50. RAMOS, J.P.F.; SOUZA, J.T.A.; SANTOS, E.M.; PIMENTA FILHO, E.C.; RIBEIRO, O. L. Crescimento e produtividade de *Nopalea cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.18, n.8, p.1-12, 2017.
  51. ROCHA, R.; SOARES, R.R. Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid. **Journal of Development Economics**, v.112, p.72-91, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2014.10.003>
  52. SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R.S.B.; DIAS, F.M.; WARUMBAY, J.F.; MELO, J.N. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização**. Recife: IPA, 2002. 45p.
  53. SANTOS, M.R.; DONATO, S.L.R. Irrigação da palma forrageira, **Revista Agrotecnologia**, v.11, n.1, p.75-86, 2020.
  54. SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PIAUILINO, A.C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.
  55. SHAABAN, M.; ABID, M.; ABOU-SHANAB, R.A.I. Amelioration of salt affected soils in rice paddy system by application of organic and inorganic amendments. **Plant Soil Environment**, v.59, n.5, p.227-233, 2013. Doi: <https://doi.org/10.17221/881/2012-PSE>
  56. SILVA, I.N.; FONTES, L.O.; TAVELLA, L.B.; OLIVEIRA, J.B.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n.3, p.1-15, 2011.

57. SILVA, J.L.A.; MEDIEROS, J.F.; ALVES, S.S.V.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA JUNIOR, M.J.; NASCIMENTO, I.B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no Semiárido Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.66-72, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsupps66-s72>
58. SILVA, R.C.; FERREIRA, M.A.; OLIVEIRA, J.C.V.; SANTOS, D.C.; GAMA, M.A.S.; CHAGAS, J.C.C.; INÁCIO, J.G.; SILVA, E.T.S.; PEREIRA, L.G.R. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v.48, n.3, p.516-525, 2018. Doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i3.12>
59. SILVA, R.H.D. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina**. 2017. 56f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa-MG, 2017.
60. SILVA, T.G.F.; ARAÚJO PRIMO, J.T.; 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**, v.28, p.10-18, 2015.
61. SILVA, T.G.F.; ARAÚJO PRIMO, J.T.; SILVA, S.M.S.; MOURA, M.S.B.; SANTOS, D.C.; SILVA, M.C.; ARAÚJO, J.E.M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Agrometeorologia Bragantia**, v.73, n.2, p.184-191, 2014b. Doi: <https://doi.org/10.1590/brag.2014.017>
62. SOARES, M.S. Palma forrageira: Aspecto do cultivo e desempenho animal. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.14, n.4, p.6041-6055, 2017.
63. SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; ARAÚJO, G.T.; SOUTO, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no Semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.1, p.125-130, 2005. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100014>
64. TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 719p.
65. TOSCANO, S.; TRIVELLINI, A.; COCETTA, G.; BULGARI, R.; FRANCINI, A.; ROMANO, D.; FERRANTE, A. Effect of preharvest abiotic stresses on the accumulation of bioactive compounds in horticultural produce. **Frontiers in Plant Science**, v.10, p.1212, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01212>
66. UNGERA, P.W.; STEWARTA, B.A.; PARRB, J.F.; SINGHC, R.P. Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions. **Soil & Tillage Research**, v.20, n.2-4, p.219-240, 1991.
67. ZHAO, C.; ZHANG, H.; SONG, C.; ZHU, J.K.; SHABALA, S. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. **The Innovation**, v.1, n.1, p.100017, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2020.100017>
68. ZHOU, Y.; BASTIDA, F.; ZHOU, B.; SUN, Y.; GU, T.; LI, S.; LI, Y. Soil fertility and crop production are fostered by micro-nano bubble irrigation with associated changes in soil bacterial community. **Soil Biology and Biochemistry**, v.141, p.107663, 2020. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107663>



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

Avaliar estratégias de uso de lâminas de água salobra e doses de adubo orgânico em sistemas bioassalinos de produção de palma forrageira em ciclo de dezoito meses.

### **4.2 Específicos**

- Mensurar os parâmetros morfológicos, da planta (altura e largura) e dos cladódios (altura, largura, espessura e perímetro) da palma forrageira submetida a diferentes lâminas de água salobra e doses de adubo orgânico em sistema bioassalino em ciclo de dezoito meses;
- Quantificar os parâmetros produtivos (produção de matéria verde, produção de matéria seca, eficiência no uso da água e acúmulo de água) da palma forrageira submetida a diferentes lâminas de água salobra e doses de adubo orgânico em sistema bioassalino em ciclo de dezoito meses;
- Determinar a composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da palma forrageira submetida a diferentes lâminas de água salobra e doses de adubo orgânico em sistema bioassalino em ciclo de dezoito meses.

## **CAPÍTULO I**

---

Indicadores produtivos, morfológicos e nutricionais da palma forrageira em sistemas  
biossalinos na depressão sertaneja de Pernambuco

## RESUMO

A suplementação hídrica com água salobra de poços artesianos em conjunto com doses de adubo orgânico no cultivo da palma forrageira pode ser uma alternativa para aumentar a produção de forragem na região Semiárida. Em vista disso, objetivou-se avaliar o efeito da irrigação com água salobra e doses de adubo orgânico sobre os aspectos morfológicos, produção, composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da palma forrageira no Semiárido pernambucano. O experimento foi conduzido em uma área já implantada com a palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). O delineamento adotado foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 5 x 4 com quatro repetições, composta por cinco lâminas de água (LA) (0%; 12,5%; 25%; 37,5% e 50% da evapotranspiração - ETo) e por quatro doses de adubo orgânico (AO) (0, 15, 30, e 45 Mg.ha<sup>-1</sup>) proveniente de esterco misto de caprinos e bovinos, curtido. Após dezoito meses do corte de homogeneização, foram registrados os valores da altura das plantas (AP), largura de planta (LP) número de cladódios totais (NCT), número de cladódios primário (NC1), número de cladódios secundários (NC2), número de cladódio terciário (NC3), comprimento (CC), largura (LC), perímetro (PC) e espessura (EC) de todas as ordens dos cladódios. Depois das análises biométricas, três plantas de cada área útil foram amostradas e pesada em balança eletrônica digital para obtenção do peso fresco médio por planta (PFP, kg.planta<sup>-1</sup>) e, em seguida, a produção de matéria verde (PMV, em Mg.ha<sup>-1</sup>) pelo produto entre a PFP e da densidade equivalente de plantas por hectare (DPH). De acordo com a equação (PMV x (%MS)), obteve-se a produtividade de matéria seca (PMS, Mg.ha<sup>-1</sup>). Com a diferença entre PMV e PMS foi estimada a acúmulo de água da cultura (AA, m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>). Com a razão entre os valores de PMS e o total de lâminas de água recebidas por cada tratamento foram calculadas as eficiências do uso da água com base na matéria seca (EUA-MS). Depois de coletados os dados de produção, os cladódios foram fragmentados, homogeneizados e secos à 55°C, até atingir peso constante. As interações LA x AO não influenciaram as características morfológicas e de produção da palma forrageira, no entanto, observou-se efeito isolado principalmente do AO. Houve efeito linear positivo (P<0,001) para as variáveis AP (53,68 a 89,92 cm), LP (55,12 a 133,67 cm) e NCT (5,74 a 26,17 cladódios) com incremento relativo de 0,805 cm, 1,746 cm e 0,454 cladódios para cada tonelada de adubo orgânico adicionado, respectivamente. Houve efeito linear positivo (P=0,001) nos dados de PMV (58,49 a 409,85 Mg.ha<sup>-1</sup>), PMS (4,89 a 34,76 Mg.ha<sup>-1</sup>), AA (53,60 a 375,09 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) e EUA-MS (7,64 a 51,87 kg MS.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) com incremento relativo de 7,808 Mg.ha<sup>-1</sup>, 0,664 Mg.ha<sup>-1</sup>, 7,144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e 0,983 kg MS.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> a cada tonelada de adubo orgânico adicionado, respectivamente. A EUA-MS apresentou efeito isolado para LA (P=0,013) com comportamento linear negativo. Observou-se interação entre as LA x AO para proteína bruta (PB) (P=0,043), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) (P=0,041), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (P=0,001), extrato etéreo (EE) (P=0,001), carboidratos totais (CHO) (P=0,032) e carboidratos não fibrosos (CNF) (P=0,015), em que as concentrações de PB, CHO, CNF, assim como a DIVMS são favorecidas pela aplicação de menores lâminas de água salobra. Diante disso, o incremento de adubo orgânico em até 45 megagramas por hectare associado ao uso menores lâminas de água salobra são recomendadas para o cultivo da palma orelha de elefante mexicana cultivada na região Semiárida.

**Palavras-chave:** Água salobra, esterco, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw e Semiárido.

## ABSTRACT

Water supplementation with brackish water from artesian wells associated with doses of organic fertilizer in the cultivation of cactus pear can be an alternative to increase forage production in the Semi-Arid region of Brazil. With that in mind, the objective of this study was to evaluate the effect of irrigation with brackish water and doses of organic fertilizer on the morphological aspects, production, chemical-bromatological composition and *in vitro* digestibility of the forage palm in the Pernambuco's semiarid region. The experiment was carried out in an area already implanted with the Mexican elephant ear palm (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). The design adopted was of randomized blocks in a 5 x 4 factorial arrangement with four replications, composed of five water slides (WS) (0%; 12.5%; 25%; 37.5% and 50% of evapotranspiration - ETo) and four doses of organic fertilizer (OF) (0, 15, 30, and 45 Mg.ha<sup>-1</sup>) from mixed goat and bovine tanned manure. Eighteen months after the homogenization cutting, the values of plant height (PH), plant width (PW), total number of cladodes (TNC), number of primary cladodes (NPC), number of secondary cladodes (NSC), number of tertiary cladodes (NTC), length (CL), width (CW), perimeter (PC) and thickness (CE) of all orders of cladodes), were recorded. After biometric analyzes, three plants from each useful area were sampled and weighed on a digital electronic scale to obtain the average fresh weight per plant (PFP, kg.plant<sup>-1</sup>) and, then, the production of green matter (GMP, in Mg.ha<sup>-1</sup>) by the product between PFP and the equivalent density of plants per hectare (DPH). According to the equation (GMP x (% DM)), dry matter productivity (DMP, Mg.ha<sup>-1</sup>) was obtained. With the difference between GMP and DMP, the water accumulation in the crop (WA, m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) was estimated. With the ratio between the DMP values and the total water received on each treatment, the water use efficiencies were calculated based on dry matter (WUE-DM). After the production data was collected, the cladodes were fragmented, homogenized and dried at 55°C, until reaching the point of constant weight. The WS x OF interactions did not influence the morphological and production characteristics of the actus pear, however, an isolated effect was observed mainly for the OF. There was a positive linear effect (P=0.001) for the variables PH (53.68 to 89.92 cm), PW (55.12 to 133.67 cm) and TNC (5.74 to 26.17 cladodes) with the relative increase of 0.805 cm in height, 1.746 cm in width and 0.454 cladodes for each ton of added organic fertilizer, respectively. There was a positive linear effect (P=0.001) in the GMP (58.49 to 409.85 Mg.ha<sup>-1</sup>), DMP (4.89 to 34.76 Mg.ha<sup>-1</sup>), WA (53.60 to 375.09 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) and WUE-DM (7.64 to 51.87 kg DM.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) with a relative increase of 7.808 Mg.ha<sup>-1</sup>, 0.664 Mg.ha<sup>-1</sup>, 7.144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> and 0.983 kg DM.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> for each ton of organic fertilizer added, respectively. The WUE-DM showed an isolated effect for WS (P=0.013) with negative linear behavior. An interaction was observed between WS x OF for crude protein (CP) (P=0.043), neutral detergent insoluble ash (ADIA) (P=0.041), neutral detergent insoluble protein (NDIP) (P=0.001), ether extract (EE) (P=0.001), total carbohydrates (CHO) (P=0.032) and NFC non-fibrous carbohydrates (P=0.015), in which the concentrations of CP, CHO, NFC, as well as IVDMD are favored by the application of thinner blades of brackish water. Therefore, the increase on the organic fertilizer in up to 45 megagrams per hectare associated with the use of thinner layers of brackish water is recommended for the cultivation of Mexican elephant ear cactus pear cultivated in the Semiarid region.

**Keywords:** Brackish water, manure, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw and Semi-arid.

## 1. INTRODUÇÃO

O sucesso da palma forrageira na região Semiárida está relacionado com sua rusticidade, produtividade, valor nutricional e consumo pelos ruminantes. Devido a falta alimento para ofertar aos animais durante o período de estiagem justifica-se o cultivo da palma irrigada para acelerar o processo de colheita. Diante disso, o uso da água salinizada como fonte hídrica para suprir as necessidades das plantas torna-se uma alternativa importante para o desenvolvimento da agricultura irrigada (SANTOS et al., 2020). No entanto, a irrigação com águas salinas, quando mal manejada, pode comprometer o sistema de produção.

A salinidade do solo pode limitar o desenvolvimento das plantas e causar perda de produtividade nas espécies agrícolas (CHA-UM & KIRDMANEE, 2011). A maioria das plantas cultivadas é sensível à salinidade causada por altas concentrações de sais no solo (SHRIVASTAVA & KUMAR, 2015). Os principais efeitos da salinidade sobre as plantas são: Seca fisiológica, desbalanceamento nutricional e efeito tóxico de íons (MELLONI, 2000; SILVA et al., 2011; FONSECA et al., 2016). Para minimizar esses efeitos danosos da salinidade da água de irrigação sobre as plantas, pode-se utilizar a matéria orgânica proveniente de resíduos de origem animal (SOUZA et al., 2019).

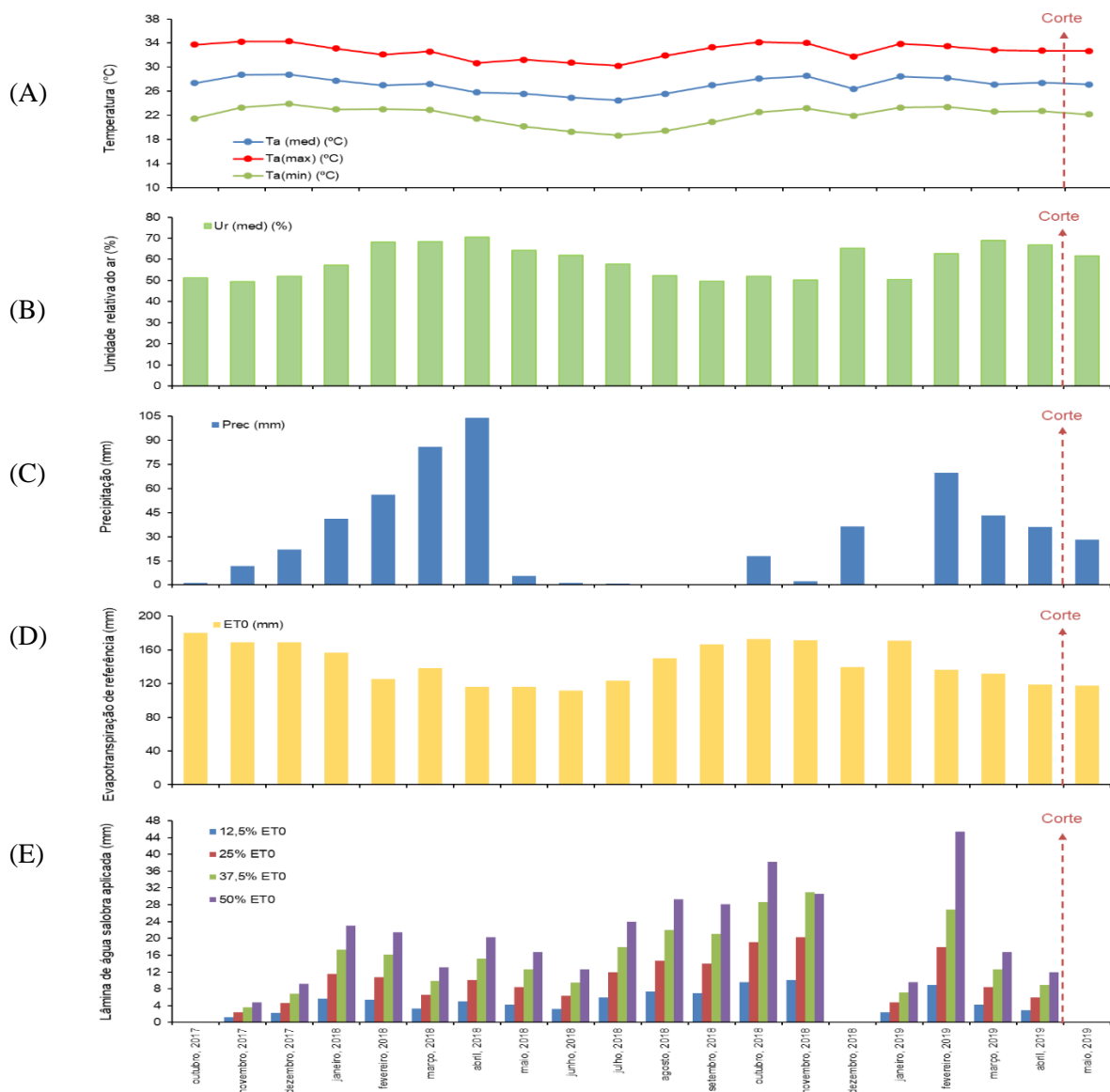
A matéria orgânica desempenha papel importante na manutenção das características do solo. Fisicamente, a matéria orgânica influencia principalmente a estrutura do solo e todas as propriedades associadas como porosidade, densidade do solo, aeração, infiltração e retenção de água (CARDOSO et al., 2013). Quimicamente, afeta a capacidade de troca catiônica e a capacidade de tamponar as mudanças no pH do solo (WALSH & MCDONEELL, 2012) e biologicamente, disponibiliza energia para os microrganismos, que atuam na reciclagem e na disponibilidade de nutrientes para as plantas (FONSECA et al., 2016).

Para uma maior produtividade dos palmais, a implementação de um sistema de produção onde a complementação hídrica na forma de irrigação com água salobra de poços subterrâneos da região e a adequada incorporação de adubo orgânico é uma alternativa para os agricultores. Assim, objetivou-se avaliar os parâmetros morfológicos, produção, composição químico-bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da palma Orelha de Elefante Mexicana, cultivada em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de adubo orgânico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado na Área de Prospecção e Pesquisas em Agricultura Bioassalina localizada no campo experimental da caatinga da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (latitude 09° 8' 8,9" Sul, longitude 40° 18' 33,6" Oeste). O Clima da região é classificado, segundo a classificação de Köppen como semiárido do tipo BSw<sup>h</sup>". Durante o período experimental (18 meses) foram observadas mudanças nas variáveis ambientais (Figura 1).



**Figura 1.** Temperatura do ar (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação (C), Evapotranspiração de referência (D) e Lâmina de água salobra aplicada (E) durante o período experimental.

Fonte: Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

## 2.2 Caracterização da água, solo e adubo orgânico utilizados no experimento

A água utilizada na irrigação foi proveniente de poço subterrâneo, e mensalmente foi coletada uma amostra para análise físico-química (Tabela 2). Em relação a sua classificação, foi identificada como C3S1, ou seja, com salinidade alta, teor de sódio baixo e dureza média de 109,76 mg.L<sup>-1</sup> considerada como moderada (75-150 mg.L<sup>-1</sup>) baseado em carbonato de cálcio de acordo com a classificação de Richards (1954).

**Tabela 2.** Composição química da água utilizada na irrigação ao longo dos dezoito meses

	Sigla	Descrição	Unidade	Resultado
Cátions	Ca <sup>2+</sup>	Cálcio	mmol.L <sup>-1</sup>	15,14
	Mg <sup>2+</sup>	Magnésio	mmol.L <sup>-1</sup>	6,89
	Na <sup>+</sup>	Sódio	mmol.L <sup>-1</sup>	3,72
	K <sup>+</sup>	Potássio	mmol.L <sup>-1</sup>	0,29
		Soma	mmol.L <sup>-1</sup>	30,84
Ânions	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Bicarbonatos	mmol.L <sup>-1</sup>	3,70
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Sulfatos	mmol.L <sup>-1</sup>	2,63
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cloretos	mmol.L <sup>-1</sup>	22,40
		Soma	mmol.L <sup>-1</sup>	35,62
	pH	Potencial hidrogeniônico	-	7,38
	CE	Condutividade elétrica	Ds.m <sup>-1</sup>	1,73
	Sodi.	Sodicidade	-	Baixa

Fonte: Laboratório Agroambiental - Embrapa Semiárido.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Abruptico Plintossólico (EMBRAPA, 2018) situado em relevo plano, com textura média. A composição química e física do solo, antes do período experimental é apresentada nas tabelas 3 e 4. As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido, de acordo com as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo (TEIXEIRA et al., 2017). Enquanto, a composição química do adubo orgânico utilizado no experimento esta demonstrada na tabela 5.

**Tabela 3.** Composição química do solo da área experimental antes da instalação do experimento

Item	Unidade	Profundidade (cm)		
		0-10	10-20	20-40
Condutividade elétrica (CE)	mS.cm <sup>-1</sup>	1,06	0,30	0,24
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	6,10	6,00	5,50
Carbono total (C total)	g.kg <sup>-1</sup>	5,20	4,90	3,70
Nitrogênio (N)	mg.dm <sup>-3</sup>	0,43	0,43	0,38
Fósforo (P)	mg.dm <sup>-3</sup>	2,97	2,50	0,61
Potássio (K <sup>+</sup> )	cmol.dm <sup>-3</sup>	0,34	0,30	0,18
Sódio (Na <sup>+</sup> )	cmol.dm <sup>-3</sup>	0,24	0,21	0,03
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	cmol.dm <sup>-3</sup>	1,50	1,20	1,60
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	cmol.dm <sup>-3</sup>	0,60	0,70	0,60
Acidez potencial (H+Al)	cmol.dm <sup>-3</sup>	2,10	2,70	3,00
Soma de bases (SB)	cmol.dm <sup>-3</sup>	2,70	2,40	2,40
Capacidade de troca catiônica (CTC)	cmol.dm <sup>-3</sup>	4,80	5,10	5,50
Saturação de bases (V)	%	56,30	47,00	44,20
Cobre (Cu)	mg.dm <sup>-3</sup>	0,54	0,50	1,06
Ferro (Fe)	mg.dm <sup>-3</sup>	12,90	6,20	7,90
Manganês (Mn)	mg.dm <sup>-3</sup>	9,60	20,00	8,90
Zinco (Zn)	mg.dm <sup>-3</sup>	15,38	3,66	22,34

Fonte: Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido.



**Tabela 4.** Composição física do solo da área experimental antes da implantação do experimento

Amostra	Densidade (kg/dm <sup>3</sup> )		Porosidade (%)
	Solo	Partículas	Total
0 - 10 cm	1,47	2,58	43,2
10 - 20 cm	1,41	2,58	45,23
20 - 40 cm	1,44	2,58	44,02

Amostra	Granulometria (%)		
	Areia	Silte	Argila
0 - 10 cm	83,4	10,49	6,11
10 - 20 cm	80,6	13,53	5,87
20 - 40 cm	71,64	11,47	16,89

Fonte: Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido.

**Tabela 5.** Composição química do adubo orgânico utilizado no experimento

C.E.	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
mS.cm <sup>-1</sup>	-	mg.dm <sup>-3</sup>	cmol.dm <sup>-3</sup>				mg.dm <sup>-3</sup>			
12,27	8,3	355,39	243,5	20,3	6,4	2,5	1,45	5,36	58,13	2,43

Fonte: Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido.

C.E. = condutividade elétrica; pH = potencial hidrogeniônico; P = fósforo; K = potássio; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Zn = zinco.

### 2.3 Sistema de plantio e manejo da irrigação

A palma forrageira estudada foi o clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), onde foi implantada no campo experimental em abril de 2015 sob espaçamento de 1,6 x 0,4 m, totalizando 15.625 plantas por hectare e conduzida em sistema de irrigação até o estabelecimento da cultura.

Foi realizado o corte de uniformização em setembro de 2017. Em seguida, foram determinados os tratamentos (aplicação das doses de adubo orgânico e diferentes lâminas de água), onde as palmas receberam irrigação (700 mm) em todas as parcelas experimentais uniformemente até 01 de outubro de 2017, quando iniciou-se a irrigação de acordo com a lâmina determinada para cada tratamento (Tabela 6), sendo iniciado o período experimental.

A irrigação foi efetuada por gotejamento superficial, por meio de tubo gotejador com emissores com vazão de 1,5 L.h<sup>-1</sup>, diâmetro nominal (DN) de 16 mm e espaçamento 0,20 m entre si, com coeficiente de uniformização de 93% e vazão de 0,9 L.h<sup>-1</sup>, duas vezes na semana,

tendo como base a evapotranspiração de acordo com cada tratamento. Os valores da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foram determinados usando a equação original de Penman-Monteith padronizado pela FAO/56 (ALLEN et al., 1998). Os coeficientes da cultura (K<sub>c</sub>) foram determinados para cada estágio de desenvolvimento, usando a seguinte relação (BERNARDO et al., 2019):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

Onde: ET<sub>c</sub> = evapotranspiração da cultura (mm.dia<sup>-1</sup>); ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência (mm.dia<sup>-1</sup>). Os dados agrometeorológicos necessários para a determinação de ET<sub>o</sub> foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018) e foi utilizada a ET<sub>c</sub> determinada pelo balanço de água do solo.

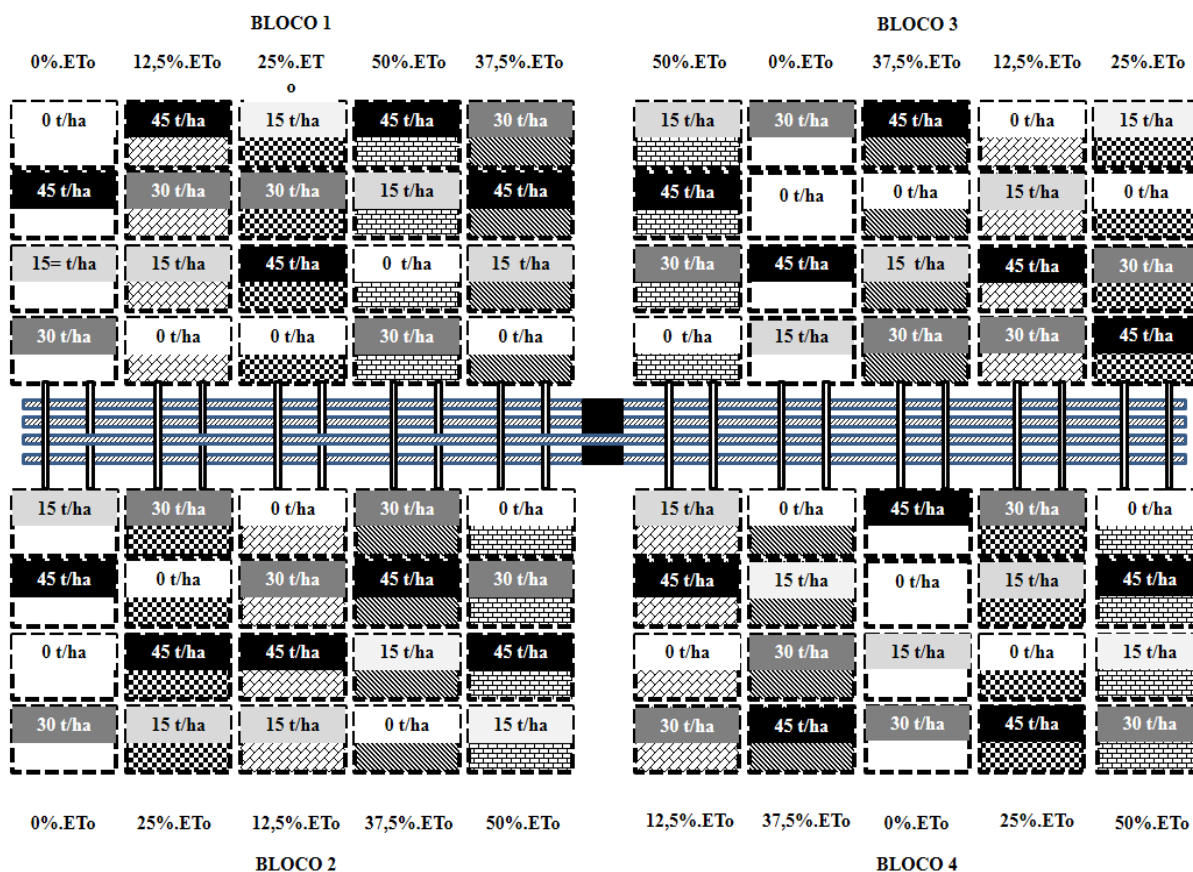
**Tabela 6.** Quantidade de água precipitada e irrigada (mm) durante o experimento

Lâmina	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Total (mm)
L0% ET <sub>o</sub>	535,0	0,0	535,0
L12,5% ET <sub>o</sub>	535,0	88,9	623,9
L25% ET <sub>o</sub>	535,0	117,8	652,8
L37,5% ET <sub>o</sub>	535,0	266,7	801,7
L50% ET <sub>o</sub>	535,0	355,6	890,6

Fonte: Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido

## 2.4 Delineamento experimental

O delineamento estabelecido foi em blocos ao acaso (DBC) com arranjo fatorial 5 x 4, composto por cinco lâminas de irrigação com água salobra (L0%, L12,5%, L25%, L37,5%, L50% da evapotranspiração – ET<sub>o</sub>) e quatro doses de adubo orgânico (0, 15, 30 e 45 Mg.ha<sup>-1</sup>) totalizando 80 parcelas (Figura 2), cada uma contendo 50 plantas, destas, 32 plantas referentes a bordaduras, permanecendo 18 plantas por parcelas, dentre elas, seis plantas centrais foram utilizadas para avaliações. Cada unidade experimental submetida aos tratamentos de lâminas de água e doses de adubo orgânico possuía 32 m<sup>2</sup> (8 x 4 m), dos quais 15,36 m<sup>2</sup> (4,8 x 3,2 m<sup>2</sup>) referiram-se à área útil. Ao longo do ciclo da cultura, foram realizados os tratos culturais necessários para reduzir a incidência de plantas daninhas e de pragas.



**Figura 2.** Representação esquemática do delineamento experimental

## 2.5 Respostas morfológicas e produtivas da palma forrageira com ciclo dezoito meses

As características morfológicas foram coletadas em todos os tratamentos experimentais a partir dos 18 meses após o início do ciclo produtivo. Foram registrados os valores da altura das plantas (AP), largura das plantas (LP) número de cladódios totais (NCT), número de cladódios primários (NC1), número de cladódios secundários (NC2), número de cladódios terciários (NC3), comprimento (CC), largura (LC), perímetro (PC) e espessura (EC) dos cladódios de todas as ordens. A AP, LP, CC, LC e PC foram obtidos por meio de uma fita milimétrica e a EC foi medida utilizando um paquímetro, de acordo com a metodologia utilizada por (DONATO et al., 2014a).

Para os dados de produção, aos dezoito meses, três plantas da área útil de cada parcela foram amostradas e pesadas em balança de precisão para obtenção do peso fresco. Obteve-se o peso fresco médio por planta (PFP,  $\text{kg.planta}^{-1}$ ) e, em seguida, a produção de matéria verde (PMV, em  $\text{Mg.ha}^{-1}$ ) estimada a partir do produto entre a PFP e da densidade equivalente de plantas por hectare (DPH). De acordo com a equação ( $\text{PMV} \times (\% \text{MS})$ ), obteve-se a produção

de matéria seca (PMS,  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Pela diferença entre PMV e PMS, foi estimado o acúmulo de água da cultura (AA,  $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ou seja, a quantidade de água acumulada pela palma forrageira por unidade de área, conforme Perazzo et al. (2013). Com a razão entre os valores de PMS e o total de lâminas de água recebidas por cada tratamento, foram calculadas a eficiência do uso da água com base na matéria seca (EUA-MS), em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , segundo Silva et al. (2014).

## 2.6 Composição química e digestibilidade *in vitro*

Depois das coletas, os cladódios foram seccionados em tamanho menor, com o auxílio de facas, a fim de aumentar à superfície de contato no momento da secagem e facilitar a perda de água, posteriormente realizada a pré-secagem das amostras em estufa de ventilação forçada à temperatura de  $55^\circ\text{C}$  até atingir peso constante, em aproximadamente 10 dias (240 horas). Depois foram moídas em moinho de facas com peneiras de crivos de 1mm para as análises de composição química e 2mm para o ensaio de digestibilidade *in vitro*.

A composição químico-bromatológica: matéria seca (MS, método 930.15), matéria orgânica (MO, método 942.05), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB, método 954.01) e extrato etéreo (EE, método 920.39) (Sohxlet) foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC,1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991), com modificações propostas por Senger et al. (2008), no qual foi utilizada autoclave com temperatura de  $110^\circ\text{C}$  por 40 minutos.

Para determinação da lignina, as amostras foram imersas em ácido sulfúrico a 72%, visando à solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA), conforme metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações:  $\text{HEM} = \text{FDN} - \text{FDA}$  e  $\text{CEL} = \text{FDA} - \text{LDA}$ , respectivamente. Os carboidratos totais (CHO) foram calculados conforme Sniffen et al. (1992) em que,  $\text{CHO} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM})$ . Os carboidratos não-fibrosos (CNF) que correspondem às frações A+B1, foram obtidos pela diferença entre os CHO e a FDNcp.

A análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada de acordo com a metodologia dos dois estágios descrita por Tilley e Terry (1963), com modificações propostas por Holden (1999), por meio de incubações de 1 g de amostra em frascos de vidro de 160 mL,

com 80 mL de solução tampão (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 20 mL de líquido ruminal coletado de um bovino fistulado no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze, injetando constantemente gás carbônico para manter o meio anaeróbico. Depois de 48 horas de incubação em estufa a 39°C, foram adicionados em cada frasco 2 mL de ácido clorídrico (6 Molar) e 1 mL de pepsina (0,4g de pepsina/mL de solução), após o período de mais 24 horas de incubação, foram realizados os procedimentos de filtragem a vácuo em cadinhos filtrantes, secagem e pesagem dos resíduos, visando os cálculos de DIVMS.

## **2.7 Análise estatística**

As variáveis foram submetidas à análise de variância para analisar a significância das interações entre os fatores estudados pelo Teste F, a 5% de probabilidade. Quando houve apenas efeito isolado dos fatores procedeu-se análise de regressão. As interações significativas foram desdobradas em superfície de resposta e as médias das variáveis respostas foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ijl} = \mu + L_i + A_j + B_l + (LA)_{ij} + e_{ijl}$ , em que:  $Y_{ijl}$  = valor observado para a variável resposta obtido para o  $i$ -ésimo tratamento em sua  $j$ -ésima repetição;  $\mu$  = média geral;  $L_i$  = efeito do  $i$ -ésimo lâmina de irrigação;  $A_j$  = efeito do  $j$ -ésimo adubo orgânico;  $B_l$  = efeito do  $l$ -ésimo do bloco;  $(LA)_{ij}$  = interação da lâmina de irrigação e adubo orgânico;  $e_{ijl}$  = erro experimental associado a cada observação.

#### 4. RESULTADOS

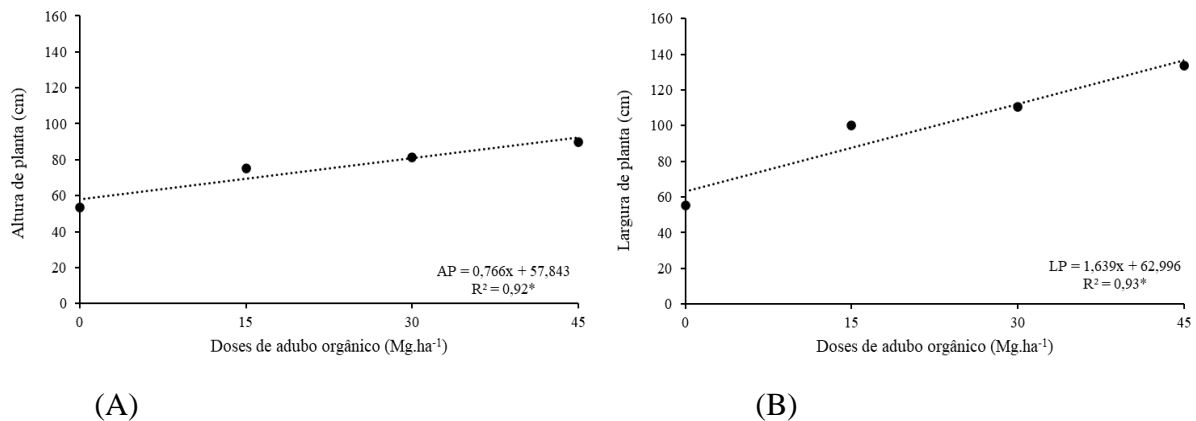
Não houve interação ( $P > 0,05$ ) das LA e das doses de AO nas características morfológicas da palma forrageira. No entanto, verificou-se efeito isolado ( $P = 0,001$ ) das doses de AO sobre a AL, LP, NCT, NC1, NC2, NC3 e sobre os comprimentos dos cladódios CC1, CC2 e CC3. Em relação as LA apresentaram apenas efeito isolado para CCM ( $P = 0,025$ ) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Efeito das lâminas de irrigação com água salobra e das doses de adubo orgânico sobre características morfológicas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossalino

Variável	Lâmina de água salobra (% ET0)					EPM	Doses de adubo orgânico (Mg.ha <sup>-1</sup> )				EPM	P-valor		
	0,0	12,5	25,0	37,5	50,0		0	15	30	45		LA	AO	LA x AO
AP	79,29	77,85	73,54	74,7	69,93	3,708	53,68	75,26	81,43	89,92	2,585	0,253	0,000	0,786
LP	107,04	102,42	96,88	99,25	93,85	7,454	55,12	100,23	110,54	133,67	4,915	0,438	0,000	0,326
Número de cladódios (unidade)														
NCT	16,81	16,81	17,44	15,41	15,33	2,180	5,74	14,78	18,76	26,17	0,798	0,786	0,000	0,839
NC1	5,11	6,40	6,08	5,61	5,34	0,328	3,23	5,94	6,23	7,43	0,299	0,262	0,000	0,465
NC2	8,31	7,79	9,36	7,97	7,66	0,979	2,82	7,71	9,51	12,84	0,473	0,448	0,000	0,504
NC3	4,10	3,53	3,68	2,90	2,61	0,944	0,40	1,81	4,51	6,76	0,266	0,629	0,000	0,194
Comprimento dos cladódios (cm)														
CCM	18,45	23,17	21,80	23,63	21,00	0,842	20,78	22,10	21,10	22,46	1,181	0,025	0,525	0,699
CC1	26,05	27,44	27,58	27,67	27,51	1,160	22,27	27,94	29,27	29,51	0,913	0,787	0,000	0,485
CC2	31,21	29,91	29,46	31,81	28,94	0,733	25,28	30,92	31,74	33,14	1,711	0,455	0,000	0,463
CC3	25,00	18,14	23,19	23,49	16,71	3,185	4,74	21,51	29,97	28,99	2,598	0,191	0,000	0,559

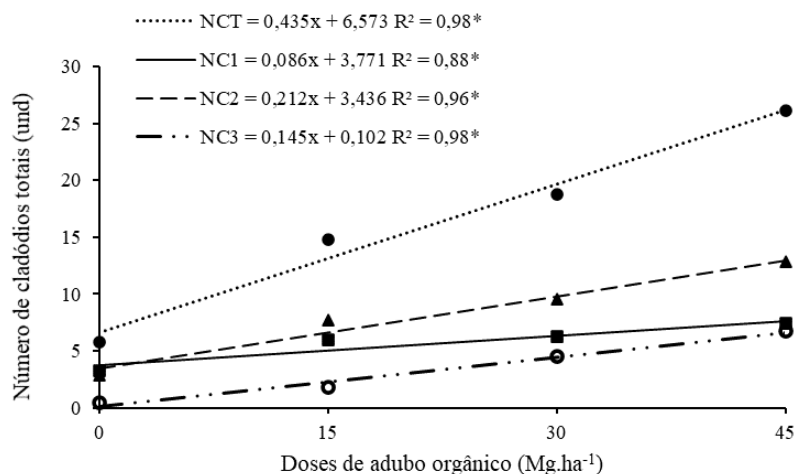
LA = lâminas de água, AO = adubo orgânico, LA X AO = interação entre as lâminas de água e doses de adubo orgânico, AP = altura da planta, LP = largura da planta, NTC = número de cladódios totais, NC1 = número de cladódios de 1ª ordem, NC2 = número de cladódios de 2ª ordem, NC3 = número de cladódios de 3ª ordem, CCM = comprimento dos cladódios mães, CC1 = comprimento de cladódios de 1ª ordem, CC2 = comprimento de cladódios de 2ª ordem, CC3 = comprimento de cladódios de 3ª ordem. Valor de probabilidade significativo ao teste de Tukey a 5%.

As variáveis AP e LP sob efeito isolado do AO apresentaram comportamento linear positivo ( $P=0,001$ ) (Figura 3), com tamanho de AP de 53,68 a 89,92 cm e LP de 55,12 a 133,67 cm. De acordo com o modelo estima-se incremento relativo de 0,806 cm na AP e 1,746 cm na LP para cada  $Mg.ha^{-1}$  de adubo orgânico adicionado.



**Figura 3.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre a altura e largura de planta da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

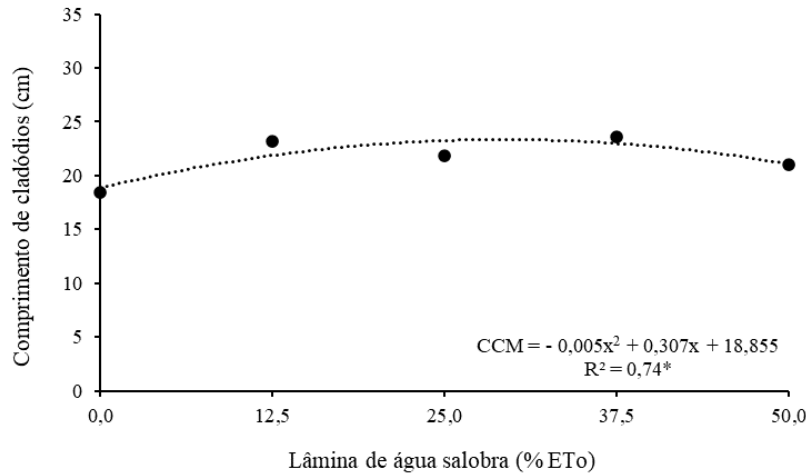
O NTC apresentou efeito linear positivo ( $P=0,001$ ) para as doses de AO, em que observou-se aumento no número de cladódios da dose 0 para a dose 45  $Mg.ha^{-1}$  na ordem de 355,92%, com média de cladódios de 5,74 para 26,17 cladódios. Da mesma forma foi observado efeito linear positivo ( $P=0,001$ ) para os NC1, NC2 e NC3 (Figura 4) com maior concentração do NC2 em relação aos NC1 e NC3.



**Figura 4.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre o número de cladódios totais, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

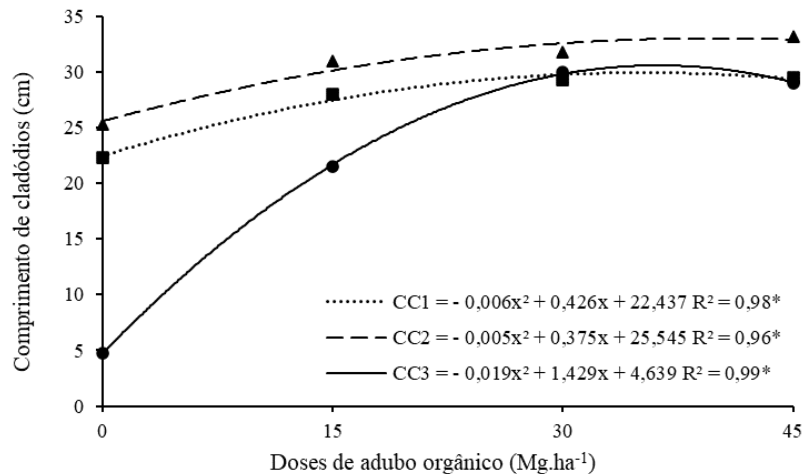


O comprimento dos cladódios mãe apresentaram efeito quadrático ( $P=0,025$ ) para LA (Figura 5) com maior comprimento na lâmina de 37,5% ETo com aproximadamente 23,63 cm.



**Figura 5.** Efeito das lâminas de irrigação sobre o comprimento dos cladódios mães da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

O comprimento dos cladódios por ordem apresentou efeito quadrático ( $P=0,001$ ) para as doses de AO. O CC1 e CC2 foram maiores na inclusão de  $45 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , diferente do CC3 que foi maior na dose de  $30 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dentre as ordens, os comprimentos dos CC2 foram maiores em relação aos demais (Figura 6), variando de 25,28 a 33,14 cm.



**Figura 6.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre o comprimento dos cladódios primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

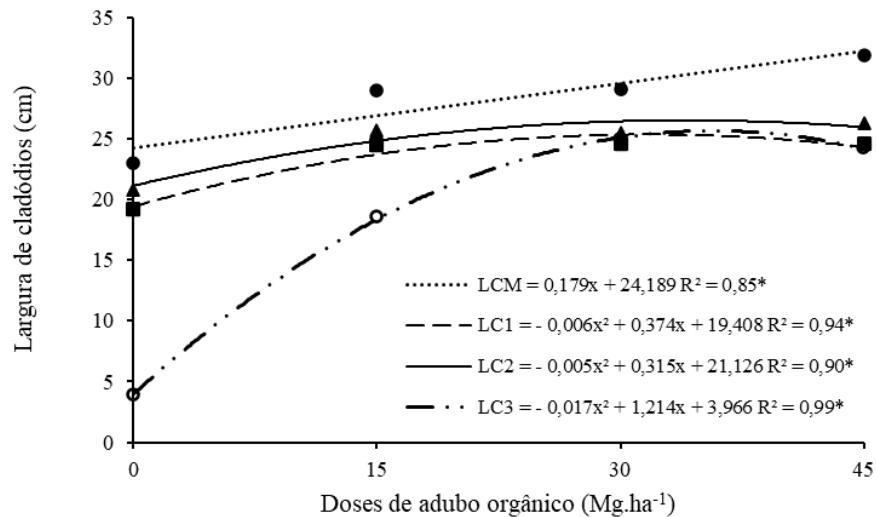
Também não foi observada interação ( $P>0,05$ ) das LA e doses de AO na LC, EC, PC e nem nas ordens dos cladódios. No entanto, observou-se efeito ( $P=0,001$ ) isolado das doses de AO em todas as características citadas (Tabela 8).

**Tabela 8.** Efeito das lâminas de irrigação com água salobra e das doses de adubo orgânico sobre características morfológicas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossialino

Variável	Lâmina de água salobra (% ET0)					EPM	Doses de adubo orgânico (Mg.ha <sup>-1</sup> )				EPM	P-valor		
	0,0	12,5	25,0	37,5	50,0		0	15	30	45		LA	AO	LA x AO
Largura dos cladódios (cm)														
LCM	25,91	28,30	30,89	27,83	28,13	1,119	22,96	28,95	29,08	31,85	1,059	0,085	0,000	0,168
LC1	22,26	23,53	22,96	23,57	23,59	0,458	19,16	24,45	24,57	24,55	0,836	0,591	0,000	0,348
LC2	24,51	24,79	24,51	25,61	23,44	0,531	20,82	25,72	25,52	26,24	1,414	0,698	0,000	0,307
LC3	20,53	14,97	19,76	19,58	14,63	2,701	3,90	18,55	24,89	24,23	2,152	0,214	0,000	0,531
Espessura dos cladódios (cm)														
ECM	4,69	4,26	4,88	4,66	4,65	0,323	3,07	4,60	5,33	5,51	0,208	0,195	0,000	0,162
EC1	2,13	2,17	2,21	2,27	2,24	0,122	1,70	2,31	2,39	2,42	0,082	0,714	0,000	0,559
EC2	1,34	1,49	1,61	1,56	1,46	0,068	1,16	1,56	1,63	1,64	0,084	0,155	0,000	0,391
EC3	0,91	0,70	1,01	0,95	0,68	0,135	0,16	0,87	1,24	1,13	0,088	0,146	0,000	0,535
Perímetro dos cladódios (cm)														
PCM	54,61	62,94	63,06	62,04	59,06	1,936	53,57	63,21	60,45	64,13	2,455	0,184	0,004	0,543
PC1	71,18	76,15	74,21	74,05	74,37	2,159	59,94	77,78	79,50	78,75	2,412	0,773	0,000	0,274
PC2	83,95	82,16	80,54	85,33	78,09	1,905	68,60	84,87	85,74	88,85	4,676	0,621	0,000	0,451
PC3	67,69	49,91	64,57	64,68	46,92	8,687	12,70	60,25	82,78	79,29	6,962	0,167	0,000	0,578

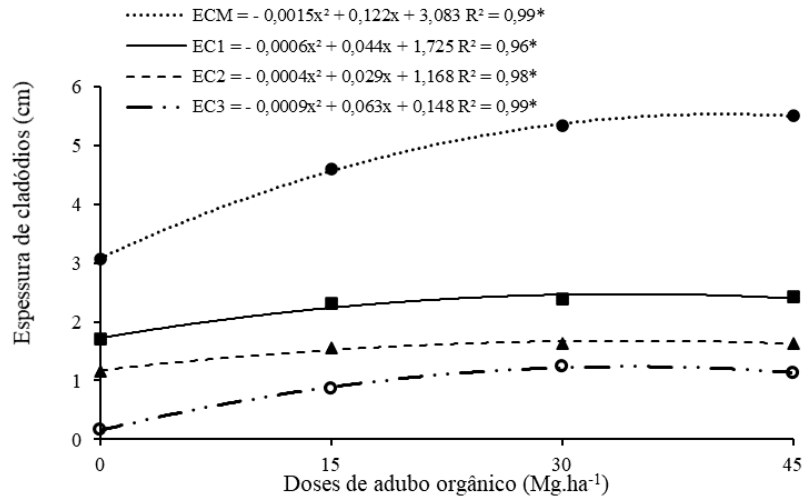
LA = lâminas de água, AO = adubo orgânico, LA X AO = interação entre as lâminas de água e doses de adubo orgânico, LCM = largura dos cladódios mães, LC1 = largura dos cladódios de 1ª ordem, LC2 = largura dos cladódios de 2ª ordem, LC3 = Largura dos cladódios de 3ª ordem, ECM = espessura dos cladódios mães, EC1 = espessura dos cladódios de 1ª ordem, EC2 = espessura dos cladódios de 2ª ordem, EC3 espessura dos cladódios de 3ª ordem, PCM = perímetro dos cladódios mães, PC1 = perímetro de cladódios de 1ª ordem, PC2 = perímetro de cladódios de 2ª ordem, PC3 = perímetro de cladódios de 3ª ordem. Valor de probabilidade significativo ao teste de Tukey a 5%.

A LCM apresentou efeito linear positivo ( $P=0,001$ ) para as doses de AO, diferente das ordens dos cladódios que apresentaram efeito quadrático ( $P=0,0001$ ) (Figura 7). No entanto, a LCM foi maior que as ordens de cladódios em todas as doses de AO, assim como para as larguras dos cladódios por ordem, foi observado maior largura para LC2.



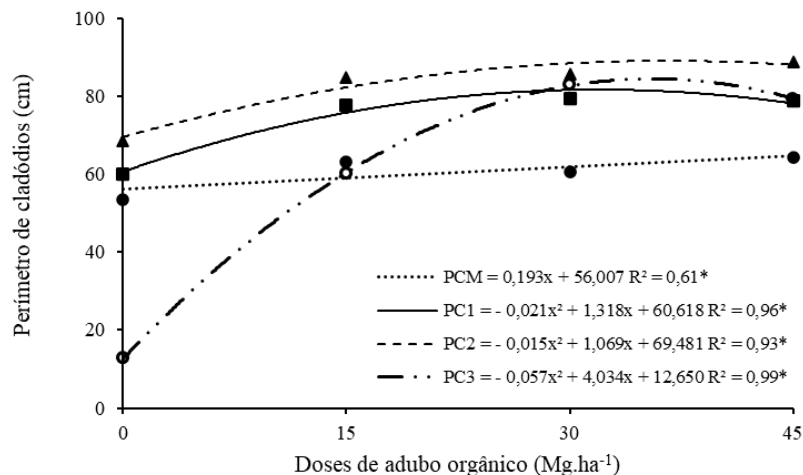
**Figura 7.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre a largura dos cladódios mães, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

A espessura dos cladódios apresentou efeito quadrático ( $P=0,001$ ) para as doses de AO em todas as ordens. Embora a maior média seja com a utilização de  $45 \text{ Mg.ha}^{-1}$  para ECM, EC1, e EC2 com 5,51; 2,42 e 1,64 cm, respectivamente (Figura 8), a maior média das espessuras dos EC3 foram com a utilização de  $30 \text{ Mg.ha}^{-1}$ . Observa-se também redução da espessura dos cladódios de acordo com a ordem de emissão.



**Figura 8.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre a espessura dos cladódios mães, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

O perímetro dos cladósios apresentou efeito linear positivo ( $P=0,004$ ) para o PCM e quadrático ( $P=0,001$ ) para as doses de AO em todas as ordens. Observa-se também maior perímetro para o PC2 (Figura 9) entre as ordens.



**Figura 9.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre o perímetro dos cladódios mães, primários, secundários e terciários da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

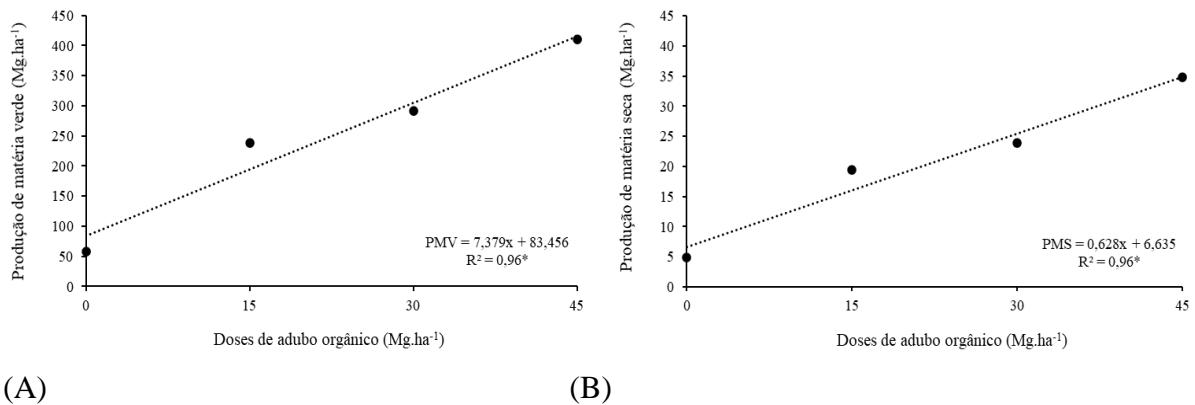
Não foi observada interação ( $P>0,05$ ) das LA e das doses de AO na PMV, PMS, AA e EUA. No entanto, observou-se efeito isolado ( $P=0,001$ ) das doses de AO em todas as características mencionadas, como também foi observado efeito isolado ( $P=0,013$ ) na EUA sobre as LA (Tabela 9).

**Tabela 9.** Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre as características de produção de matéria verde, produção de matéria seca, acúmulo de água e eficiência do uso da água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossialino

Fator de variação	Variável				
	PMV/ha	PMS/ha	AA	EUA-MS	
Lâmina de água salobra (% ET0)	0,0	216,26	19,78	196,46	36,99
	12,5	255,07	20,56	234,51	32,96
	25,0	308,09	25,33	282,77	38,80
	37,5	227,54	18,38	209,15	22,93
	50	240,48	19,71	220,77	22,13
	EPM	30,295	2,825	27,501	5,281
Doses de adubo orgânico (Mg.ha-1)	0	58,49	4,89	53,60	7,64
	15	238,39	19,41	218,98	29,06
	30	291,21	23,94	267,26	34,47
	45	409,85	34,76	375,09	51,87
	EPM	9,999	0,789	9,218	1,476
P-valor	LA	0,174	0,293	0,164	0,013
	AO	0,000	0,000	0,000	0,000
	LA x AO	0,474	0,531	0,469	0,367

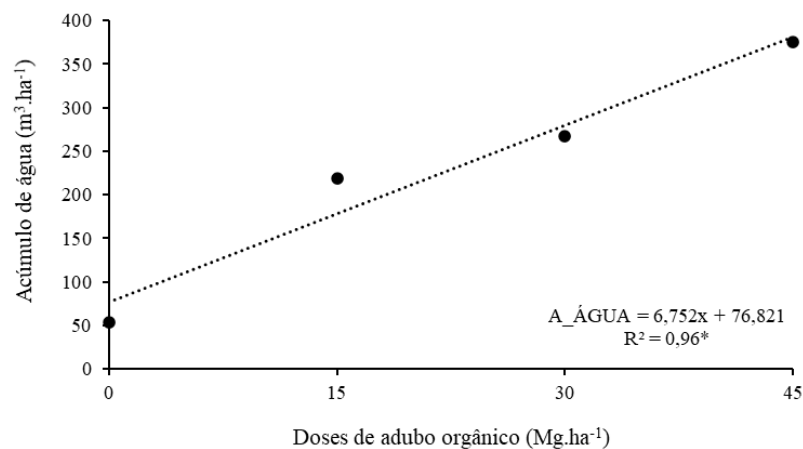
LA = lâmina de água, AO = adubo orgânico, LA X AO = interação entre as lâminas de água e doses de adubo orgânico, PMV = produção de matéria verde, PMS = produção de matéria seca, AA = acúmulo de água, EUA-MS = eficiência do uso da água com base na matéria seca. Valor de probabilidade significativo ao teste de Tukey a 5%.

As variáveis PMV e PMS sob efeito isolado do AO apresentou efeito linear positivo ( $P=0,001$ ) com PMV de 58,49 a 409,85  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e PMS de 4,89 a 34,76  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Figura 10). Em que de acordo com o modelo ajustado estima-se um aumento relativo de 7,808  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de massa verde e 0,664  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de massa seca para cada  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de AO adicionado. O aumento de PMV e PMS na maior dose de AO (45  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em comparação a dose (0  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) foi de 600,72% e 610,84%, respectivamente.



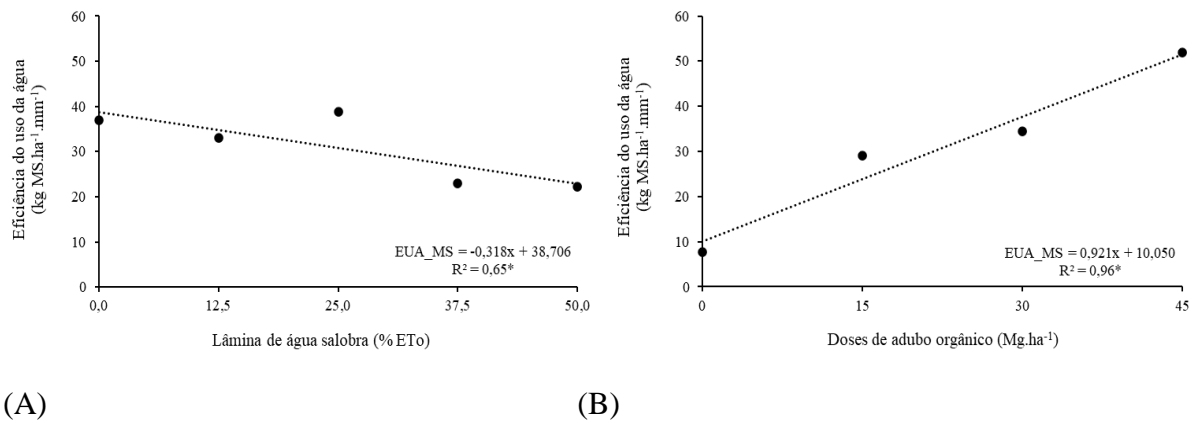
**Figura 10.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre a produção de matéria verde e matéria seca da palma forrageira cv. Orelha de elefante mexicana em sistema bioassalino

O AA sob efeito isolado do AO também apresentou efeito linear positivo ( $P=0,001$ ) (Figura 11). O maior AA encontrado no presente estudo foi de  $375,09 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  na dose de  $45 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}$ . De acordo com o modelo estima-se um incremento relativo no acúmulo de água de  $7,144 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  para cada  $\text{Mg}.\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico adicionado.



**Figura 11.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre o acúmulo de água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

A EUA apresentou efeito linear negativo para as lâminas de irrigação ( $P=0,013$ ) ( $36,99$  a  $22,13 \text{ kg MS}.\text{ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ ), em que de acordo com o modelo ajustado estima-se uma redução de  $0,330 \text{ kg MS}.\text{ha}^{-1}$  para cada  $\text{mm}^{-1}$  de água adicionada (Figura 12A). Diferente da EUA sob efeito isolado do AO, que apresentou efeito linear positivo ( $P=0,001$ ) ( $7,64$  a  $51,87 \text{ kg MS}.\text{ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ ), de acordo com o modelo estima-se aumento relativo de  $0,983 \text{ kg MS}.\text{ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  para cada  $\text{Mg}.\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico adicionado (Figura 12B).



**Figura 12.** Efeitos das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a eficiência no uso da água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossialino

Observou-se interação entre as LA x AO para EE ( $P=0,001$ ), PB ( $P=0,043$ ) CIDN ( $P=0,041$ ), PIDN ( $P=0,001$ ), CHO ( $P=0,032$ ) e CNF ( $P=0,015$ ), as demais apresentaram efeito isolado para as LA, doses de AO ou ambas ( $P<0,05$ ) (Tabela 10), com exceção da matéria seca total (MS) que não ocorreu interação e nem foi significativo os efeitos isolados ( $P>0,05$ ). Os valores variaram de 79,31 a 91,42 g kg<sup>-1</sup> MN.

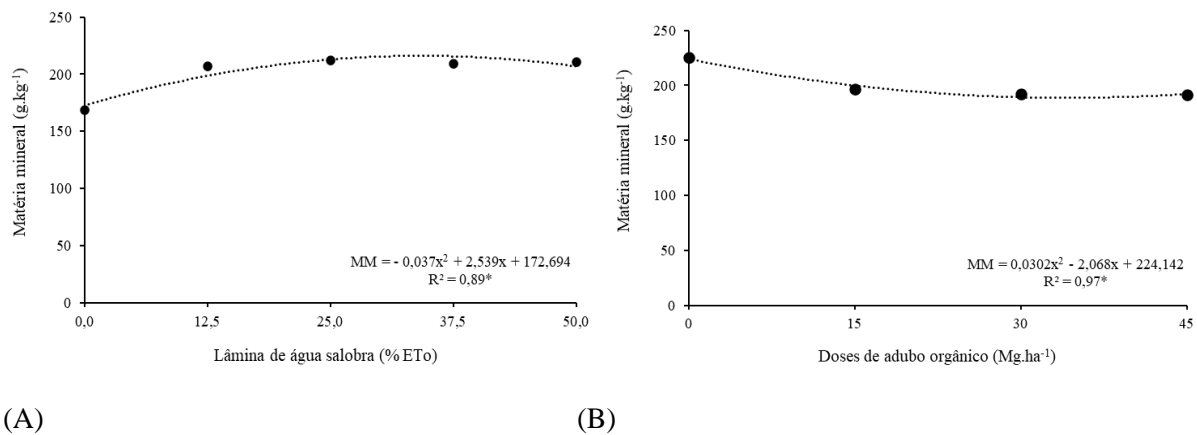
**Tabela 10.** Efeito das lâminas de irrigação e doses de adubo orgânico sobre a composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossalino

Variável	Lâmina de água salobra (% ETO)					EPM	Dose de adubo orgânico (Mg.ha <sup>-1</sup> )				EPM	P-valor		
	0,0	12,5	25,0	37,5	50,0		0	15	30	45		LA	AO	LA x AO
MS <sup>1</sup>	91,42	79,31	83,19	81,97	86,79	2,182	87,78	81,41	84,04	84,91	2,340	0,054	0,088	0,086
MM <sup>2</sup>	168,73	206,88	211,99	208,87	210,61	4,143	225,18	196,81	192,43	191,25	6,901	0,000	0,000	0,141
EE <sup>2</sup>	10,86	14,33	13,25	22,48	13,83	0,884	12,23	14,51	16,30	16,76	1,157	0,000	0,000	0,000
PB <sup>2</sup>	57,30	58,01	50,91	49,58	48,62	2,738	54,63	50,58	52,87	53,46	2,223	0,045	0,254	0,043
FDN <sup>2</sup>	216,88	243,25	259,79	264,65	250,82	5,284	216,77	256,88	262,40	252,26	7,062	0,000	0,000	0,146
FDNcp <sup>2</sup>	194,89	220,06	235,38	239,28	223,16	4,639	191,79	231,67	236,00	230,75	5,695	0,000	0,000	0,271
FDA <sup>2</sup>	98,11	96,03	94,22	92,50	89,35	2,674	85,11	96,59	96,34	98,13	3,544	0,190	0,001	0,162
CEL <sup>2</sup>	96,95	95,09	93,03	91,39	88,16	2,617	84,14	95,37	95,28	96,92	3,471	0,179	0,001	0,171
HEM <sup>2</sup>	118,78	146,95	165,56	172,15	161,47	4,628	131,66	160,29	165,85	154,13	6,323	0,000	0,001	0,402
LDA <sup>2</sup>	1,16	1,19	1,19	1,11	1,18	0,075	0,97	1,23	1,26	1,21	0,097	0,943	0,032	0,308
CIDN <sup>2</sup>	3,45	4,31	5,01	4,70	5,13	0,270	4,55	4,93	4,59	3,99	0,349	0,002	0,038	0,041
PIDN <sup>2</sup>	53,18	50,86	46,53	47,48	59,52	3,668	54,44	51,88	53,24	46,47	2,785	0,091	0,044	0,000
CHO <sup>2</sup>	762,92	720,77	724,49	719,06	726,97	5,007	707,80	738,21	738,83	738,54	6,776	0,000	0,000	0,032
CNF <sup>2</sup>	568,02	500,71	489,11	480,48	503,81	6,578	516,01	506,53	502,83	508,34	9,927	0,000	0,545	0,015
CF <sup>2</sup>	194,89	220,06	235,38	238,58	223,16	4,639	191,79	231,67	236,00	230,20	5,695	0,000	0,000	0,246
DIVMS <sup>2</sup>	886,75	872,11	859,93	863,74	859,33	3,104	864,67	868,21	870,15	870,45	5,765	0,001	0,708	0,404

LA = lâmina de água, AO = adubo orgânico, LA X AO = interação entre as lâminas de água e doses de adubo orgânico, MS = matéria seca, MM = matéria mineral, EE= extarto etéreo, PB= Proteína bruta, FDN = fibra em detergente neutro, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, FDA = fibra em detergente ácido, CEL= cellulose, HEM = hemicelulose, LDA = lignina, CIDN = cinzas insolúveis em detergente neutro, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, CHO = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos, CF = carboidratos fibrosos, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca,<sup>1</sup>g.kg<sup>-1</sup> de matéria natural,<sup>2</sup>g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, EPM = erro padrão da média.

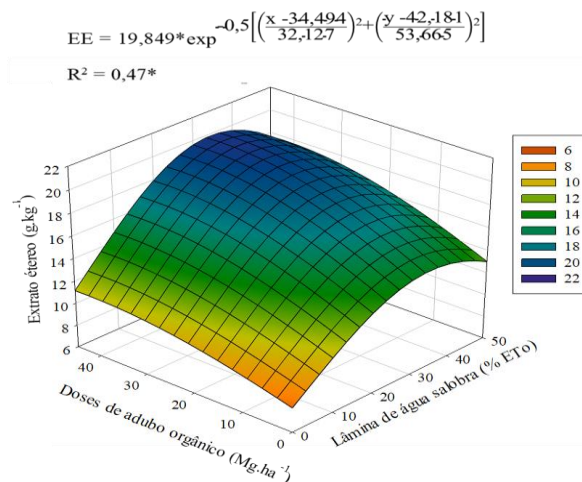


A MM apresentou efeito quadrático para as LA ( $P=0,001$ ), com concentrações chegando a  $211,99 \text{ g.kg}^{-1}$  MS na L25% ETo, tendo aumento de 25,64% na concentração de MM obtida neste tratamento, quando comparado ao tratamento controle, L0% ETo (Figura 13A). A MM também apresentou efeito quadrático para as doses de AO ( $P=0,001$ ), porém observou-se decréscimo de 17,74 % da MM com o aumento das doses de AO de  $225,18 \text{ g.kg}^{-1}$  MS do tratamento controle ( $0 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) a  $191,25 \text{ g.kg}^{-1}$  MS na dose  $45 \text{ Mg.ha}^{-1}$  (Figura 13B).



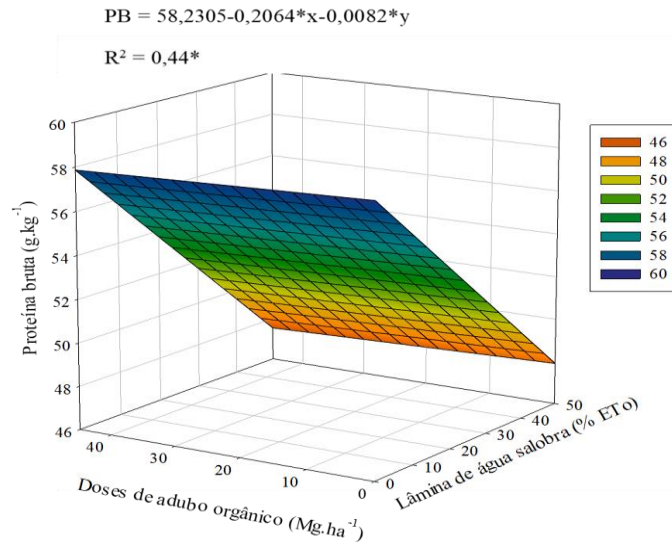
**Figura 13.** Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a matéria mineral da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossialino

O extrato etéreo (EE) apresentou efeito entre as interações das LA x AO ( $P=0,001$ ), com maiores respostas na L37,5% ETo nas doses (30 e  $45 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) com concentrações de EE de  $20 \text{ g.kg}^{-1}$  MS (Figura 14).



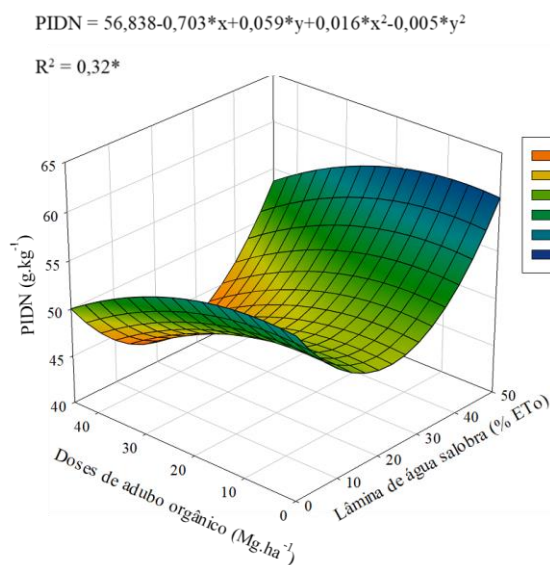
**Figura 14.** Efeito da interação entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre o extrato etéreo da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossialino

A variável proteína bruta (PB) apresentou efeito entre as interações das LA x AO ( $P=0,043$ ), com teores superiores a  $50 \text{ g.kg}^{-1}$  MS em todas as doses de AO na ausência de irrigação (0% ETo) e à medida que aumentou as LA, as concentrações de PB decresceram, ficando abaixo de  $50 \text{ g.kg}^{-1}$  MS na maior LA (L50% ETo) (Figura 15).

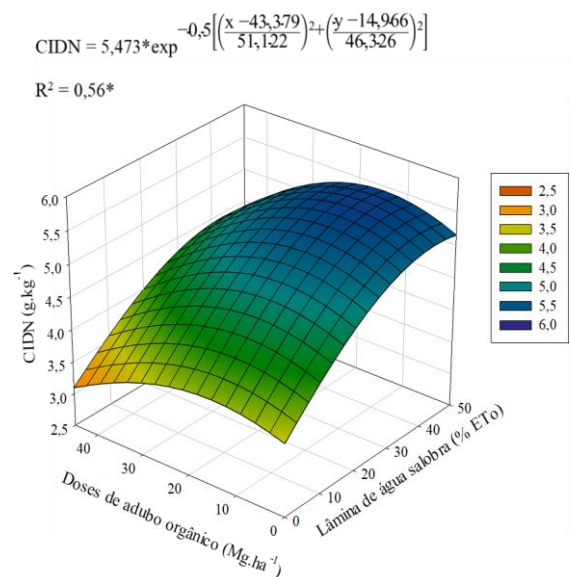


**Figura 15.** Efeito da interação entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a proteína bruta da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

De acordo com a Figura 16 houve interação entre LA x AO para o PIDN ( $P=0,041$ ) e o CIDN ( $P=0,001$ ), com maiores concentrações na maior lâmina de irrigação (L50% ETo) e nas doses de 0, 15 e 30  $\text{Mg.ha}^{-1}$  de AO.



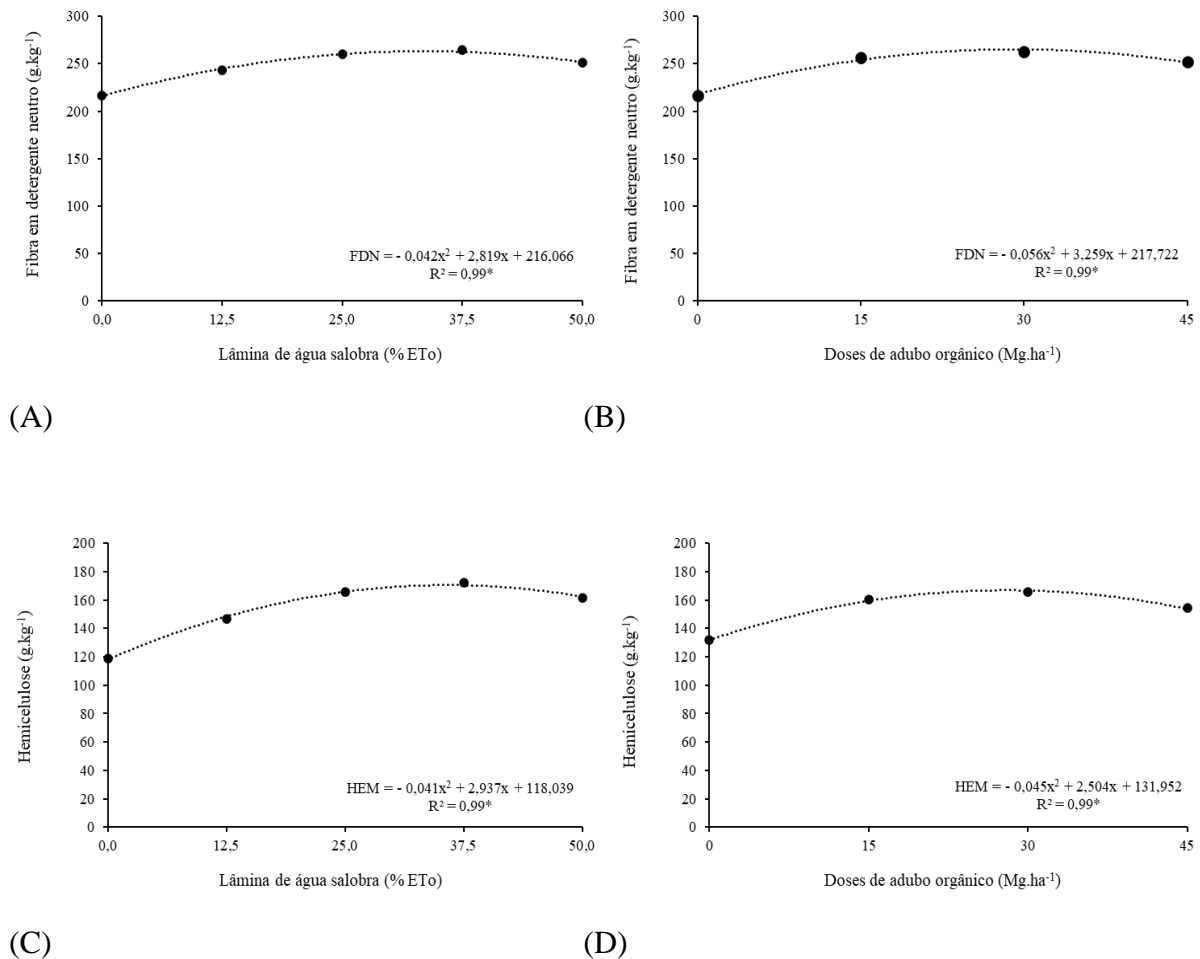
(A)



(B)

**Figura 16.** Efeito da interação entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a cinza e a proteína insolúvel em detergente neutro da palma forrageira cv. Orelha de Elefante em sistema biossalino

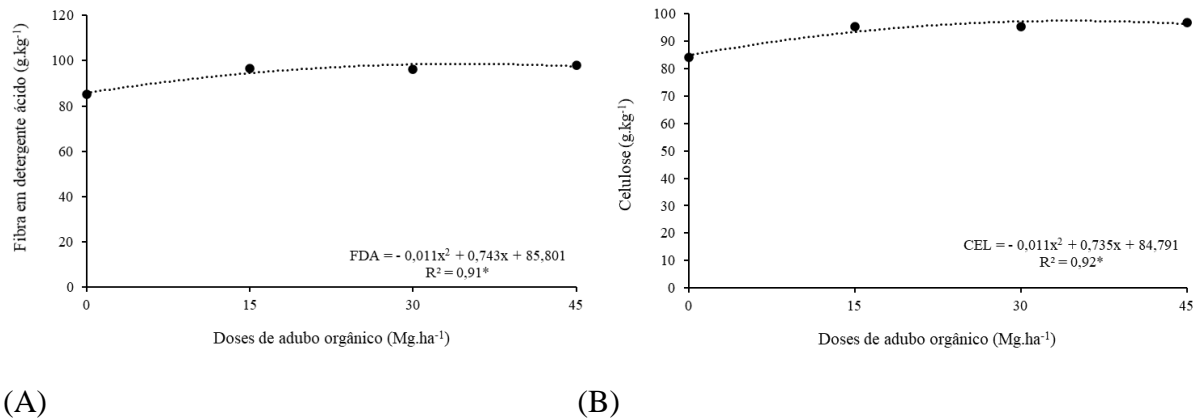
A FDN apresentou efeito quadrático para as LA ( $P=0,001$ ), com maior concentração na L37,5% ETo com  $264,65 \text{ g.kg}^{-1}$  MS (Figura 17A). Da mesma forma, a FDN também apresentou efeito quadrático para as doses de AO ( $P=0,001$ ), com maior concentração na dose ( $30 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) com  $262,40 \text{ g.kg}^{-1}$  MS (Figura 17B). A HEM apresentou efeito quadrático para as LA e doses de AO ( $P=0,001$ ) (Figura 17 C e D), o comportamento foi semelhante a FDN que apresentou as menores e maiores concentrações nas mesmas LA e AO, respectivamente.



**Figura 17.** Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a fibra em detergente neutro e hemicelulose da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossalino

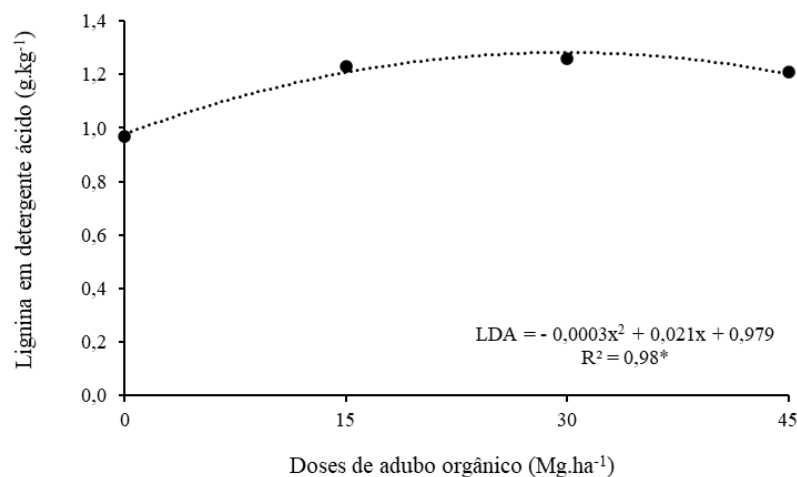
O FDA apresentou efeito isolado para as doses de AO ( $P=0,001$ ) com comportamento

quadrático (Figura 18 A). Sua maior concentração foi na dose de 45 Mg.ha<sup>-1</sup>, com concentração de 98,13 g.kg<sup>-1</sup> MS, representando aumento de 15,30% comparado ao teor de FDA na dose de 0 Mg.ha<sup>-1</sup>. A CEL também apresentou efeito isolado para as doses de AO (P=0,001), com comportamento quadrático (Figura 18 B), cujas concentrações variaram de 84,14 a 96,92 g.kg<sup>-1</sup> MS.



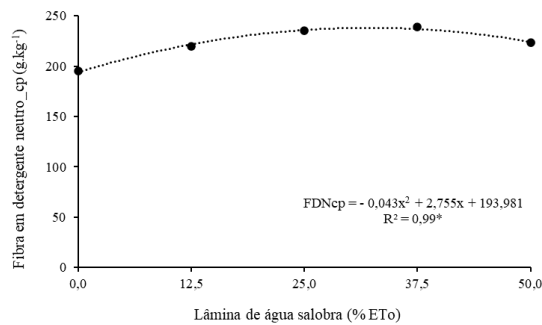
**Figura 18.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre a fibra em detergente ácido e celulose da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

A LIG, assim como o FDA e CEL apresentou efeito isolado para as doses de AO (P=0,032), com comportamento quadrático, seus teores variaram de 0,97 a 1,26 g.kg<sup>-1</sup> MS (Figura 19), tendo aumento máximo de 29,90% na dose de 30 Mg.ha<sup>-1</sup>.

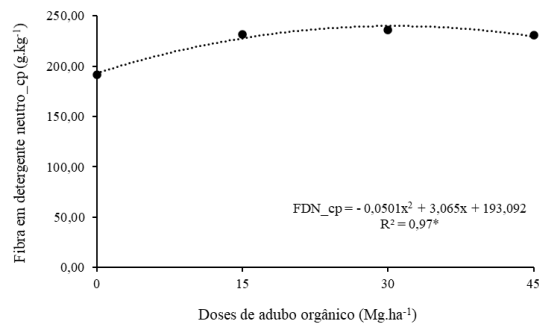


**Figura 19.** Efeito das doses de adubo orgânico sobre a lignina da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

A FDNcp apresentou efeito quadrático para as LA ( $P=0,001$ ), com concentrações variando de 194,89 a 239,28  $\text{g.kg}^{-1}$  MS (Figura 20A). A FDNcp também apresentou efeito quadrático para as doses de AO ( $P=0,001$ ), com concentrações mínimas e máxima muito próximas às encontradas para as LA com 191,79 a 236,00  $\text{g.kg}^{-1}$  MS, respectivamente (Figura 20B).



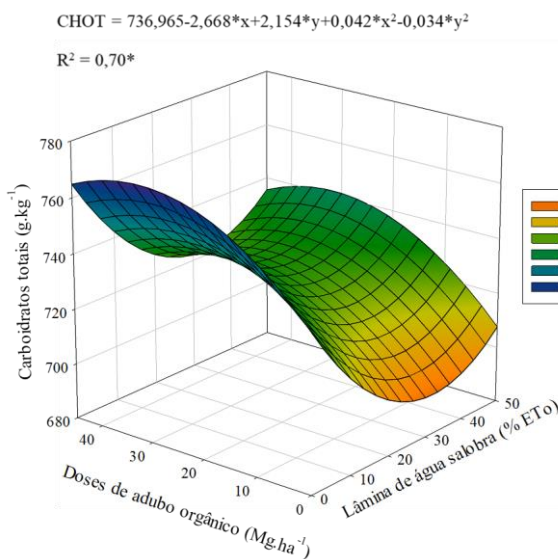
(A)



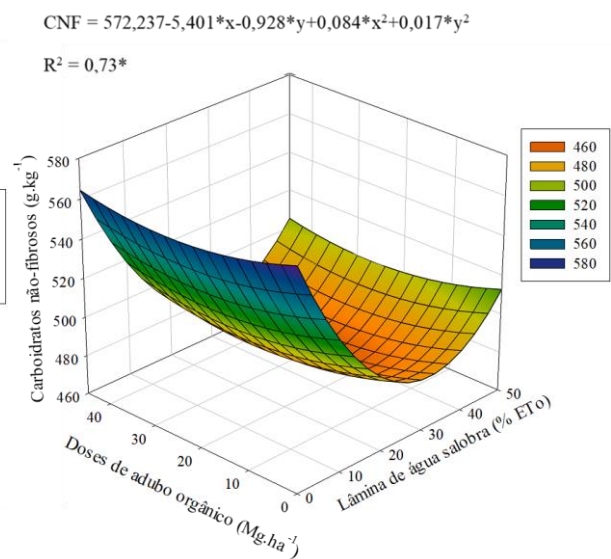
(B)

**Figura 20.** Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossalino

Observou-se efeito entre as interações das LA x AO sobre as concentrações de CHO ( $P=0,032$ ) e CNF ( $P=0,015$ ), com maior influência do AO, atingindo concentrações superiores a 760  $\text{g.kg}^{-1}$  CHO e 560  $\text{g.kg}^{-1}$  CNF (Figuras 21 A e B), respectivamente nas doses de 45  $\text{Mg.ha}^{-1}$  e L0% ETO.



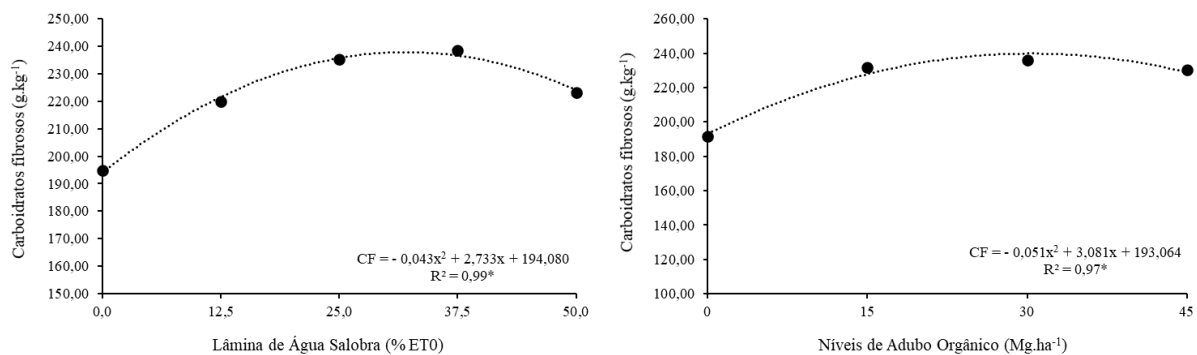
(A)



(B)

**Figura 21.** Efeito das interações entre as lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre os carboidratos totais e carboidratos não fibrosos da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossalino

Os CF apresentaram efeito quadrático para as LA ( $P=0,001$ ) e para as doses de AO com comportamento semelhante a FDN, cuja maior concentração foi na mesma LA (L37,5% ETo) com  $238,58 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$  (Figura 22A) e para a mesma dose de AO (30  $\text{Mg.ha}^{-1}$ ), com  $236,00 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$  (Figura 22B).

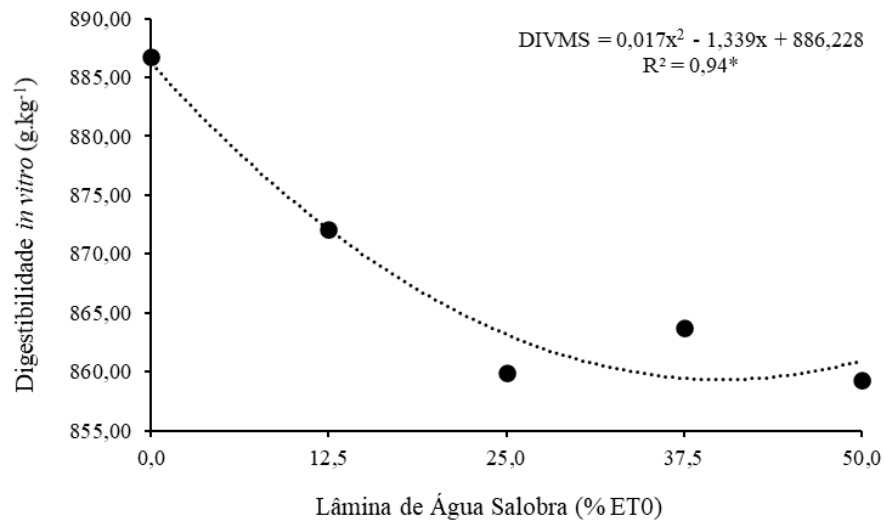


(A)

(B)

**Figura 22.** Efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubo orgânico sobre os carboidratos fibrosos da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema biossalino

A DIVMS apresentou efeito quadrático para as LA ( $P=0,001$ ) com maiores concentrações no tratamento controle, aquele que não se teve irrigação (L0 % ETo) com  $886,75 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$  e à medida que foi utilizado o manejo de irrigação, a DIVMS decresceu (Figura 23), onde na maior LA (L50 % ETo) a digestibilidade foi de  $859,33 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$  resultando em redução de 3,19% quando comparado a (L0% ETo).



**Figura 23.** Efeito das lâminas de irrigação sobre a digestibilidade *in vitro* da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em sistema bioassalino

## 5. DISCUSSÃO

O aumento das características morfológicas e produtivas para as doses de adubo orgânico ocorreram possivelmente devido as melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pois a adição de matéria orgânica no solo aumenta a micro e macrofaunas, melhora ou mantém a porosidade e, em contrapartida, o fluxo difusivo de nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas (DONATO et al., 2014b; SCOTTI et al., 2015). Além disso, a adubação orgânica promove melhorias na retenção de umidade do solo (SILVA et al., 2016), aumenta os teores, a mobilidade e as formas orgânicas solúveis de P e N no perfil do solo (NOVAIS et al., 2007; BARROS et al., 2016; DONATO et al., 2017; PADILHA JÚNIOR et al., 2020).

No caso de culturas permanentes, é possível que a lenta disponibilização dos nutrientes aplicados via esterco no solo seja suficiente para suprir as necessidades da planta ao longo de seu desenvolvimento (RAMOS et al., 2015). Provavelmente, maiores doses de adubação orgânica promoveram maior acúmulo de nutrientes e conseqüentemente a ocorrência de plantas mais altas (PADILHA JÚNIOR et al., 2016), pois conforme Léo et al. (2019), as adubações com maior suprimento de nutrientes, principalmente N (MARSCHNER, 1995; DONATO et al., 2014b) promovem melhor crescimento da planta.

A maior LP (133,67cm) em relação à AP (89,92 cm) ocorre devido a estrutura dos cladódios, pois plantas com cladódios maiores podem investir no crescimento lateral, devido à sua forma estrutural (NEDER et al., 2013; EDIVAN et al., 2020). Genótipos de palma forrageira que apresentam larguras de plantas maiores como é o caso do genótipo estudado, o cultivo com maior espaçamento entre plantas é recomendado, devido à competição por água, luz e nutrientes, além de facilitar o tratamento da cultura e colheita (EDVAN et al., 2020).

É possível verificar que nas plantas submetidas a maior dose de AO (45 Mg.ha<sup>-1</sup>) houve maior número de cladódios totais, bem como entre as ordens, fato que pode ser justificado possivelmente pelo maior aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P). O N favorece a emissão de cladódios da palma por ser um nutriente que estimula a divisão celular da planta (TAIZ & ZAIGER, 2016) e o P acelera a formação de raízes e o crescimento das plantas (DONATO et al., 2014b).

O maior número de NC2 em relação aos demais também foram encontrados por Barbosa et al. (2017) para mesma variedade. A maior concentração de NC2 ocorre devido a elevação no número de auréolas na planta com o surgimento dos cladódios primários (AMORIM et al., 2015). Essas estruturas, segundo Hills (2001), equivalem a gemas axilares, e que em condições ambientais adequadas podem dar origem a novos cladódios. Assim, o maior número de NC2 pode ser atribuído a essa característica.

Tanto o conhecimento do NCT da palma forrageira, quanto por ordem, possui grande importância morfofisiológica. Segundo Pinheiro et al. (2014), em estudos de correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira, o NTC é a característica que apresentou maior correlação ( $r=0,9569$ ) com o rendimento da palma forrageira, seguida da altura e largura da planta. O maior número de cladódios por unidade de área tende a aumentar a captura de CO<sub>2</sub> e maximizar a produtividade (NOBEL, 2001).

Outro ponto importante do NCT, do ponto de vista técnico, é o fato da palma forrageira ser normalmente propagada por partes vegetativas (cladódios inteiros). As variedades que apresentam maior número de cladódios seriam mais fáceis de serem replicadas no processo de multiplicação de mudas de variedades e/ou clones gerados por programas de melhoramento genético (AMORIM et al., 2015).

O maior CC1 e CC2 com a utilização de 45 Mg.ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico foi devido ao maior AA nessa dose, pois conforme Scalisi et al. (2016), o crescimento do cladódio está mais relacionado com o status de água da planta. A adubação orgânica promove melhorias no solo



como retenção de umidade (SILVA et al., 2016) e em condições ideais de umidade do solo, a palma forrageira armazena mais água para o tecido parênquimático (SCALISI et al., 2016).

A espessura dos cladódios foi maior nos cladódios mais velhos e foi reduzindo de acordo com as ordens de emissão. Esse comportamento está relacionado com sua idade, pois cladódios mais velhos apresentam a função de suprimento de água e nutrientes para os demais cladódios, flores e frutos, tal como transporte de nutrientes e substâncias orgânicas necessárias para manutenção da planta (DONATTO et al., 2014a). Então, quanto mais avançado o estágio de maturação dos cladódios, maior a espessura dos mesmos (PEREIRA et al., 2015).

O aumento da PMV e PMS com o aumento das doses de AO ocorreram em razão provavelmente de melhorias nas características físicas e químicas promovidas pela adubação orgânica, além da maior disponibilidade de nutrientes. O efeito linear positivo da PMV é reflexo do comportamento linear positivo da AP, LP e NTC para as doses de AO (PINHEIRO et al., 2014). Da mesma forma, o efeito linear positivo da PMS é reflexo dos resultados da AP, LP, LC1 e CC1, tendo em vista que estas variáveis foram maiores com a maior inclusão de AO (45 Mg.ha<sup>-1</sup>). Segundo Silva et al. (2010), existe correlação positiva entre a PMS e as variáveis citadas.

A palma forrageira possui um mecanismo fisiológico eficiente e específico na absorção de nutrientes e aproveitamento da água. Em função disso, quando há abundância hídrica e disponibilidade nutricional, associada ao manejo de adubação, poderá contribuir com o crescimento e desenvolvimento dos cladódios. Segundo Donato et al. (2014a), essa cactácea altera seu comportamento fisiológico apresentando aumento significativo no crescimento e na produtividade de matéria verde e seca.

A EUA-MS pela palma forrageira diminuiu com o aumento das LA aplicadas, possivelmente devido a sua idade, pois de acordo com Snyman (2014) a eficiência é maior em ciclos mais longos (no terceiro e quartos anos), em relação a ciclos mais curtos como o ciclo do presente estudo (18 meses). Então possivelmente devido a palma forrageira ser altamente eficiente do uso da água, os volumes de água disponíveis, quando irrigadas nas maiores frequências, foram acima do necessário para a máxima fixação de matéria seca, por isso o efeito linear negativo.

A EUA-MS pela palma forrageira pode ter diminuído também com o aumento das LA devido uma modificação no seu metabolismo, pois quando a palma está sob suprimento hídrico adequado ela pode fazer com que seu metabolismo modifique e passe a ter comportamento MAC facultativo, apresentando o metabolismo fotossintético semelhante à C3, conseguindo

fixar CO<sub>2</sub> durante o dia (EPIFÂNIO, 2019), reduzindo assim sua eficiência no uso da água. Morais et al. (2017) constataram EUA para palma forrageira irrigada inferiores as condição de sequeiro.

A EUA da palma forrageira é de até 11 vezes superior à observada nas plantas de mecanismo C3, tornando-a inigualável a qualquer outra forrageira (ALVES et al., 2007; CAVALCANTE et al., 2014). Conforme Sá et al. (2018), o manejo de irrigação pode ser uma estratégia importante para maior produção durante períodos de estiagem, entretanto, baixas quantidades de água, distribuídas uniformemente como foi a aplicação do presente experimento por via gotejamento, ao longo do período, são suficientes para manter os cladódios túrgidos.

A EUA das plantas em ambientes semiáridos é uma variável de importância relevante, pois reflete a capacidade da cultura tolerar as condições de baixa precipitação e distribuição irregular (PERAZZO et al., 2013). Dentre as cultivares de palma forrageira, a OEM é uma variedade que se destaca em termos de EUA considerando a produção de massa fresca (SILVA et al., 2014), pois é mais eficiente no uso da água retida na planta (MORAIS et al., 2017), além de possuir menor demanda de nutrientes (INÁCIO et al., 2020). Em função disso a cultivar OEM possui maior capacidade para se adaptar às condições de deficiência hídrica (PEREIRA et al., 2015).

As variáveis EUA e AA são comumente usadas em trabalhos de melhoramento genético para seleção de variedades de palma tolerantes a déficit hídrico (IGBADUN et al., 2006; KO & PICCINNI, 2009). Os entendimentos dessas variáveis para o manejo de adubação orgânica são fundamentais para o sucesso do sistema de produção, principalmente em regiões com limitações hídricas.

O aumento da EUA-MS de acordo com as doses de AO está ligado a capacidade do AO em aumentar a retenção da umidade do solo resultando em menor evaporação e melhor aproveitamento da água no sistema. Esse resultado justifica o comportamento da PMV da planta, pois quanto maior à produção de biomassa, os cladódios apresentaram-se mais eficientes quanto a sua capacidade em armazenar água.

A maior concentração de MM nos tratamentos que receberam água via irrigação, quando comparada a L0% ETo demonstra que a disponibilidade de água no solo é importante para que as plantas possam absorver minerais, uma vez que a água auxilia no carreamento de minerais presentes no solo para as raízes das plantas (NUNES, 2018). Apesar da diminuição da concentração de MM com o aumento das doses de adubo orgânico, chegando à concentração

de 159,9 g.kg<sup>-1</sup> MS está dentro dos padrões citados na literatura para a variedade OEM, como os encontrados por Araújo Júnior et al. (2021) com 159, 79 g/kg MS para mesma variedade.

A maior concentração de FDN e CF na L37,5% ETo pode ser atribuído a um aumento substancial da hemicelulose, tendo também sua maior concentração nessa lâmina, da mesma forma que a maior concentração de FDN e CF na dose 30 Mg.ha<sup>-1</sup> pode ser reflexo da maior concentração de LIG e HEM para essa dose.

A maior concentração de FDA na inclusão de 45 Mg.ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico, possivelmente está associado ao maior desenvolvimento das plantas, uma vez que quanto maiores as doses de adubo orgânico aplicados maiores foram a AP, conseqüentemente maior desenvolvimento dos tecidos estruturais nos cladódios inferiores, para exercerem melhor sustentação das seguintes ordens de cladódios (SILVA et al., 2010) e com isso evitar possíveis problemas de tombamento da planta.

À medida que a planta de palma forrageira cresce ocorre uma elevação dos teores de compostos estruturais (MACEDO JÚNIOR et al., 2007; DONATO et al., 2014b). Dos compostos estruturais que compõem o FDA, a CEL também apresentou sua maior concentração na dose 45 Mg.ha<sup>-1</sup> de AO e a LIG na dose 30 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Apesar do aumento da CEL e LIG suas concentrações foram baixas comparadas às concentrações desses compostos encontrados por Pessoa et al. (2020) com média de 143,13 e 4,91 g.kg<sup>-1</sup> MS respectivamente, entre os cladódios para a mesma variedade sem adubação. Esse resultado possivelmente pode estar relacionado a adubação, pois a adubação com matéria orgânica induz o crescimento da planta promovendo o aparecimento de novos cladódios, mais tenros, com menor concentração de lignocelulose. Ponto positivo para alimentação de ruminantes, pois a LDA é um constituinte da célula vegetal de baixa ou nula digestibilidade, agindo como uma barreira física às enzimas microbianas.

A redução no teor de PB com o aumento das LA pode ser explicada devido as forrageiras, em geral, sob estresse salino, sofrerem declínios nas trocas gasosas, eficiência fotossintética, produção de carboidratos e proteínas (MUNNS & TESTER, 2008).

Em condições de estresse salino, os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes pelas plantas podem ser afetados negativamente (PEDROTTI et al., 2015) dentre eles o nitrogênio. Sob estresse salino, a atividade da redutase do nitrato pode diminuir (SAGI & LIPS, 1988; SILVEIRA et al., 2001; ARAGÃO et al., 2010; ASHRAF et al., 2018) e, sendo essa enzima a responsável por catalisar a primeira etapa da assimilação do nitrato (PRADO et al., 2008) uma redução na sua atividade implica em menor assimilação de

nitrogênio pela planta (ARAGÃO et al., 2010) e conseqüentemente menor concentração de PB. Silverman et al. (2006), aplicando soluções salina que variaram de 50 a 400 mM em *Opuntia humifusa* verificaram diminuição no teor de PB de 40 g.kg<sup>-1</sup> MS para 23 g.kg<sup>-1</sup> MS.

À medida que se utilizou a irrigação, as concentrações de CHO e CNF decresceram, refletindo assim no resultado da digestibilidade que também decresceu com o aumento das lâminas de irrigação. Nunes (2018) também encontrou diminuição nos teores de CHO e CNF com o aumento das lâminas de irrigação na palma OEM sobre as mesmas condições da presente pesquisa. De acordo com Magalhães Filho et al. (2008), plantas sob condição de estresse apresentam redução nos teores de carboidratos devido a menor assimilação de CO<sub>2</sub> e maior mobilização de reservas direcionadas para o crescimento e manutenção.

A diminuição da DIVMS com o aumento das LA é reflexo do aumento do conteúdo de FDN e diminuição dos CHO e CNF com o aumento das lâminas de irrigação. De acordo com Cavalcante et al. (2014) as altas proporções de carboidratos, principalmente não fibrosos, em geral, elevam a digestibilidade da palma forrageira. Isso porque são prontamente degradados no rúmen, desaparecendo rapidamente, e aumentam o aporte de energia, favorecendo o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a digestão, então como houve redução dos CHO e CNF refletiu na redução da DIVMS.

## **6 CONCLUSÃO**

As características morfológicas da palma forrageira são incrementadas com a utilização do adubo orgânico, em que o acréscimo de adubo orgânico em até 45 megagramas por hectare aumenta a produção e a eficiência no uso da água da palma forrageira cultivada em sistemas biossalinos no Semiárido.

As concentrações de PB, CHO, CNF, assim como a DIVMS são favorecidas pela aplicação de menores lâminas de água salobra e doses de adubo orgânico em sistemas biossalinos no Semiárido.

O incremento de adubo orgânico em até 45 megagramas por hectare associado ao uso de menores lâminas de água salobra são recomendadas para o cultivo da palma orelha de elefante mexicana cultivada na região Semiárida.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: **FAO**, 1998. 310p.
2. ALVES, R. N. FARIAS, I.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, C.D. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.38-44, 2007.
3. AMORIM, P.L.; MASTUSCELLO, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.T.; CUNHA, D.N.F.V.; JANK, L. Morphological and productive characterization of forage cactus varietie. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.230-238, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n326rc>
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15<sup>a</sup> Ed. AOAC, Arglington, USA, 1990. 745p.
5. ARAGÃO, R.M.; SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, E.N.; LOBO, A.K.M.; DUTRA, A.T.B. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.100-106, 2010. Doi: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20100014>
6. ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B.; SOUZA, M.S.; ARAÚJO, G.G.L.; MOURA, M.S.B.; SANTOS, J.P.A.S.; JARDIM, A.M.R.F.; ALVES, C.P.; ALVES, H.K.M.N. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. **Bragantia**, v.80, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200390>
7. ASHRAF, M.; SHAHZAD, S.M.; IMTIAZ, M.; RIZWAN, M.S. Salinity effects on nitrogen metabolism in plants–focusing on the activities of nitrogen metabolizing enzymes: A review. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.8, p.1065-1081, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1431670>
8. BARBOSA, M.L.; SILVA, T.G.; ZOLNIER, S.; SILVA, S.; MORAIS, J.E.; ASSIS, M.C.S. Association of morphological and water factors with irrigated forage cactus yield. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.9, p.600-605, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n9p600-605>
9. BARROS, J.L.; DONATO, S.L.R.; GOMES, V, M.; DONATO, P.E.R.; SILVA, J.A.; PADILHA JÚNIOR, M.C. Palma forrageira ‘gigante’ cultivada com adubação orgânica. **Revista Agrotecnologia**, v.7, n.1, p.53-65, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v7n1p53-65>
10. BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D.D.; SOARES, A.A. 2005. **Manual de irrigação**. 9<sup>a</sup> ed. Editora UFV, 2019. 545p.
11. CARDOSO, E.J.B.N.; VASCONCELOS, R.L.F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M.Y.H.; SANTOS, C.A.; ALVES, P.R.L.; PAULA, A.M.; NAKATANI, A.S.; PEREIRA, J.S.; NOGUEIRA, M.A. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agrícola**, v.70, n.4, p.274-289, 2013. Doi:

<https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400009>

12. CAVALCANTE, L.A.D.; SANTOS, G.R.D.A.; SILVA, L.M.D.; FAGUNDES, J.L.; SILVA, M.A.D. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.4, p.424-433, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400010>
13. CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. **Scientia Agricola**, v.68, n.4, p.406-410, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000400003>
14. DONATO, P.E.R.; PIRES, A.J.V.; DONATO, S.L.R.; BONOMO, P.; SILVA, J.A.; AQUINO, A.A. Morfometria e rendimento da palma forrageira “Gigante” sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, p.151-158, 2014a. Doi: <https://dx.doi.org/10.5039/agraria.v9i1a3252>
15. DONATO, P.E.R.; PIRES, A.J.V.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; AQUINO, A.A. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.27, n.1, p.163-172, 2014b.
16. DONATO, P.E.R.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; PIRES, A.J.; JUNIOR, S. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of ‘Gigante’ cactus pear under different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.238-243, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p238-243>
17. EDVAN, R.L.; MOTA, R.R.M.; SILVA, T.P.D.; NACIMENTO, R.R.; SOUSA, S.V.; SILVA, A.L.; ARAÚJO, M.J.; ARAÚJO, J.S. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v.10, n.1, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1038 / s41598-020-66972-0>
18. EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª Ed. Rio de Janeiro, 2018. 356p
19. EPIFÂNIO, N.M.L.S. **Descritores morfológicos e indicador de metabolismo fotossintético em clones de palma forrageira**. 84p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife: UFRPE, 2019.
20. FONSECA, V.A.; BRITO, C.F.B.; BEBÉ, F.V.; ARANTES, A.M.; SANTOS, L.G. Feijão Caupi irrigado com água salina e adubado com esterco bovino. **Engenharia na Agricultura**, v.25, n.5, p.427-438, 2016. Doi: <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i5.714>
21. HILLS, F.S. Anatomia e morfologia. In: Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE/PB (tradução), p.28-35, 2001.
22. HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)

23. IGBADUN, H.E.; MAHOO, H.F.; TARIMO, A.K.P.R.; SALIM, B.A.S. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. **Agricultural Water Management**, v.85, p.141-150, 2006. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2006.04.003>
24. INÁCIO, J.G.; CONCEIÇÃO, M.G.; SANTOS, D.C.; OLIVEIR, J.C.V.; CHAGAS, J.C.C.; MORAES, G.S.O.; SILVA, E.T.S.; FERREIRA, M.A. Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with diferente concentrate levels for Girolando lactating dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.33, p.35-43, 2020. Doi: <https://dx.doi.org/10.5713%2Fajas.18.0916>
25. INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 4 nov 2018.
26. KO, J.; PICCINNI, G. Corn yield responses under crop evapotranspiration-based irrigation management. **Agricultural Water Management**, v.96, p.799-808, 2009. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2008.10.010>
27. LÉDO, A.A.; DONATO, S.L.R.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, J.A.; DONATO, P.E.R.; CARVALHO, A.J. Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.6, p.413-418, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p413-418>
28. MACEDO JÚNIOR, G.L.; ZANINE, A.M.; BORGE, I.; PÉREZ, J.R.O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v.17, n.1, p.7-17, 2007.
29. MAGALHÃES FILHO, J.R.; AMARAL, L.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘Valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto. **Revista Bragantia**, v.67, n.1, p.75-82, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000100009>
30. MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.
31. MELLONI, R; SILVA, F. A. M.; CARVALHO, J. G. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, v.6, n.2, p.35-40, 2000.
32. MORAIS, J.E.F; SILVA, T.G.F; QUEIROZ, M.G; ARAUJO, G.G.L; MOURA, M.S.B; ARAÚJO JÚNIO, G.N. Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.273-278, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p273-278>
33. MUNNS, R.; TESTER. Mechanims of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, v.29, p.651-681, 2008. Doi: <https://dx.org/doi/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
34. 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, p.203-207, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-70332013000300009>
35. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, L.E.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1ª Ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1.017p.
  36. NOBEL, P.S. *Biologia Ambiental*. In: BARBERA, G.; INGLESIA, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Eds.) **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Roma: FAO/Sebrae-PB, 2001. 48p.
  37. NUNES, T.C.M.D. **Sistemas biossalinos de produção de palma forrageira recebendo crescentes lâminas de água e doses de matéria orgânica**. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina – PE, 2018.
  38. PADILHA JUNIOR, M.C.; DONATO, S.L.R.; DONATO, P.E.R.; SILVA, J.A. Attributes of the soil with cactus pear under organic fertilization, different spacings and sampling times. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.7, p.444-450, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p444-450>
  39. PADILHA JÚNIOR, M.C.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; DONATO, P.E.R.; SOUZA, E.S. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde**, v.11, n.1, p.67-72, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.3710>
  40. PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.M.; RAMOS, V.C.; PRATA, A.N.; LUCAS, A.A.T.; SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.1308-1324, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117016544>
  41. PERAZZO, A.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, R.M.A.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; AQUINO, M.M.; SILVA, T.C.; BEZERRA, H.F. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no Semiárido. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1771-1776, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001000007>
  42. 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**, v.28, p.184-195, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n321rc>
  43. PESSOA, D.V.; ANDRADE, A.P.; MAGALÃES, A.L.R.; TEODORO, A.L.; SANTOS, D.C.; ARAÚJO, G.G.L.; MEDEIROS, A.N.; NASCIMENTO, D.B.; VALENÇA, R.L.; CARDOSO, D.B. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v.181, p.104243, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104243>
  44. 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**, v.49, p.939-947, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200004>

45. PRADO, R.M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008. 500p.
46. RAMOS, J.P.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, R.M.A.; BEZERRA, H.F.C.; PEREIRA, G.A.; BELTRÃO, G.R.; OLIVEIRA, J.S. Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.16, n.12, p.1-11, 2015.
47. RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. **Agriculture Handbook**, n 60, USDA, 1954. 160p.
48. SAGI, M.; LIPS, H.S. The levels of nitrate reductase and MoCo in annual ryegrass as affected by nitrate and ammonium nutrition. **Plant Science**, v.135, n.1, p.17-24, 1998. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00084-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00084-3)
49. SANTOS, M.R.; DONATO, S.L.R.; Irrigação da palma forrageira, **Revista Agrotecnologia**, v.11, n.1, p.75-86, 2020.
50. SÁ, W.C.C.S; SANTOS, E.M; OLIVEIRA, J.S; PERAZZO, A.F. Productions of spineless cactus in Brazilian semiarid. In: EDIVAN, R.L.; BEZERRA, L.R. **New perspectives in forage crops**. Intech Open Science, 2018. Doi: <https://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69614>
51. SCALASI, A.; MORANDI, B.; INGLESE, P.; LO BIANCO, R. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**, v.122, p.158-167, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.10.003>
52. SCOTTI, R.; BONANOMI, G.; SCENZA, R.; ZOINA, A.; RAO, M.A.O. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.15, n.2, p.333-352, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000031>
53. SENGER, C.C.D.; KOZLOSKI, G.V.; SANCHEZ, L.M.B.; MESQUITA, F.R.; ALVES, T.P.; CASTAGNINO, D.S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.169-174, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>
54. SILVA, I.N.; FONTES, L.O.; TAVELLA, L.B.; OLIVEIRA, J.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n.3, p.1-15, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v7i3.134>
55. SILVA, N.G.M.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.11, p.2389-2397, 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100011>
56. SILVA, N.G.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; CUNHA, M.V.; LIRA, M.A.A.; FERRAZ, I. Effects of planting density and organic fertilization doses on productive efficiency of cactus pear. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.976-983, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n423rc>
57. SILVA, T.G.F.; PRIMO, J.T.A.; SILVA, S.M.S.; MOURA, M.S.B.; SANTOS, D.C.; SILVA, M.C.; ARAÚJO, J.E.M. Indicadores de eficiência do uso da água e de

- nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro, **Bragantia**, v.73, n.2, p.184-191, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/brag.2014.017>
58. SILVEIRA, J.A.G.; MELO, A.R.B.; VIÉGAS, R.A.; OLIVEIRA, J.T.A. Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.46, n.2, p.171-179, 2001. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00095-8](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00095-8)
59. SILVERMAN, F.P.; YOUNG, D.R.; NOBEL, P.S. Effects of applied NaCl *Opuntia humifusa*. **Revista Physiologia Plantarum**, v.72, n.2, p.343-348, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1988.tb05843.x>
60. SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.22, n.2, p.123-131, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
61. SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; Van SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992. Doi: <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
62. SNYMAN, H.A. Influence of water stress on root development of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Arid Land Research and Management**, v.28, n.4, p.447-463, 2014. Doi: <https://dx.doi.org/10.1080/15324982.2013.862317>
63. SOUZA, M.C.M.R.; MENEZES, A.S.; COSTA, R.S.; LACERDA, C.F.; AMORIM, A.V.; XIMENES, A.I.S. Saline water on the leaf mineral composition of noni under organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.9, p.687-693, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p687-693>
64. TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 719p.
65. TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2017. 530p.
66. TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
67. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
68. WALSH, E.; MCDONNELL, K.P. The influence of added organic matter on soil physical, chemical, and biological properties: a small-scale and short-time experiment using straw. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.58, n.1, p.201-205, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.697999>