



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**



**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE PALMA
FORRAGEIRA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA
DE IRRIGAÇÃO**

MÁRCIA CRISTINA DE ARAÚJO PEREIRA

**CAMPINA GRANDE-PB
FEVEREIRO DE 2019**

MÁRCIA CRISTINA DE ARAÚJO PEREIRA

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE PALMA
FORRAGEIRA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadores:

Prof. PhD. Carlos Alberto Vieira de Azevedo - UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. José Dantas Neto- UFCG/CTRN/UAEAg

CAMPINA GRANDE-PARAÍBA

2019

P436c Pereira, Márcia Cristina de Araújo.
Crescimento e produção de cultivares de Palma Forrageira sob diferentes níveis de salinidade de água de irrigação / Márcia Cristina de Araújo Pereira. - Campina Grande, 2019.
94 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. José Dantas Neto.

Referências.

1. Águas Salinas. 2. Disponibilidade de Água. 3. *Opuntia*. 4. *Napolea*. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Dantas Neto, José. III. Título.

CDU 633.3:626.81(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO BIBLIOTECÁRIO GUSTAVO DINIZ DO NASCIMENTO CRB-15515



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

MÁRCIA CRISTINA DE ARAÚJO PEREIRA

“CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA
SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO ”

APROVADO (A): 26 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Orientador – UAEA/CTRn/UFCG

Dr. José Dantas Neto
Orientador – UAEA/CTRn/UFCG

Dr. Luciano Marcelo Falle Sáboya
Examinador – UAEA/CTRn/UFCG

Dra. Josilda de França Xavier
Examinadora – PNPd/UAEA/CTRn/UFCG

Dedico este trabalho em especial a minha mãe Maria Ana de Araújo Pereira, ao meu pai Homero de Araújo Pereira, aos meus irmãos Márcio Romero de Araújo Pereira e Magno José de Araújo Pereira e aos meus avós Maria Luiza, Israel Tomé, Rita Ana e José Felizardo (in memoriam), pelo apoio, confiança que ao longo de minha vida, com muito amor e dedicação são os meus principais estímulos para a realização de tudo que faço.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, a minha Nossa Senhora Aparecida por sempre interceder por mim nos momentos de aflição e ao espírito santo pelo dom da vida e por me dar força, discernimento e paciência para lidar com todas as adversidades do dia a dia.

Agradeço a minha família pela força em todos os momentos da minha vida, por sempre me apoiar nas minhas decisões. A minha prima Patrícia por sempre estar em todos os momentos de minha vida.

Ao meu Namorado Isidoro por todo apoio dado e compreensão.

A Daniele, Rafaela, Tainara, Sabrina, Kecinha, Jean, Thiago por todos momentos compartilhados e, em especial, a esses dois irmãos que a vida me presenteou Jailton e Mariana, obrigada por tudo. Não deixando também de agradecer a esses dois, Beatriz e João.

Aos meus orientadores, professor Carlos Alberto Vieira de Azevedo e professor José Dantas Neto.

A professora Soahd e ao professor Luciano.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão do auxílio financeiro que proporcionou minha manutenção durante toda duração do curso.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
LISTA DE SIGLAS	xv
CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.1. INTRODUÇÃO.....	18
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.2.1. Objetivo Geral.....	19
1.2.2. Objetivos Específicos.....	19
1.3. REVISÃO DE LITERATURA	20
1.3. 1. Caracterização do semiárido brasileiro.....	20
1.3.2. Disponibilidade de água no semiárido	20
1.3.3. Salinidade da água de irrigação	21
1.3.4. Palma Forrageira: origem e implantação no Brasil.....	24
1.3.5. Características da cultura	25
1.3.6. Importância da palma forrageira para o semiárido nordestino	26
1.3.7. Irrigação na palma forrageira	28
1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 2- CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	38
2.1. INTRODUÇÃO.....	41
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.2.1. Localização e caracterização da área experimental.....	42
2.2.2. Instalação e condução do experimento	43
2.2.3. Variáveis analisadas	45
2.2.4. Área de cladódio primário e secundário (ACP/ACS)	46
2.2.5. Índice de área de cladódio primário e secundário (IACP/IACS)	46
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
2.3.1. Número de cladódio, altura e largura da planta.....	47
2.3.2. Cladódios Primários	58
2.3.3. Cladódios Secundários.....	64
2.3.4. Área de cladódios e Índice área de cladódios.....	68
2.4. CONCLUSÃO.....	73
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

CAPÍTULO 3- PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	78
3.1. INTRODUÇÃO	81
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	82
3.2.1. Localização e caracterização da área experimental	82
3.2.2. Instalação e condução do experimento.....	83
3.2.3. Delineamento experimental.....	85
3.2.4. Variáveis Analisadas.....	86
3.2.4.1. Fitomassa fresca e fitomassa seca de cladódios	86
3.2.4.2. Salinidade limiar	86
3.3. RESULTADO E DISCUSSÃO	86
3.3.1. Fitomassa fresca de cladódios e fitomassa seca de cladódios	86
3.4. CONCLUSÃO	92
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

Crescimento e produção de cultivares de palma forrageira sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação

RESUMO

A baixa disponibilidade de água de boa qualidade é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento da agropecuária no semiárido brasileiro, além disso, boa parte da água disponível é proveniente de poços cristalinos e considerados salinos. Por isso, objetivou-se nesse trabalho, avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no crescimento e na produção de cultivares de palma forrageira na região do semiárido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3, com quatro níveis salinos (0,2; 2,0; 3,8 e 5,6 dS m⁻¹) e três cultivares (Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e IPA-Sertânia). Para as variáveis de crescimento, os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação afetam o crescimento de todas as cultivares de palma forrageira avaliadas. Para a emissão de cladódios, a salinidade da água de irrigação não afetou, porém para emissão de ordens superiores houve o decréscimo com o aumento. Com o aumento da salinidade, a maioria das características relacionadas aos cladódios primários foram afetadas, de acordo com o comportamento morfológico de cada uma das cultivares. Sendo a palma da Miúda a que melhor responde em relação ao aumento na condutividade elétrica da água de irrigação, tendo seu maior desempenho para a salinidade de 3,8 dS m⁻¹, já a Baiana e a Orelha de Elefante Mexicana para a salinidade de 2,0 dS m⁻¹. Nas variáveis de produção, a cultivar Miúda obteve uma maior produção para a salinidade de 4,04 dS m⁻¹, seguida da Orelha de Elefante Mexicana para o nível salino de 2,73 dS m⁻¹ e a Baiana na salinidade de 2,17. A cultivar Miúda quando irrigada com a salinidade de 5,6 dS m⁻¹ apresentou maior rendimento para fitomassa fresca. Sendo assim, é possível o cultivo de palma forrageira em condições de campo irrigada com águas salinas, desde que seja realizado o manejo adequado.

Palavras-Chave: águas salinas, disponibilidade de água, *Opuntia*, *Napolea*.

Growth and yield of forage palm cultivars under different salinity levels of irrigation water

ABSTRACT

The low availability of good quality water is one of the limiting factors for the development of agriculture in the Brazilian semi-arid region, where much of this available water comes from crystalline wells and is considered saline. The objective of this work was to evaluate the effect of different salinity levels of irrigation water on growth and yield of forage palm cultivars in the semiarid region. The experimental design was a randomized block design in a 4x3 factorial scheme, with four saline levels (0.2, 2.0, 3.8 and 5.6 dS m⁻¹) and three cultivars (Miúda, Mexican Elephant Ear and IPA- For the growth variables the different salinity levels of irrigation water affect the growth of all evaluated forage palm cultivars. For the emission of cladodes the salinity of the irrigation water did not affect, but for emission of higher orders the decrease with the increase. Most of the traits related to primary cladodes were affected with increasing salinity, but according to the morphological behavior of each cultivar. The Miúda palm is the one that best responds to the increase in the electrical conductivity of the irrigation water, with its highest salinity performance of 3.8 dS m⁻¹, while the Baiana and the Mexican Elephant Ear for the salinity of irrigation. 2,0 dS m⁻¹. For the production variables the cultivar Miúda obtained the highest salinity yield of 4.04 dS m⁻¹, followed by the Mexican Elephant Ear at the saline level of 2.73 dS m⁻¹ and the Bahian salinity at 2,17 dS m⁻¹. The cultivar Miúda when irrigated with salinity of 5.6 dS m⁻¹ has the highest yield for fresh phytomass. Forage palm cultivation is possible under field conditions irrigated with saline waters, provided proper management is carried out.

Key words: salt water, availability of water, *Opuntia*, *Napolean*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Local de desenvolvimento e condução do experimento.	42
Figura 2. Dados de Precipitação, temperatura e umidade relativa da área experimental, no período de condução do experimento.....	43
Figura 3. Largura de planta-LP em função do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.....	48
Figura 4. Largura de planta-LP em função do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.....	49
Figura 5. Número de cladódios primários-NCP em função do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.....	50
Figura 6. Número de cladódios primários-NCP em função do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.	51
Figura 7. Número de cladódios secundários-NCS em função do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.....	52
Figura 8. Número de cladódios secundários-NCS em função do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.	53
Figura 9. Número de cladódios terciários-NCT em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.....	54
Figura 10. Número de cladódios terciários-NCT em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade	55
Figura 11. Número de cladódios totais-NCTotais em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.....	56
Figura 12. Número de cladódios totais-NCTotais em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.....	57
Figura 13. Largura de cladódios primários-LCP para as cultivares de palma forrageira estudadas	59
Figura 14. Comprimento de cladódios primários - CCP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento de cultivares dentro de cada nível de salinidade.	60

Figura 15. Espessura de cladódios primários-ECP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.	61
Figura 16. Espessura de cladódios primários-ECP em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.	62
Figura 17. Perímetro de cladódios primários – PCP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.	63
Figura 18. Perímetro de cladódios primários – PCP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.	64
Figura 19. Comprimento de cladódios secundários-CCS de cultivares de palma forrageira	65
Figura 20. Largura de cladódios secundários de cultivares de palma forrageira	66
Figura 21. Espessura de cladódios secundários-ECS de cultivares de palma forrageira	67
Figura 22. Perímetro de cladódios secundários-PCP de cultivares de palma forrageira.	67
Figura 23. Área de cladódios primários - ACP de cultivares de palma forrageira.....	69
Figura 24. Área de cladódios secundários-ACS de cultivares de palma forrageira	70
Figura 25. Índice de área de cladódios primários-IACP de cultivares de palma forrageira	71
Figura 26. Índice de área de cladódios secundários- IACS de cultivares de palma forrageira	72

CAPÍTULO 3

Figura 1. Local de desenvolvimento e condução do experimento.	82
Figura 2. Dados de Precipitação, temperatura e umidade relativa da área experimental, no período de condução do experimento.....	83
Figura 3. Fitomassa seca dos cladódios-FSC, em diferentes cultivares de palma forrageira.....	87

Figura 4. Fitomassa fresca de cladódios-FFC em função do desdobramento da salinidade para cada cultivar estudada.....	89
Figura 5. Fitomassa fresca de cladódios-FFC em função do desdobramento de cada cultivar dentro de cada nível salino	90

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento	44
Tabela 2. Caracterização física do solo	44
Tabela 3. Caracterização química da água de abastecimento.....	45
Tabela 4. Resumos da análise de variância para as variáveis estudadas das cultivares Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e Baiana para altura de planta (AP) e largura de planta (LP), número de cladódios primários (NCP), número de cladódios secundários (NCS), número de cladódios terciários (NCT), número de cladódios totais (NCTtotal). .	47
Tabela 5. Resumos da análise de variância para comprimento de cladódio primário (CCP), largura de cladódio primário (LCP), espessura de cladódio primário (ECP) e perímetro de cladódio primário (PCP)..	58
Tabela 6. Resumos da análise de variância para comprimento de cladódio secundário (CCS), largura de cladódio secundário (LCS), espessura de cladódio secundário (ECS) e perímetro de cladódio secundário (PCS).	65
Tabela 7. Resumos da análise de variância para área de cladódio primário (ACP), índice de área de cladódios primário (IACP), área de cladódio secundário (ACS) e índice de área de cladódio secundário (IACS).	68

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Caracterização química do solo, utilizado no experimento.	84
Tabela 2. Caracterização física do solo utilizado no experimento	84
Tabela 3. Caracterização química da água de abastecimento	85
Tabela 4. Resumos da análise de variância para fitomassa fresca de cladódios (FFC) e fitomassa seca de cladódios (FSC)	87

LISTA DE SIGLAS

ACP- Área de cladódio primário

ACS-Área de cladódio secundário

Al: Alumínio

AP- Altura de planta

BMC-Biomassa de cladódio

Ca: Cálcio

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CCP- Comprimento de cladódio primário

CCS- Comprimento de cladódio secundário

CEes: Condutividade Elétrica do extrato de saturação

Cl: Cloreto

CO: Carbonato

CTC: Capacidade de Troca de Cátions

DBC-Delineamento em blocos casualizados

dS m⁻¹- decisiemens metro

ECP-Espessura de cladódio primário

ECS-Espessura de cladódio secundário

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMPARN- Empresa de Pesquisa Agropecuária do *Rio Grande do Norte S/A*

FSC-Fitomassa seca de cladódio

FFC- Fitomassa fresca de cladódio

H: Hidrogênio

ha-Hectares

HCO: Bicarbonato

IACP- Índice de área de cladódio primário

IACS- Índice de área de cladódio secundário

IBGE-Empresa Brasileira de Geografia e Estatística

INSA- Instituto Nacional do Semiárido

K: Potássio

LCP- Largura de cladódio primário

LCS-Largura de cladódio secundário

LIS- Laboratório de Irrigação e Salinidade
LP- Largura de planta
Mg- Megagrama
Mg: Magnésio
MO: Matéria Orgânica
mS cm⁻²-milisiemens centímetro quadrado
MS- Matéria seca
MV- Matéria verde
N: Nitrogênio
Na: Sódio
NCP- Número de cladódios primário
NCS- Número de cladódios secundário
NCT- Número de cladódios terciário
NCTotal- Número de cladódios total
OEM- Orelha de Elefante Mexicana
P: Fósforo
PCP- Perímetro de cladódio primário
PCS- Perímetro de cladódio secundário
pH: Potencial Hidrogeniônico
RAS: Relação de Adsorção de Sódio.
SB: Bases Trocáveis
SENAR- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1.1. INTRODUÇÃO

As regiões áridas e semiáridas ocupam um terço da superfície terrestre, representando cerca de 400 milhões de habitantes. No Brasil, representam uma área bastante extensa, entre 750.000 a 850.000 km², ou seja, cerca 10% do território nacional (Silva et al., 2014) e de 70 % da área total da região Nordeste (Amorim, 2011).

Essas regiões são caracterizadas por apresentarem chuvas irregulares que variam de 300 a 800 mm ao ano, que duram de três a quatro meses (março a junho), podendo ocorrer secas prolongadas, acarretando baixa disponibilidade de água (Perazzo et al., 2013). Além disso, os solos são definidos, principalmente, por serem rasos, pedregosos, de baixa fertilidade e com a vegetação predominante da caatinga (Amorim, 2011). A escassez hídrica é o principal fator limitante na produção agrícola e na criação de animais dessa região, tornando assim, importante o emprego de metodologias de manejo de convivência com o semiárido, de forma a promover maior rendimento na produção de forragens (Perazzo et al., 2013).

Atualmente, as palmas forrageiras *Opuntia e Nopalea*, tem sido uma alternativa para a alimentação no manejo da pecuária nordestina, visto que, a sua adaptação ao semiárido possibilita a redução de riscos e aumenta a garantia da segurança alimentar dos sistemas pecuários em várias regiões do Nordeste (Almeida, 2012). Dessa forma, se constituiu em um alimento que apresenta boa aceitabilidade pelos animais, além de ser um recurso forrageiro fundamental nos períodos de estiagem, por apresentar um alto potencial na produção de fitomassa nas condições semiáridas.

Ressalta-se ainda, que por ser uma planta que possui o mecanismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), proporciona maior eficiência no uso de água, contendo cerca de 90% de água nos seus cladódios, representando uma valiosa contribuição no suprimento hídrico dos animais, além de possuir alto valor energético, ser uma cactácea rústica, resistente à seca (Bezerra et al., 2015). Resultando numa economia hídrica em decorrência do fechamento dos estômatos durante o dia e a abertura durante a noite, com a fixação do CO₂. No entanto, apesar de ser uma cultura adaptada, sua produtividade tem sido baixa, sobretudo, por falta de manejo adequado (Donato et al., 2014).

Para Fonseca (2017), a baixa disponibilidade de água de boa qualidade em regiões semiáridas, é um fator determinante para o desenvolvimento da agricultura

irrigada e para pecuária. Desta forma, o uso de águas com altas concentrações de sais solúveis em culturas tolerantes aos seus efeitos deletérios, pode se tornar uma alternativa viável no manejo, potencializando assim, a produção de volumoso e concentrado na região semiárida.

O manejo inadequado pode promover prejuízos no sistema produtivo, em razão do aumento excessivo da concentração sais no solo, promovendo a degradação e impossibilitando o rendimento das culturas, pois, afeta diretamente parâmetros químicos e, principalmente, físicos do solo. Acrescido a isso, pode provocar o estresse salino nas plantas e o seu desequilíbrio nutricional, em consequência da alteração nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos (Esteves; Suzuki, 2008; Nunes 2015). Em resumo, afetando o crescimento, desenvolvimento e a produção da biomassa, pela limitação do processo fotossintético (Destro et al., 2008).

Desse modo, estudos sobre o uso de águas salinas para a irrigação de regiões semiáridas se firma com grande importância, tendo em vista que, uma grande parte da água disponível provém de corpos hídricos subterrâneos, como os poços artesianos que, na maioria das vezes, são considerados de águas salinas ou salobras. Os estudos sobre o uso de água de qualidade inferior na agricultura, principalmente no cultivo da palma forrageira, ainda são limitados. Vale ressaltar que, a utilização inadequada pode provocar perdas no sistema produtivo, devido ao aumento na concentração de sais no solo promovendo a sua degradação e minimizando o rendimento das culturas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no crescimento e produção de cultivares de palma forrageira Orelha de Elefante (*Opuntia stricta* Haw), Baiana/ IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) e Miúda/Doce (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck).

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Avaliar parâmetros morfológicos das diferentes cultivares de palma forrageira irrigada com água de diferentes salinidades;
2. Estimar a salinidade limiar das diferentes cultivares de palma forrageira;

3. Determinar a cultivar mais indicada para condições de salinização da água.

1.3. REVISÃO DE LITERATURA

1.3.1. Caracterização do semiárido brasileiro

O Semiárido brasileiro ocupa uma área de 980.133,07 km², que inclui os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, Piauí, Alagoas e Sergipe, Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (Brasil, 2005).

As precipitações médias variam de 300 a 800 mm anuais, distribuídas apenas na estação úmida, que dura cerca de três a quatro meses (março a junho), gerando um déficit hídrico severo durante o restante do ano (Amorim, 2011), com temperaturas mínimas de 15°C e máximas que atingem cerca de 40°C.

A região apresenta um balanço hídrico com alta deficiência hídrica, em consequência do potencial de evapotranspiração ser superior as precipitações que ocorrem nesta região, com isso, as plantas se adaptaram as condições climáticas do ambiente, no qual permanecem vivas, em período de latência, perdendo suas folhas, reduzindo as perdas através da transpiração, mas, em períodos chuvosos voltam a florir e ficam frondosas (Araújo, 2011).

Os rios nas regiões do semiárido, geralmente, são intermitentes ou até mesmo efêmeros (Araújo, 2012). A água subterrânea, em geral, é imprópria para irrigação, porque o seu subsolo é formado com cerca de 70% por rochas cristalinas, rasas, dificultando a formação de mananciais perenes e com águas salinizadas (Malvezzi,2007)

Os solos são predominantemente rasos e poucos profundos, com alto escoamento superficial e pouca capacidade de infiltração, sendo poucos permeáveis (Araújo, 2011).

1.3.2. Disponibilidade de água no semiárido

As regiões áridas e semiáridas representam cerca de um terço da superfície da Terra (Soares e Campos, 2013), com uma população de mais de um terço com mais de dois terços em áreas rurais, onde nessas áreas a baixa disponibilidade de água, se torna um dos principais obstáculos para o desenvolvimento da agropecuária (Descheemaeker et al., 2010).

A disponibilidade de água se caracteriza por meio da distribuição de chuvas irregulares, com baixos índices de pluviosidade e longos períodos de estiagem (Nys & Engle, 2014), tendo o período chuvoso uma fonte exclusiva de realimentação dos mananciais e da umidade do solo que retém água, com um melhor aproveitamento, de acordo com as características edáficas, do regime de chuvas e da fisiologia das culturas cultivadas (Rebouças, 1997).

Para Almeida (2010), em regiões áridas e semiáridas, o cenário da disponibilidade de água ainda é mais preocupante, pois, com base nas suas condições climatológicas, cada vez mais aumenta a escassez de água e, com isso, se tem como prioridade o consumo doméstico, atividades industriais e agrícolas. Em alguns lugares, na maioria das vezes, a água disponível é suficiente apenas para a irrigação de terrenos cultiváveis, acarretando na falta de água para agricultura, que necessita de água para o aumento da produção de alimentos, o que acaba aumentando a necessidade de utilizar águas de qualidades inferiores, diminuindo a produção e aumentando a degradação do solo.

1.3.3. Salinidade da água de irrigação

A agricultura mundial enfrenta problemas com a disponibilidade de água de boa qualidade, fazendo com que muitos dos agricultores utilizem água de qualidade inferior na irrigação das culturas. Contudo, é necessário se ter o conhecimento da qualidade da água que será utilizada na irrigação para evitar perdas significativas no desenvolvimento das culturas, e com isso, a realização de manejos que visam a sua utilização (Travassos et al., 2012; Fonseca, 2017). Tendo em vista que, a salinidade atinge em torno de 19,5 % dos 230 milhões de hectares da superfície irrigada do planeta Terra, e acaba por limitar o rendimento das culturas agrícolas, sobretudo, em regiões do semiárido (Pedrotti et al., 2015).

A utilização de águas salinas na irrigação estabelece um grande problema para a produção agrícola, pois limita a produtividade das culturas, no qual o seu uso resulta em efeitos opostos nas relações água-solo-planta. Em que afetará de forma negativa as atividades fisiológicas, como na expansão da superfície foliar e do metabolismo do carbono, em consequência ao efeito osmótico, a toxicidade dos íons e ao desequilíbrio nutricional, que é provocado pelo aumento de sais na absorção e translocação de nutrientes (Cavalcante et al., 2013), prejudicando também a assimilação dos nutrientes,

principalmente do K e Ca, pelas raízes das plantas, intervindo nas suas funções fisiológicas (Yoshida 2002; Dias et al., 2016).

Segundo Silva et al. (2011), a qualidade da água de irrigação é definida principalmente, pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica, em que os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos, normalmente, o potássio e o carbonato estão presentes em proporções relativamente baixas.

Os fatores essenciais a serem considerados no uso da água para irrigação são aqueles que irão afetar a conservação dos solos, o rendimento e qualidade das culturas, sendo que, quando se fala em qualidade de água para irrigação esses fatores são definidos de acordo com vários critérios, como a salinidade, sodicidade e toxicidade, entre outros (Almeida, 2010).

Com relação aos critérios de salinidade, o principal efeito causado pelo aumento da concentração total de sais solúveis no solo é a diminuição do efeito osmótico, afetando as plantas através da diminuição da disponibilidade de água no solo. A salinização irá depender tanto da qualidade da água utilizada no manejo da irrigação, quanto da existência do nível de drenagem natural ou artificial, da altura do lençol freático e da concentração original dos sais no perfil do solo (Bernardo et al., 2006; Silva et al., 2011).

Esses sais em sua grande maioria serão transportados por meio da irrigação e acumulados no solo à medida que há evaporação da água ou que seja aproveitada pelas culturas, reduzindo assim, a disponibilidade de água para as plantas, e influenciando o rendimento das culturas. Todavia, nem todas as culturas irão responder de forma igualitária a salinidade, já que muitas terão bons rendimentos com níveis salinos altos e outras serão sensíveis a níveis salinos baixos. Essa diferenciação se deve a capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas possuem, permitindo a absorção de maior quantidade de água, mesmo em condições de alta salinidade (Santana et al., 2007).

Ayers e Westcot (1999) dizem que os sais se acumulam nas raízes das plantas e em função disso, provoca a perda do rendimento da maioria das culturas, impossibilitando que as plantas retirem do solo a quantidade de água suficiente para suprir suas necessidades hídricas.

Um dos grandes problemas de toxicidade da água de irrigação ocorre quando íons existentes no solo ou na água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em altas concentrações, provocando danos para as culturas e a diminuição da

sua produtividade. Os elementos encontrados nas águas de irrigação que não foram poluídos pelo homem, são os que mais causam problemas de toxidez para as plantas, a exemplo dos íons de cloro, sódio e boro. Esses problemas de toxidez frequentemente estão relacionados aos de salinização e/ou solidificação do solo (Silva et al, 2011).

A toxicidade de íons ocorre quando as plantas absorvem os sais existentes no solo e na água de irrigação, fazendo com que haja a toxidez das plantas através do excesso de sais absorvidos. Esse excesso de sais irá proporcionar o desbalanceamento e danos ao citoplasma, ocasionando clorose ou queima na bordadura e no ápice das folhas, em que haverá perdas de água pela planta por meio da transpiração, e como consequência, o aumento de sais que serão transportados do solo para as plantas (Dias & Blanco, 2010).

As plantas retiram água do solo, na maioria das vezes, quando o seu potencial de absorção total de água nos tecidos das raízes é mais negativo que o seu potencial matricial. Entretanto, a presença de sais na solução do solo, pode aumentar as forças de retenção por meio do efeito osmótico, provocando assim, a diminuição da absorção de água pelas plantas.

O aumento da pressão osmótica pelo excesso de sais solúveis na solução do solo poderá alcançar um grau em que as plantas não conseguirão absorver água, mesmo que o solo esteja em capacidade de campo, caracterizando um fenômeno conhecido com seca fisiológica (Dias e Blanco, 2010).

Queiroz et al., (2015), ao avaliarem características morfológicas e a produtividade da palma Orelha de Elefante Mexicana, IPA- 200016 (Orelha de elefante mexicana) da espécie *Opuntia stricta*, em diferentes lâminas de irrigação, observaram que houve um decréscimo dos valores médios da AP e LP, quando teve um aumento na lâmina de irrigação aplicada. Os autores verificaram também, que para uma maior disponibilidade de água, pode haver uma redução na capacidade absorção da água pela planta, o que influencia em seu crescimento.

Fonseca (2017), estudando as estratégias do uso de águas salinas no cultivo da palma forrageira “gigante”, identificou que a condutividade da água de irrigação de 3,6 dS.m⁻¹, não apresentou características de estresse na cultivar, já com relação as variáveis de crescimento, notou que houve um incremento na lâmina de 33 % da ET₀ com um turno de rega de três dias.

Freire (2012), pesquisando a palma forrageira cultivar miúda, conforme frequências de irrigação e diferentes níveis de salinidade, constatou que a condutividade

elétrica de $3,6 \text{ dS.m}^{-1}$ e uma frequência de irrigação de sete dias proporcionou na planta um maior potencial de danos e uma menor produtividade. Com relação as variáveis de crescimento, o nível de salinidade provocou um menor incremento.

1.3.4. Palma Forrageira: origem e implantação no Brasil

A palma forrageira originou-se no México, sendo utilizada como alimentação para as populações locais. Estima-se que mais de setenta mil hectares são destinados para a produção de frutos e mais de um milhão de hectares para a produção de forragem (Padrón Pereira, 2012; Kiesling, 2013; Frota et al,2015). No século XVI, foi levada para Europa e, atualmente, está sendo cultivada em todos os continentes, utilizada na alimentação animal e humana (Inglese, 2010; Frota et al,2015).

No Brasil, sua introdução aconteceu por volta de 1877, por dois grandes empresários da indústria têxtil (Delmiro Augusto da Cruz Gouveia e Herman Theodor Lundgren), que tinham como propósito a hospedagem de um inseto, conhecido como: cochonilha-do-carmim [*Dactylopius coccus* Costa (Homóptera, Dactylopiidae)]. Em circunstâncias naturais, a fêmea desse inseto, ao sugar a seiva da palma, produz o ácido carmínico, base para a matéria-prima de um corante vermelho conhecido por carmim. Os cultivos da palma aconteceram em suas propriedades: Delmiro Gouveia, no município de Pedra, Alagoas; Herman Lundgren, no município de Paulista, Pernambuco; e no município de Rio Tinto, Paraíba.

No início eles alcançaram grandes êxitos e, a partir daí o Brasil iniciou a produção tecidos coloridos, concorrendo com a China e a Índia no mercado internacional (GOES, 1949; Frota et al,2015). Mas, com o crescimento da indústria do petróleo e seus derivados, como os produtos que formam as tintas, e impulsionado pelo avanço da indústria automotiva, posteriormente, a ocorrência da primeira guerra mundial, impossibilitou economicamente o processo de produção do corante carmim para tingimento de tecidos em larga escala.

No decorrer das duas primeiras décadas do século XX, muitos dos produtores que cultivavam a palma, notaram sua resistência às secas e sua apreciação pelo rebanho nas épocas de estiagem. Com o fim da produção de corantes em meados de 1932, a palma passou a ser cultivada como forrageira (Suassuna, 2012).

1.3.5. Características da cultura

Pertencente à família das cactáceas, que geralmente, são espécies encontradas em todos os continentes, possuindo uma enorme capacidade de se adaptar as condições contrárias de clima e do solo (Frota et al,2015). Existe em torno de 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas, sendo que nos gêneros *Opuntia* e *Napolea*, encontram-se as espécies que mais são utilizadas como forrageiras (Silva & Santos, 2007; Fonseca 2017). A palma forrageira possui um grande potencial, contribuindo de forma positiva na viabilidade econômica de pequenas e médias propriedades, sendo utilizada para suprir a alimentação dos rebanhos em períodos de estiagem (Galindo et al, 2005; Gomes, 2011).

A palma forrageira possui o mecanismo CAM ou MAC (metabolismo ácido das crassuláceas) que se caracterizam por abrir os seus estômatos exclusivamente durante a noite, através da captação do CO₂, ocorrendo inicialmente por meio da PEP, formando assim, o malato que é estocado no vacúolo, e possibilitando a Carboxilação. Durante o dia, o malato formado no período noturno será transferido para os cloroplastos e fixado no ciclo Calvin, ocorrendo a descarboxilação, uma vez que, será utilizado o CO₂, que foi captado durante a noite anterior (Guerra et al., 2010). A temperatura noturna é mais baixa e a umidade mais alta, o que permite a diminuição da transpiração e a minimização da perda de água pelas plantas (Taiz & Zeiger, 2017). No entanto, algumas plantas CAM, podem optar pelo mecanismo C₃ ou CAM, conforme as condições ambientais, retornando ao mecanismo C₃ quando a disponibilidade hídrica dos solos é favorável para o seu desenvolvimento.

A palma possui estrutura anatômica peculiar, com folhas em forma de espinhos endurecidos e pontiagudos (rudimentares), o caule do tipo cladódio (comumente chamado de raquete) que se caracteriza pelo aspecto volumoso (“carnudos”), verdes e achatados, podendo ser classificados em primário ou secundário, de acordo com a sua disposição sobre o crescimento (Vidal 2003; Marques et al.,2017).

Pesquisas mostram que a palma apresenta eficiência no uso de água em torno de 50 kg de água para 1 kg de matéria seca produzida, já as plantas com o mecanismo C₃ e C₄, os resultados são de 1000:1 e 500:1, respectivamente (Alves, 2007; Cavalcante, 2013)

No Brasil, as mais cultivadas são as do gênero *Opuntia* e *Nopalea* (Santos et al., 1999; Frota et al,2015). A primeira é mais rústica e a segunda é mais exigente em

umidade (Silva et al., 2006). Entre as variedades mais cultivadas no semiárido nordestino, destacam-se a Gigante, a Redonda, a Orelha de elefante (todas do gênero *Opuntia*) e a ‘Miúda’ (gênero *Nopalea*) (Frota et al,2015).

As variedades de palma dos gêneros *Opuntia* (Orelha de Elefante Mexicana) e *Nopalea* (Miúda e Baiana), destacam-se por serem umas das principais fontes de alimentação para o gado na região Nordeste do Brasil, principalmente, nos períodos de seca (Cândido et al., 2013) e, atualmente, fazendo parte da dieta humana (Farias, 2013). Essas variedades de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) são alimentos de grande importância nas atividades agropecuárias em regiões áridas e semiáridas, apresentando características fisiológicas essenciais relacionadas com o aproveitamento e a perda de água, podendo suportar longos períodos de seca, alcançando uma produtividade de aproximadamente 40 toneladas de matéria seca por hectare (Santos et al., 2006; Nunes, 2011).

Em vista disso, a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia Stricta Haw*), se apresenta agronomicamente como a cultivar com menos exigências em nutrientes, sendo a mais tolerante às condições de pouca disponibilidade hídrica, com uma produção maior de matéria seca do que a cultivar miúda (Silva, 2016).

A cultivar IPA Sertânia ou Baiana ou PALMEPA-PB1 (*Nopalea cochenillifera Salm–Dyck*), possui crescimento vertical, palatável aos ruminantes, rica em carboidratos, porém pouco resistente à seca quando comparada a palma gigante, resistente a cochonilha do carmim (Silva, 2017).

Palma Miúda ou Doce ou PALMEPA-PB4 (*Nopalea cochenillifera Salm – Dyck*), tem como sua principal característica a forma de crescimento vertical, com uma baixa resistência à seca e resistente a cochonilha do carmim, além de ser rica em carboidratos e mais produtiva quanto à matéria seca (Silva, 2017). São plantas de porte pequeno e caule bastante ramificado, apresentando raquetes com cerca de 350 g, possuindo um comprimento de quase 25 cm, forma acentuadamente obovada (ápice mais largo que a base) e coloração verde intenso brilhante. As flores são vermelhas e sua corola permanece meio fechada durante o ciclo. Nos três tipos, as raquetes são cobertas por uma cutícula que controla a evaporação, permitindo o armazenamento de água (90-93% de água) (Lopes et al, 2007).

1.3.6. Importância da palma forrageira para o semiárido nordestino

A palma forrageira possui várias características que a torna uma cultura viável para a região árida e semiárida, dentre elas os seus aspectos fisiológicos que a torna uma opção para cultivo, estes aspectos estão ligados à cutícula impermeável, ao menor número dos estômatos e ao aparelho fotossintético (Rocha, 2012).

Um dos principais motivos para a alta produção da palma reside na aclimação anatômica e fisiológica da região semiáridas, se tornando uma alternativa de cultivo de xerófila, com um maior potencial de exploração, principalmente, na região nordeste do Brasil. Utilizada como um dos principais métodos para diminuir a queda na produção de forragem nos períodos de estiagem, e minimizar os custos na alimentação dos rebanhos (Frota et al, 2015).

Para Voltolini et al., (2016), além destas características, a palma forrageira apresenta outras, tais como em períodos de seca, ela pode preservar seus nutrientes, com um alto teor de água, sendo capaz de suprir a necessidade de água de animais criados em lugares com grande escassez de chuvas. O consumo total de matéria seca que são consumidas diariamente pelas vacas, cerca de 3,5% do seu peso vivo, representando 60 % do consumo sendo de palma e os 25 % por fontes de fibra e os 15 % pelo consumo de concentrados.

Apesar de todas suas vantagens, a palma tem certas restrições conforme o seu valor proteico e de fibra, uma vez que, muitas das vezes não consegue atender as carências nutricionais do rebanho, tornando necessário o uso de alimentos volumosos e fontes proteicas (Gomes, 2011). Á vista disso, os animais que inserem grandes quantidades de palma, na maioria das vezes são acometidos por distúrbios digestivos, como a diarreia, pela baixa quantidade de fibras existentes nas palmas, por ter baixo teor de matéria seca (Albuquerque et al.,2002; Gomes, 2011).

A cultura é composta por proteína bruta (4 a 5 % de PB), rica em energia (65 % NDT) e carboidratos não fibrosos (55 % CNF), alta digestibilidade de matéria seca (75%) e baixo teor de fibra (FDN < 30 %) (Frota, 2015). Contudo, a palma é conhecida como fonte principal de alimento e água para a criação de animais em pequenas e grandes propriedades, pois são compostas por 90 % de água e minerais como o (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+), além de vitaminas A, B e C (INSA, 2016).

Em estudos com a matéria seca da palma, foi possível identificar a capacidade de absorver altas quantidades de nutrientes do solo, pois foram encontrados níveis médios de nitrogênio de nitrogênio, potássio, fosforo e cálcio, nos valores de 0,9; 0,16;

2,58 e 2,35 dag /kg, respectivamente (Santos et al,1990; Silva,2017). Habitualmente, em dietas que tem em sua composição a palma, exibem elevados teores de matéria mineral correspondendo à alta concentração de macronutrientes que ela contém (Silva, 2017).

1.3.7. Irrigação na palma forrageira

Por se tratar de uma planta com o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), a palma forrageira apresenta baixa demanda hídrica, porém, sua produtividade nas regiões do semiárido pode ser comprometida, pois, em alguns casos podem ocorrer grandes perdas de água, juntamente com a baixa umidade, a alta evapotranspiração, déficit hídrico e altas temperaturas, principalmente, durante à noite, podendo ocasionar a morte das plantas (Lima et al., 2016; Santos et al.,2017).

Diante dos efeitos negativos que são ocasionados pela baixa disponibilidade de água na região do semiárido, a irrigação tem se destacado por ser um método mais viável, que proporciona o aumento da produção agrícola. Com a frequência de longos períodos de estiagem, há necessidade de se ter uma reserva de forragens. Nesta perspectiva, o cultivo da palma forrageira se torna uma fonte de alimentação para os animais destas regiões, em períodos secos, apesar de ser uma cultura que necessita de pouca disponibilidade de água, o uso da irrigação tende a melhorar seus índices produtivos, mesmo que seja em quantidades mínimas (Santos et al.,2017).

Grandes produtividades vêm sendo alcançadas, em torno de 250-350 t MV/ha/ano ou 25-35 t MS h⁻¹ ano⁻¹, com o uso mínimo de 75-100 mil litros de água no cultivo da palma em um mês por hectares, essa quantidade em muitos casos é utilizada em único dia em culturas irrigadas conhecidas, além disso, o uso de fontes alternativas de água, como por exemplo, o uso de água das chuvas através de sua captação, de poços com baixa vazão e também águas de reuso, proporcionam uma grande capacidade produtiva (Lima et al, 2015).

Em estudos realizados por Queiroz et al. (2015), em que avaliaram as características morfofisiológicas e produtivas da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação, encontraram valores médios para o número de cladódios, biomassa verde e seca num período de 380 dias, em condições irrigadas, se mostraram superiores aos de cultivos de sequeiro, especificamente em ciclos com duração maior.

1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S. S. C. I de; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELO, J. N. de; FARIAS, I. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) cv. Gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 3, p. 1315-1324, 2002.
- ALMEIDA, O. Á. D. Qualidade da água de irrigação (recurso eletrônico). 1ª. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- ALMEIDA, Risely Ferraz. PALMA FORRAGEIRA NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS E CAPRINOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.
- ALVES, R. N. et al. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.
- AMORIM, P. L. de. Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira. 2011. Dissertação (Zootecnia), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo Alagoas.
- ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S., GALVÃO, C. O. Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, cap. 2, p. 29-43, 2012.
- ARAÚJO, S. M. S. de. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. *Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE*, v.5, n.5,2011.

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BEZERRA, S. A de F.; SILVA, T. G. F da; SOUZA, L.S.B de; MOURA, M.S.B de; MORAIS, J.E.F de; DINIZ, W.J.S da S.; QUEIROZ, M.G de. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física, v.08, n.06, p.1648-1653,2015.
- BRASIL. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília, DF, 2005. 32 p. il.
- CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, G.M.F.; LOPES, M.N.; XIMENES, L.J.F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. Informe Rural Etene (Banco do Nordeste), ano VIII, n.3,2013.
- CAVALCANTE, L. A. D. Avaliação da palma forrageira em diferentes densidades de plantio. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão,2013.
- DESTRO, M. V. P.; SANTOS, D. M. M.; VOLLET, V. C.; MARIN, A.; BANZATTO, D. A. Estresse salino associado à aplicação exógena de espermidina no acúmulo de glicina betaína em Guandu. Bragantia, Campinas, v. 67, n. 3, p. 593-597, 2008.
- DIAS, D. S.; BLANCO, F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S.; LACERDA, C. F. D. Manejo da Salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 1. ed. Fortaleza: INCTSal, 2010. Cap. 9, p. 472.
- DIAS, D. S.; BLANCO, F.; SOUZA, E.R. de.; Ferreira, J. F. da S.; SOUZA NETO, O.N de.; QUEIROZ, I. S.R. de. Efeitos dos sais no solo

- e na planta e tolerância das culturas a salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S.; LACERDA, C. F. de.; FILHO, E.G. Manejo da Salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 1. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 11, p. 504.
- DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A.A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife, v.9, n.1, p.151-158, 2014
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. Ecologia Brasileira, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.
- FARIAS V. F. S. Avaliação do desenvolvimento, qualidade e capacidade antioxidante em brotos de palma (*Opuntia sp.*) para o consumo humano. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: Sistema de análise de variância versão 4.6. UFPA/DEX, Lavras, Brasil. 2008.
- FONSECA, V. A. Estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘gigante’. 2017. Dissertação (Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal Baiano Campus Guanambi, Guanambi, Bahia, 2017.
- FREIRE, J. L. de. Avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) sob irrigação e salinidade. 2012. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.
- FROTA, M. N. L. da.; CARNEIRO, M. S. S de; CARVALHO, G. M. C.; ARAÚJO NETO, R. B de. Palma Forrageira na Alimentação Animal. Teresina, PI. Embrapa Meio-Norte, 2015. (Documentos 233)

- GALINDO, I. C. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Uso da Palma na Conservação dos Solos. A palma do Nordeste do Brasil: Conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Editores: Rômulo S. Menezes, Diogo A. Simões, Everardo V. S. B. Sampaio. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. 258 p.
- GAVA, C. A. T.; LOPES, E. B. Produção de mudas de palma forrageira utilizando fragmentos de cladódios. Petrolina: Semiárido, 2012. Não paginado. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 101),2013.
- GOES, R. de. Herman Lundgren, pioneiro do progresso industrial do Nordeste. Rio de Janeiro: Editorial A Noite, 1949. 61 p.
- GOMES, J. B. Adubação orgânica na produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) No cariri paraibano.2011.50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Campina Grande, Patos,2011.
- GUERRA, R. A. T.; LUCHIARI, A. C.; SANTOS, C. B.; MEDEIROS, L. G. da S.; LOPEZ, L. C. S.; GEGLIO, P. C.; FARIAS, S. T. de.; QUIRINO, Z. G. M. Ciências Biológicas (Cadernos cb virtual).Edição Universitaria,2010,422p.
- HOLANDA, J. S. D. et al. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F. D.; FILHO, E. G. Manejo da salinidade na irrigação: Estudos básicos e aplicados. 2ª. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 4, p. 504.
- INGLESE, P. Cactus pear, *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) for fruit production: an overview. Cactusnet Newsletter, Tunis, n. 12, p. 19-22, May 2010. Special Issue of Proceedings of International Workshop about Improved Utilization of Cactus Pear for Food, Feed, Soil and

- Water Conservation and Other Products in Africa, 19-21 October 2009, Mekelle, Ethiopia.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.
Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- KOPPEN W. Climatologia. Tradução de Pedro RH Perez. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 1948.
- LIMA, G. F. C.; RÊGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 481 - 488 2016.
- LIMA, G. F.da C.; WANDERLEY, A. de M.; GUEDES, F.X.; REGO, M.M.T.; DANTAS, F.D.G.; SILVA, J.G.M da; NOVAES, L.P; AGUIAR, E.M de. Palma Forrageira Irrigada e Adensada: uma Reserva Forrageira Estratégica para o Semiárido Potiguar. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, Parnamirim, Rio Grande do Norte, 2015. Embrapa Semiárido (Documento 45)
- MARQUES, O.F.C.; GOMES, L.S de P.; MOURTHÉ, M.H.F.; BRAZ, T.G. dos S.; NETO, O de S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Caderno Ciências Agrárias*, v.9, n.1, p.75-93,2017.
- NERY, A.R. RODRIGUES, L.N. SILVA, M.B.R. FERNANDES, P.D. CHAVES, L.H.G. NETO, J.D. GHEYI, H.R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.5, p.551-558,2009.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*, Brasília: Embrapa SEA. p. 189-253, 1991.

- NUNES, C. dos S. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. *Revista Verde*, v.6, n.1, p.58-66, 2011.
- NUNES, J. da S. L.; Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira no semiárido brasileiro. 2015. Dissertação (Produção Vegetal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V.C.; PRATA, A. P. do N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P.P. dos. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, maio-agosto 2015. ISSN 22361170.
- PERAZZO, A. F., SANTOS, E. M., PINHO, R. M., CAMPOS, F. S., RAMOS, J. P., AQUINO, M. M., BEZERRA, H. F. (2013). Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.10, 1771-1776.
- QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.10, p.931–938, 2015.
- RAMOS, J. P de 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.12,2015.
- REBOUÇAS, A. da. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. *Estudos avançados* 11 (29),1997.

- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. USDA Agricultural Handbook, 60.
- SANTANA, M. J. de.; CARVALHO, J. de A.; SOUZA, K. J. de.; SOUSA, A.M.G. de.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L.A. de B. 470
- SANTANA, M. J. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n.5, p.1470-1476,2007.
- SANTOS, D. C. dos.; ARAÚJO, L. de F.; LOPES, E. B.; VASCONCELOS, M. F. de. Usos e aplicações da palma forrageira. In: LOPES, E.B. *Palma Forrageira: Cultivo, Uso Atual e Perspectivas de Utilização no Semiárido Nordestino*.1ª ed. João Pessoa: EMEPA/FAEPA,2007.
- SANTOS, D. C. dos; LIRA, M. de A.; FARIAS, I.; SANTOS, M. V. F. dos. Programa de melhoramento e coleção de palma forrageira. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro (on line)*. Petrolina: Embrapa Semiárido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2006. 48p. (Documentos, 30).
- SANTOS, M. R. dos; SILVA,A.J.P. da.; FONSECA,V.A.; CAMPOS,A.R.F.; LISBOA, M. de. A. Irrigação na palma forrageira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.38, n.296, p.00-00, 2017
- SANTOS, M. V. F. DOS; LIRA, M. DE A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”,

- “Redonda” (*Opuntia ficus-indica* Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) na produção de leite. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Palma Forrageira. In: FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Ed.) Plantas forrageiras Viçosa, MG: Ed. UFV, p.459-493, 2010.
- SENAR. Palma forrageira: Cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro. Coleção SENAR. Série II, Brasília, DF, 2013. 52p.
- SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma Forrageira (*Opuntia Ficus- Indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. Revista Electrónica de Veterinaria, v.7, n. 10, p. 1-13, 2006.
- SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. Brazilian Journal of Animal Science, v. 39, p. 2389-2397, 2010.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de.; OLIVEIRA, A.C. de. Qualidade de água na irrigação. Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.07, n 03 julho/setembro, p. 01-15, 2011.
- SILVA, L. M. da; FAGUNDES, J. L; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. de A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. Ciência Rural, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014.
- SILVA, E. T. dos S. Diferentes períodos de armazenamento da palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw). Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Garanhuns, 2016.
- SILVA, P. F. da. Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. 2017. 79 f. Tese

- (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.
- SUASSUNA, P. Tecnologia do cultivo intensivo da Palma - TCIP. Cactusnet Newsletter, n. 13, p. 51-63, jan. 2013. Edição das Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y Otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana CACTUSNET FAO-ICARDA, Santiago del Estero, Sep. 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. Botânica-organografia; quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos. Viçosa: UFV, 2003.
- VOLTOLINI, T. V.; MIRANDA, J. E. C. de.; SANTOS, R.D. dos.; MUNIZ, E. N.; FERNANDES, E. N.; MAGALHÃES, V. M. A. de. Palma Forrageira na Alimentação de Bovinos Leiteiros. EMBRAPA (Cartinha 2) -DF,2016.
- YOSHIDA, Kazuya. Plant Biotechnology. Genetic Engineering to Enhance Plant Salt Tolerance. Journal of bioscience and bioengineering, v. 94, n. 6, p. 585-590, 2002.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Irrigação: Princípios e Métodos. 1ª edição atual. Viçosa: Ed.UFV,2009.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Crescimento de cultivares de palma forrageira irrigada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação

RESUMO

O semiárido brasileiro se caracteriza por apresentar baixa disponibilidade pluviométrica, acarretando a escassez de água de boa qualidade, sendo na sua maioria águas altamente salina. Objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, no crescimento de cultivares de palma forrageira na região do semiárido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3, com quatro níveis salinos (0,2; 2,0; 3,8 e 5,6 dS m⁻¹) e três cultivares (Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e IPA-Sertânia). Os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação afetaram o crescimento de todas as cultivares de palma forrageira avaliadas. Para a emissão de cladódios, a salinidade da água de irrigação não afetou, porém para emissão de ordens superiores houve o decréscimo com o aumento. A maioria das características relacionadas aos cladódios primários foi afetada com o aumento da salinidade, de acordo com o comportamento morfológico de cada uma das cultivares. A palma Miúda é a que melhor responde em relação ao aumento na condutividade elétrica da água de irrigação, tendo seu maior desempenho para a salinidade de 3,8 dS m⁻¹, já a Baiana e a Orelha de Elefante Mexicana para a salinidade de 2,0 dS m⁻¹.

PALAVRAS-CHAVES: Desenvolvimento, Águas Salinas, Semiárido.

Growth of irrigated forage palm cultivars under different levels of irrigation water salinity

ABSTRACT

The Brazilian semiarid is characterized by its low rainfall availability and, as a result, the scarcity of good quality water, most of which is highly saline. The objective of this work was to evaluate the effect of different salinity levels of irrigation water on the growth of forage palm cultivars in the semiarid region. The experimental design was in randomized blocks in a 4x3 factorial scheme, with four saline levels (0.2, 2.0, 3.8 and 5.6 dS m⁻¹) and three cultivars (Miúda, Mexican Elephant Ear and IPA- The different salinity levels of irrigation water affect the growth of all evaluated forage palm cultivars. For the emission of cladodes the salinity of irrigation water did not affect, but for emission of higher orders the decrease with the increase. Most of the traits related to primary cladodes were affected by increasing salinity, but according to the morphological behavior of each cultivar. The Miúda palm is the one that best responds to the increase in the electrical conductivity of the irrigation water, with its highest salinity performance of 3.8 dS m⁻¹, while the Baiana and the Mexican Elephant Ear for the salinity of irrigation. 2.0 dS m⁻¹.

KEYWORDS: Development, Saltwater, Semiarid

2.1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é caracterizado pela ocorrência de precipitações que se distribuem de maneira irregular, concentradas num curto período de chuva, seguido de um longo período seco, o que acaba sendo o principal fator limitante na produção agropecuária dessa região, por isso, é importante a aplicação de estratégias específicas para obter maior rendimento na produção de forragens (Perazzo et al., 2013).

Nesse cenário, a palma forrageira aparece como umas das principais fontes de alimentação para os animais desta região, principalmente, em períodos de estiagem, possibilitando aos agricultores suprir a redução da oferta de alimentos nesse período (Rego et al., 2014). É uma espécie que se sobressai no semiárido brasileiro em relação às outras forrageiras, pois contém em média 90% de água nos seus cladódios, o que representa uma valiosa contribuição no suprimento hídrico dos animais. Além de constituir um relevante recurso forrageiro, atendendo a demanda de alimentos no período de estiagem, devido a sua rusticidade e elevado potencial de produção e alto valor energético, quando comparada a muitas espécies da vegetação nativa. (Bezerra et al., 2015).

Embora a palma seja considerada uma cultura de grande importância para o semiárido, o sistema de produção utilizado nessa cultura em grande parte da região é o sistema de sequeiro, sendo caracterizado como de baixa tecnologia, alcançando produtividade inferior à capacidade da cultura, podendo o uso da irrigação ser uma forma de aumentar a produção. Entretanto, a maior parte da água utilizada para irrigação, é oriunda de poços tubulares, em que a maioria apresenta altos teores de sais, que pode apresentar riscos para o desenvolvimento das culturas (SILVA et al., 2013).

Diante dessas informações, a busca por informações que estejam relacionadas à forma como se constitui a produção vegetal é fundamental para definir formas de sua exploração (Ramos et al. 2015). O estudo dos recursos hídricos salinos e salobros, é uma possibilidade de minimizar a escassez de água (Fonseca, 2017), tendo em vista que, a incorporação de água com qualidade inferior no sistema produtivo pode vir a ser uma alternativa fundamental para suprir a necessidade da produção agrícola (SILVA et al., 2014).

Desse modo, estudos sobre o uso de águas salinas para o manejo da irrigação em regiões semiáridas se mostra de grande importância pois, uma grande parte da água disponível, geralmente, são encontradas em poços, cacimbas, entre outros.

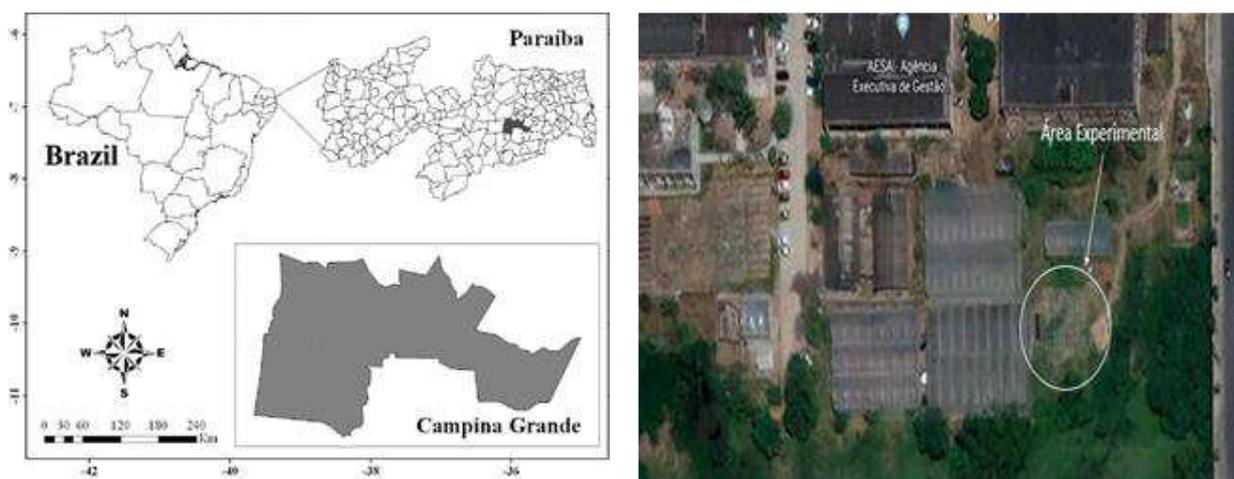
Apesar de ter estudos sobre a utilização dessas águas salinas no cultivo de culturas agrícolas, existem poucos que relatam os efeitos desses sais no crescimento e na produtividade de cultivares de palma forrageira.

Nesse sentido, objetivou-se com o estudo avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, no crescimento de cultivares de palma forrageira.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido em condições de campo dispostos em vasos, na Universidade Federal de Campina Grande, campus sede, município de Campina Grande-PB, situado pelas coordenadas geográficas 7° 15' 18" latitude S, 35° 52' 28" de longitude W e altitude de 550 m. No período de novembro de 2016 a julho de 2017 (Figura 1).

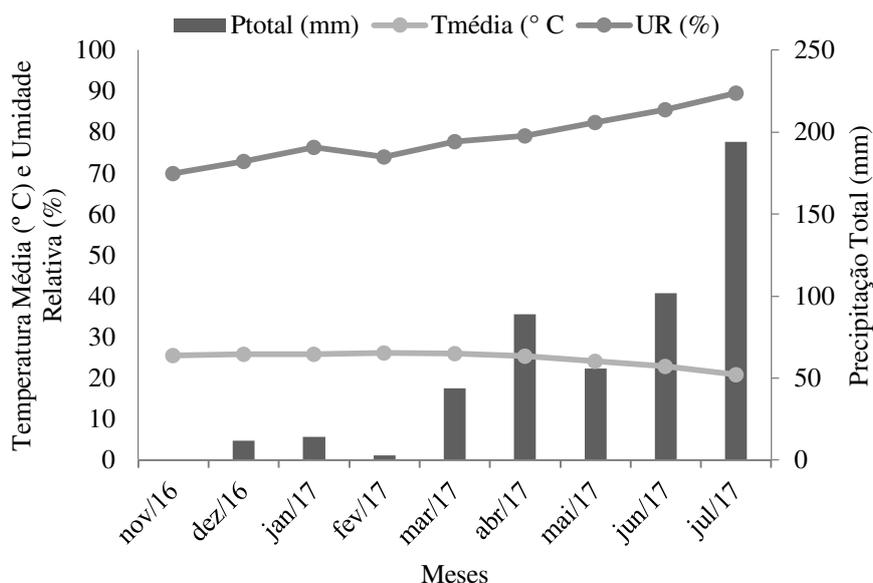


Fonte: Google mapas e Google Earth, 2018.

Figura 1. Local de desenvolvimento e condução do experimento.

Conforme a classificação de Köppen (1948), o clima predominante é o AS', uma região do semiárido nordestino, com período de estiagem que vai de quente a úmido, com temperatura máxima anual de 28,6 ° C e mínima de 19,5 ° C, com precipitação média anual de 765 mm.

O período compreendido entre o plantio e a avaliação de crescimento teve uma precipitação acumulada de 512,7 mm, com temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa de 29,35 ° C, 20,08 ° C e 78,57%, respectivamente (Figura 2).



Fonte: Inmet,2018.

Figura 2. Dados de Precipitação, temperatura e umidade relativa da área experimental, no período de condução do experimento.

2.2.2. Instalação e condução do experimento

A pesquisa foi realizada em vasos de 120 L em condições de campo, numa área de 148,17 m², dispostos com espaçamento de 1,50 m entre linhas e 1,00 entre plantas, com uma planta por vaso. Eles foram transformados em lisímetro de drenagem, para a quantificação do volume drenado. Na extremidade inferior de cada lisímetro, foram instalados dois drenos em cada vaso, um em cada lado, conectados por mangueiras, seguido por coletores plásticos com capacidade volumétrica de 2 litros (garrafa pet).

Os vasos foram preenchidos por uma camada de brita n° 1 coberta com tela têxtil, uma camada de areia grossa e 0,120 m³ de solo. O solo utilizado foi proveniente da Fazenda Poço de Pedra, Rodovia PB-233 – Zona Rural, Santa Luzia – PB. A análise físico-química do solo foi realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, seus valores físicos, químicos e hídricos do solo, estão detalhados nas tabelas 1 e 2. De acordo com os resultados das características físicas do solo, através das análises granulométricas do solo, observa-se que possui uma classificação textural arenosa (Tabela 2).

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento

Profundidade (cm)	Complexo Sortivo											
	pH H ₂ O	MO %	N	P	K	Ca	Mg	Na	H ⁺	Al ²⁺	SB	CTC
	-----cmolc dm ⁻³ -----											
	6,97	1,2	0,07	1,93	1,86	5,49	11,41	0,14	0	0	18,9	18,9
	Estrato de saturação											
	pH H ₂ O	Cl	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	CEes	RAS		
	-----cmolc dm ⁻³ -----									dS m ⁻¹		-----
	6,9	2,5	0	4,4	1,87	5,63	0,86	0,5	0,64	0,26		

PH: Potencial Hidrogeniônico; MO: Matéria Orgânica; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; H: Hidrogênio; Al: Alumínio; SB: Bases Trocáveis; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; Cl: Cloreto; CO: Carbonato; HCO: Bicarbonato; CEes: Condutividade Elétrica do extrato de saturação; RAS: Relação de Adsorção de Sódio.

Tabela 2. Caracterização física do solo

Granulometria			Porosidade	Densidade do solo	Densidade das Partículas	Umidade	Água Disponível
Areia	Silte	Argila					
-----%-----			%	-----g cm ⁻³ -----		-----%-----	
91,34	7,1	1,56	47,01	1,42	2,68	0,49	6,37

Os cladódios das três cultivares de palma que foram utilizados no experimento também foi proveniente da Fazenda Poço de Pedra. As cultivares foram identificadas como: V1- Miúda ou Doce; V2- Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e V3- Baiana ou IPA-Sertânia. Após o corte das raquetes na Fazenda, elas permaneceram por 15 dias a sombra para perder o excesso de umidade, permitindo assim, a cicatrização das injúrias ocorridas durante o corte e, diminuindo as possibilidades de incidência de doenças. Após a cura, as raquetes foram enterradas pela metade, com intuito de favorecer o desenvolvimento do sistema radicular (Gava e Lopes, 2012).

As raquetes foram tratadas com calda bordalesa preparada, conforme recomendação de Motta (2008) e aplicada 48 h antes de realização do plantio, para prevenir a infestação por fungos e bactérias. O plantio foi realizado colocando-se uma raquete por cova, na posição inclinada de 45°, na direção predominante do vento, a fim de reduzir o tombamento das plantas (Silva et al., 2010). As adubações foram efetuadas mensalmente, com 8,5 g por vaso de MAP, 1,26 g por vaso de ureia e de 3,54 g por vaso de cloreto de potássio (KCl), conforme recomendação de Novais et al. (1991).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4 x 3, com 4 repetições. Os tratamentos foram definidos na

combinação de 4 níveis de salinidade (S1 = 0,2; S2 = 2,0; S3 = 3,8 e S4 = 5,6 dS m⁻¹) da água de irrigação e três cultivares de palma: Miúda ou Doce (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), Baiana ou IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). O software utilizado para a análise estatística foi o SISVAR (Ferreira,2008).

Além das análises físico-químicas do solo, também foi coletada água de abastecimento e levada para o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química da água de abastecimento

pH	CE	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻
	dS.m ⁻¹	-----mmolc ⁻¹ -----		
7,9	1,7	1,54	10,41	17,6

Fonte: Farias 2017

Os tratamentos foram preparados de modo a serem adicionados cloreto de sódio (NaCl) comercial (sem iodo), cloreto de cálcio (CaCl) e cloreto de magnésio (MgCl) a água de abastecimento nas proporções 7:2:1, ajustando às concentrações da água de abastecimento disponível, para elevar a condutividade elétrica da água, com base na metodologia proposta por Richards (1954). As diluições foram realizadas em quatro caixas de polietileno de 500L, em que cada caixa correspondeu a um nível de salinidade.

A aplicação dos tratamentos foi iniciada quando as plantas estavam estabelecidas e quando ocorreu a emissão do cladódio primário em todas as plantas, por volta dos 100 dias após a sua estabilização, por ser uma cultura de ciclo anual.

A irrigação foi realizada manualmente com o auxílio de recipiente graduado, os vasos foram colocados em capacidade de campo, com o intuito de mensurar a quantidade de água a ser irrigada, para que na irrigação posterior, fosse realizado o cálculo do volume adicionado menos o volume drenado, após 24 horas da aplicação da lâmina de irrigação, irrigando apenas com a quantidade de água necessária para que o solo permanecesse sempre próximo a capacidade de campo, os eventos foram realizados com um turno de rega de 10 dias.

2.2.3. Variáveis analisadas

Foi avaliada a influência dos tratamentos nas três cultivares estudadas quanto ao crescimento da planta e dos cladódios, de acordo com a metodologia descrita por

Gomes (2011). A análise de crescimento foi realizada aos 136 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

Os parâmetros de analisados foram: altura de planta (AP), medida a partir do nível do solo até o cladódio mais alto, largura de planta (LP) com base nos pontos mais distantes entre as extremidades das plantas, ambas realizadas com uma fita métrica, como também foi mensurado o número de cladódios primários (NCP), secundários (NCS), terciários (NCT) e totais (NCTotais), realizados através da contagem direta. O comprimento de cladódios primários (CCP), secundários (CCS), largura de cladódios primários (LCP), secundários (LCS), espessura de cladódios primários (ECP), secundários (ECS) e perímetro de cladódios primários (PCP), secundários (PCS), esses foram mensurados por meio de uma fita métrica.

2.2.4. Área de cladódio primário e secundário (ACP/ACS)

A área de cladódios foi estimada por ordem de inserção, com base na metodologia descrita por Miranda et al. (2011), que calibraram modelos lineares para as cultivares Orelha de Elefante Mexicana (OEM), Miúda e Baiana, através da equação abaixo:

$$AC = ax + b \quad (1)$$

Em que:

a, b- coeficientes, esses autores encontraram os respectivos valores abaixo, para cada uma das cultivares de palma forrageira estudadas.

1. Cultivar Miúda: $a = 0,7327$ e $b = 3,3339$
2. Cultivar Orelha de Elefante Mexicana: $a = 0,7927$ e $b = -29,1373$
3. Cultivar Baiana: $a = 0,6972$ e $b = 19,3890$

x- é o produto entre o comprimento e a largura de cladódios (CC x LC)

CC- Comprimento de cladódios (cm);

LC- Largura de cladódios (cm).

2.2.5. Índice de área de cladódio primário e secundário (IACP/IACS)

A área de cladódio (AC) de cada uma das cultivares foi utilizada na determinação do Índice de Área de Cladódio (IAC, $m^2 m^{-1}$), a partir da metodologia aplicada por (Santos,1992;Dantas,2015).

$$IAC = AC / \text{Área do solo de uma planta} \quad (m^2) \quad (2)$$

Em que:

IAC- Índice de área foliar;

AC- Área de cladódios (cm²)

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.3.1. Número de cladódio, altura e largura da planta

O resumo da análise de variância para as variáveis largura de planta (LP), número de cladódios primários (NCP), secundários (NCS), terciários (NCT) e totais (NCTotal) das cultivares de palma forrageira (Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e Baiana) em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, encontra-se na Tabela 4.

Nota-se efeito significativo para os fatores isolados cultivares de palma forrageira e condutividade da água de irrigação da cultivar e da salinidade da água de irrigação, pelo teste F aos níveis de 1%. Verificou-se também que a interação foi significativa entre 1 e 5% de probabilidade, não sendo observado efeito significativo para a variável altura de planta para nenhum dos fatores estudados.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas das cultivares Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e Baiana para altura de planta (AP) e largura de planta (LP), número de cladódios primários (NCP), número de cladódios secundários (NCS), número de cladódios terciários (NCT), número de cladódios totais (NCTotal).

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)					
		AP	LP	NCP	NCS	NCT	NCTOTAIS
Cultivar	2	28,38 ^{ns}	618,34 [*]	4,52 [*]	273,94 [*]	0,48 [*]	338,52 [*]
Salinidade	3	12,18 ^{ns}	488,69 [*]	4,36 [*]	1587,35 [*]	1,55 [*]	1670,14 [*]
Int. (Cult. x Sal.)	6	40,61 ^{ns}	269,84 ^{**}	1,63 ^{**}	185,02 [*]	0,46 [*]	196,07 [*]
Bloco	3	42,6 ^{ns}	105,29 ^{ns}	0,58 ^{ns}	8,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}	6,02 ^{ns}
Erro	3	27,27	97,38	0,55	4,87	0,02	5,08
CV (%)	-	8,05	10,09	12,31	12,39	16,01	9,19
Média geral	-	64,88	97,85	6,04	17,81	0,99	24,54

^{ns} não significativo ao nível de 1 e 5 % de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo ao nível de 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F. NCT - dados transformados por Raiz quadrada de $Y + 0.5 - \text{SQRT}(Y + 0.5)$

Para a variável largura de planta a sua interação (Cult. x Sal.), levando em consideração a análise do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar, foi significativo ao nível de 5% de probabilidade para as cultivares Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, nos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, promovendo efeito quadrático, porém não demonstrou significância para cultivar Baiana, tendo como largura média 103,69 cm, para a equação de ajuste de $y = -1,9375x^2 + 3,9125x + 108,44$. Já em relação a cultivar Miúda, a maior largura média de planta

ocorreu para o nível salino de $2,35 \text{ dS m}^{-1}$ com largura de $100,47 \text{ cm}$ e para cultivar Orelha de Elefante Mexicana, no nível salino de $3,50 \text{ dS m}^{-1}$ com um rendimento médio de $105,62 \text{ cm}$ (Figura 3).

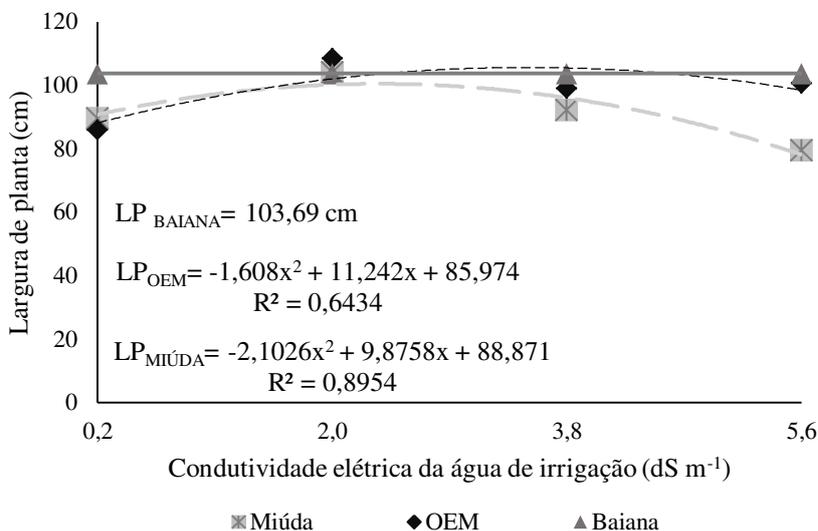


Figura 3. Largura de planta-LP em função do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar

O que possivelmente pode ter ocorrido com relação a largura da planta é que mesmo sendo irrigada com água salina, não afetou totalmente o seu crescimento com o passar do tempo, nota-se que cada uma das cultivares teve o comportamento de acordo com as características distintas. Para Amorim (2015), esses resultados estão relacionados as características de crescimento para cada um dos gêneros de forma isolada.

No desdobramento da interação das cultivares x condutividade elétrica da água de irrigação, verificou-se efeito significativo apenas para os níveis salinos de $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ e de $5,6 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que, com o aumento da condutividade elétrica observou-se também um decréscimo na largura de planta para a cultivar Miúda de $11,17\%$, já para a Orelha de Elefante Mexicana acréscimo de $14,56\%$ e para a Baiana o decréscimo de $17,48\%$ (Figura 4).

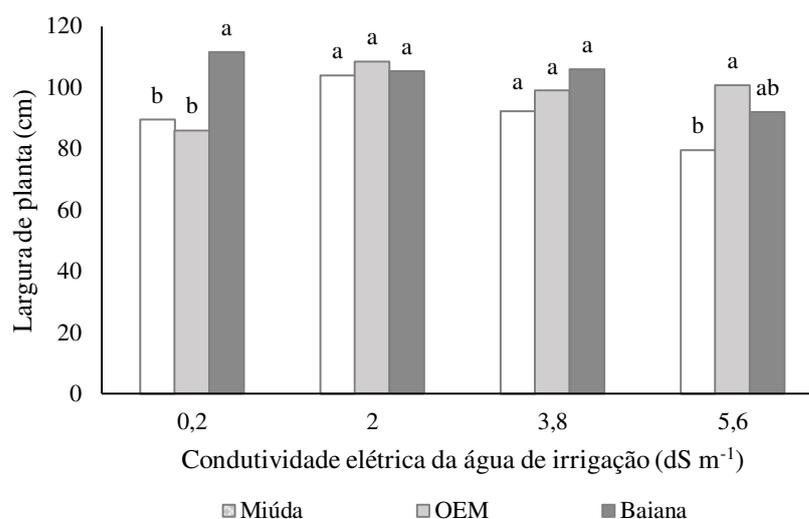


Figura 4. Largura de planta-LP em função do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.

Em estudo realizado por Félix et al. (2018), que ao avaliarem o cultivo de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia Stricta Haw*) irrigada com água salinizada, encontraram maiores valores médios para a variável largura de planta para o tratamento S2 (3,0 dS m⁻¹) aos 90 DAP, em que foi ultrapassada pelo tratamento S1 (1,5 dS m⁻¹) a partir dos 120 DAP, apresentaram menor largura, mostrando assim, que a maior concentração de sais pode afetar o desenvolvimento da planta, valores menores ao encontrado no presente estudo.

Todavia, valores inferiores foram encontrados por Pereira et al. (2015), que ao estudarem a morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento, identificaram valores de 49,8 cm para IPA-Sertânia, 48,8 cm para a Miúda e de 59,8 cm para a Orelha de Elefante Mexicana.

A existência de trabalhos que observam o efeito da salinidade da água de irrigação, referente à variável largura de planta ainda são escassos, sendo necessários mais estudos relacionados aos efeitos da salinidade na palma.

O desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar foi significativo ao nível de 0,01 de probabilidade para as cultivares Baiana e Miúda, em que o modelo matemático que melhor se ajustou para ambas foi o linear. Já para Orelha de Elefante Mexicana, não houve efeito expressivo em relação a fonte de variação salinidade, tendo como valor médio para os quatro níveis de salinidade de 6,44 cladódios primários por planta.

Com relação a cultivar Miúda, verificou-se que, a medida em que aumentaram os níveis salinos da água de irrigação, houve um acréscimo unitário de 6,31% com um valor médio de 7,15 cladódios primários para o maior nível salinidade, acontecendo o mesmo comportamento para cultivar Baiana, com sua maior emissão de cladódios primários no maior nível salino, tendo em média 6,45 cladódios primários por planta, um acréscimo unitário por aumento da salinidade de 8,62% (Figura 5).

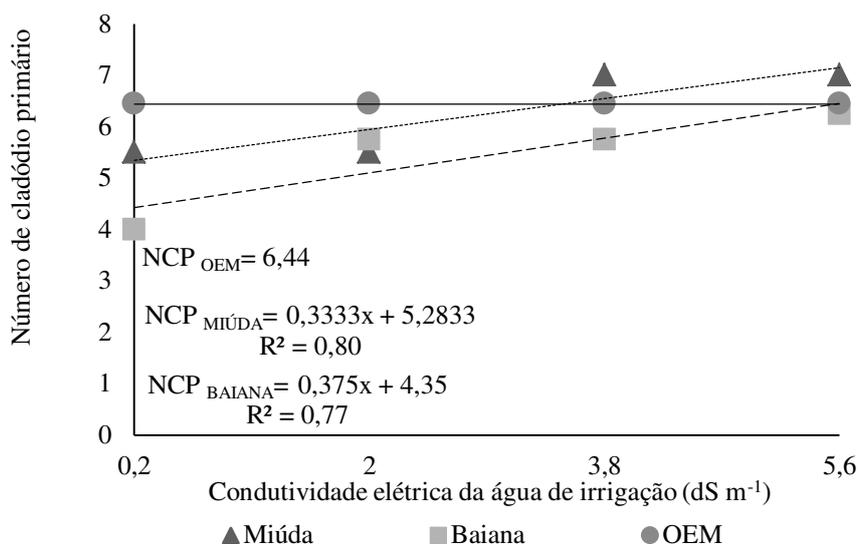


Figura 5. Número de cladódios primários-NCP em função do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.

O mesmo foi observado por Silva (2018) que ao analisar o crescimento de palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana e Baiana) irrigada com água salina, pois identificou o aumento linear do número de cladódios primários em torno de 0,6 cladódios por planta no decorrer dos 112 dias de cultivo da palma forrageira, inferior ao encontrado no presente estudo. Já Franco-Salazar e Véliz (2008), que ao avaliarem os efeitos da salinidade na *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL., observaram que aos 60 e 70 dias houve a diminuição significativa no número de cladódios com o aumento do cloreto de sódio (NaCl) colocado na água da solução hidropônica.

Em relação ao desdobramento das cultivares, dentro de cada um dos níveis salinos da água de irrigação para a variável número de cladódios primários, notou-se significância apenas para o nível salino de 0,2 dS m⁻¹, não sendo verificadas diferenças estatísticas entre as cultivares Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, com uma diferença percentual em relação ao número de cladódios primários de 15,38% para Orelha de Elefante Mexicana. No entanto, ambas foram diferentes estatisticamente em

relação a cultivar Baiana para o mesmo nível salino, tendo uma diferença percentual da Orelha de Elefante Mexicana com relação à Baiana de 38,46% e da Miúda para a Baiana de 27,3% para número de cladódios primários (Figura 6).

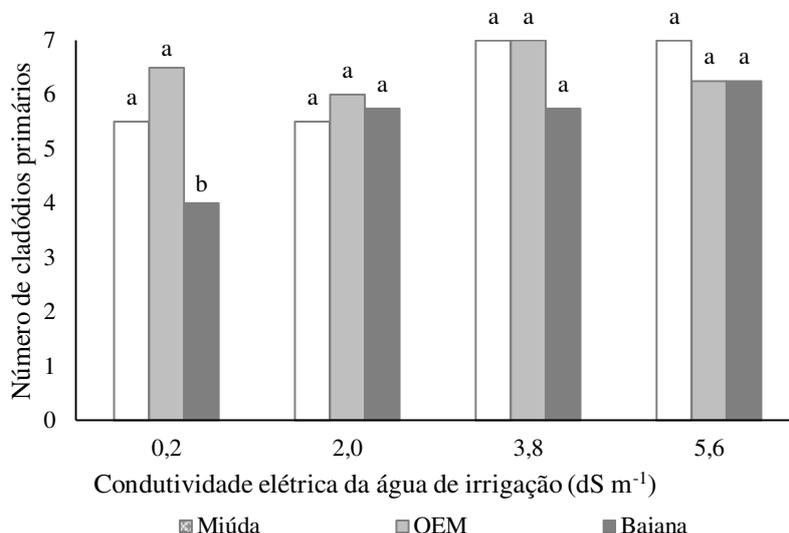


Figura 6. Número de cladódios primários-NCP em função do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.

Os autores Silva et al. (2015), encontraram valores médios para número de cladódios primários, superiores para a Baiana (4,56) e inferiores para a Orelha de Elefante Mexicana (4,00) e Miúda (4,78) em relação ao presente trabalho. Pereira et al., (2017) perceberam valores médios de cladódios primários para as cultivares estudadas, resultados também contrários aos encontrados nesta pesquisa.

Para o número de cladódios secundários, a análise do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar, foi significativa para as três cultivares estudadas, sendo que o modelo matemático que melhor se ajustou para Miúda e Baiana foi o modelo polinomial quadrático, já para Orelha de Elefante Mexicana o linear.

De acordo com a equação de ajuste, o maior número de cladódios secundários para cultivar Miúda foi de 1,12 dS m⁻¹, com a emissão de 31,49, tendo em relação ao maior nível salino uma redução de 86,03%. Para a Baiana a maior emissão ocorreu para o menor nível salino, com média de 31, ou seja, redução de 94,35% em relação ao maior nível salino.

Efeito semelhante foi observado para cultivar Orelha de Elefante Mexicana, em que a emissão média de cladódios secundários se concentrou no menor nível de salinidade, com 32,4 cladódios secundários, tendo um decréscimo de 15,74%, com o aumento unitário da salinidade da água de irrigação. O que significa que, tanto a Miúda,

Baiana e a Orelha de Elefante Mexicana foram afetadas com o aumento da salinidade (Figura 7).

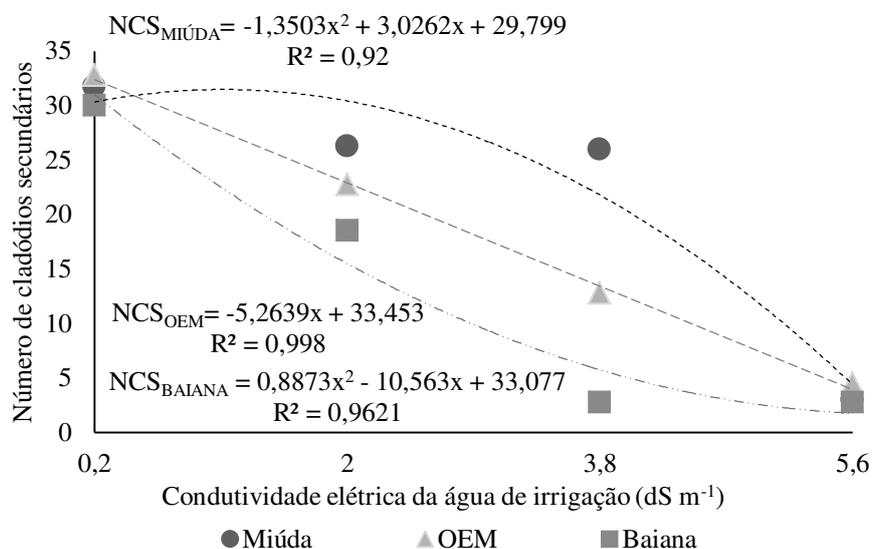


Figura 7. Número de cladódios secundários-NCS em função do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.

Para Freire (2012), avaliando clones de palma forrageira Miúda, constatou que para a salinidade da água de irrigação de 3,6 dS m⁻¹, as plantas apresentaram menor número de cladódios secundários quando comparadas aos demais níveis de salinos (0,3 dS m⁻¹, 0,5 dS m⁻¹ e 1,5 dS m⁻¹). Resultados inferiores para mesma cultivar foram encontrados no presente estudo em que apresentou os menores valores médios para os números de cladódios secundários no maior nível salino de 5,6 dS m⁻¹.

Quanto à análise do desdobramento de cada uma das cultivares, dentro de cada nível salino foi significativo para os níveis salinos estudados de 2,0 e 3,8 dS m⁻¹, havendo diferenças estatísticas entre elas.

Para o nível salino estudado de 2,0 dS m⁻¹, a maior emissão de cladódios secundários foi observado para cultivar Miúda, com um total de 26,25, seguida da cultivar Baiana com 18,5 e a cultivar Orelha de Elefante Mexicana com 12,75. Já para o nível de salinidade de 3,8 dS m⁻¹, a maior emissão ocorreu para Miúda com 26 cladódios secundários, seguida da cultivar Orelha de Elefante Mexicana com 22,75 e da Baiana com 2,75 (Figura 8).

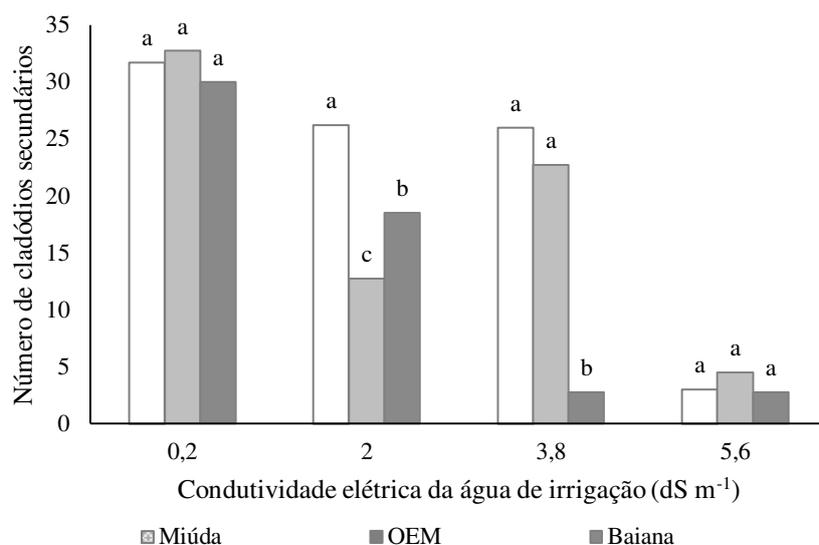


Figura 8. Número de cladódios secundários-NCS em função do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.

Segundo Segantini (2010) e Miranda e Silva (2010), a maior emissão de cladódios secundários se deve ao maior número de cladódios primários, que vai de acordo com a estrutura apical dos cladódios secundários nas plantas, possibilitando a eles terem maior incidência dos raios solares, possuindo maiores áreas de interceptação.

Para o número de cladódios terciários houve efeito significativo para Miúda e Baiana, para o desdobramento da salinidade da água de irrigação. Já na Orelha de Elefante Mexicana não houve influência da salinidade da água de irrigação, tendo como valor médio nos quatros níveis de salinidade estudados de 0,18 cladódios terciários.

As cultivares Miúda e Baiana tiveram maior emissão de cladódios terciários para o menor nível salino, observou-se que com o aumento dos níveis de salinidade ocorreu decréscimo unitário de 11,37% para cultivar Miúda com emissão média de 1,66 cladódios terciários para o menor nível salino, na Baiana um decréscimo da emissão de 60,32% , tendo em média 1,89 cladódios terciários referente ao menor nível salino (Figura 9).

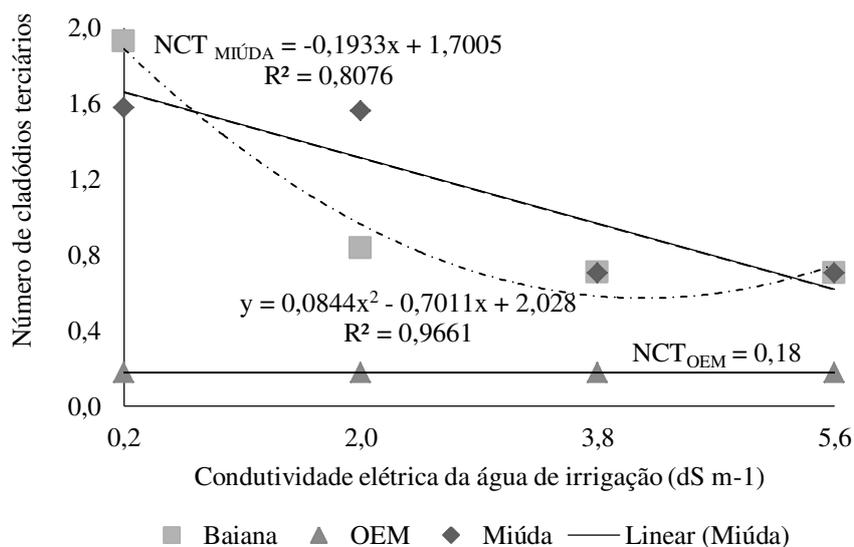


Figura 9. Número de cladódios terciários-NCT em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.

As características morfológicas da palma em sua grande maioria, dependem das particularidades de cada um dos gêneros (*Napolea e Opuntia*), o que provavelmente pode ter ocorrido no presente trabalho. Uma vez que, tanto a Baiana quanto a Miúda possuem em sua estruturação a emissão dos cladódios terciários.

Por meio do desdobramento de cada cultivar em cada nível salino foi significativo para os estimados de 0,2 e 2,0 dS m⁻¹, em que a Miúda apresentou maior número de cladódios terciários para os nível de 0,2 dS m⁻¹ com valor médio de 1,58, sendo também observado o maior número para Orelha de Elefante Mexicana com média de 0,97 e para a Baiana com 1,93 por planta. Em relação ao nível salino de 2,0 dS m⁻¹, percebeu-se que a maior emissão ocorreu para cultivar Miúda com uma média de 1,56 cladódios terciários, seguida da Orelha de Elefante Mexicana com 0,84 e da Baiana com 0,71 cladódios terciários, não havendo diferença estatística entre a Orelha e a Baiana (Figura 10).

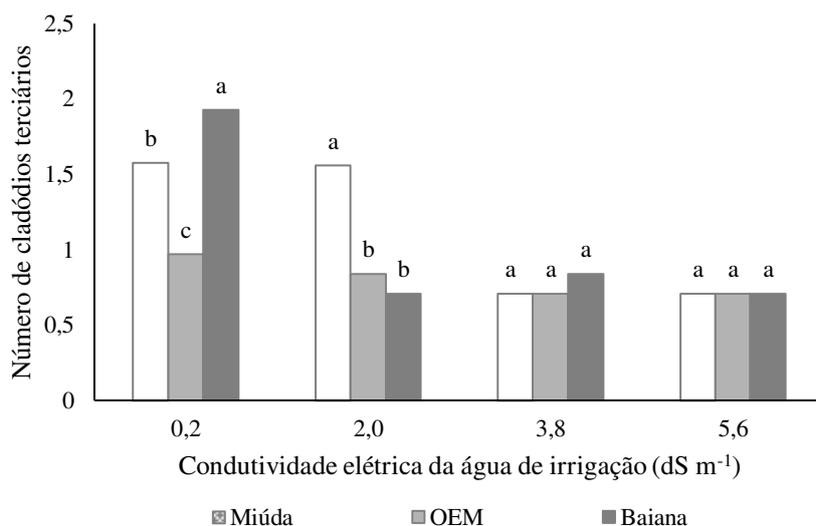


Figura 10. Número de cladódios terciários-NCT em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade

Murilo-Amador (2001), ao estudarem diferentes níveis de salinidade da água de irrigação na cultura da palma forrageira, com condutividade elétrica de 2; 5; 10; 13; 18 e; 21 dS m⁻¹, notaram que o número de cladódios jovens diminuiu com o aumento da salinidade, pois, foram afetados desde da condutividade elétrica de 5 dS m⁻¹. No presente estudo, houve um decaimento do número de cladódios secundários e terciários, a partir das condutividades elétricas da água de irrigação de 2,0 dS m⁻¹ e 3,8 dS m⁻¹, respectivamente.

Para Lima et al., (2007), a maioria das culturas quanto submetida ao estresse salino é comum que ocorram alterações morfológicas e anatômicas, provocando, dessa maneira, redução da transpiração no intuito de manter a absorção de água e como consequência, a redução do número de folhas. A palma, como é uma planta CAM, ela fecha seus estômatos durante o dia, reduzindo a transpiração.

Com relação ao número de cladódios totais, na análise do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar, observou-se comportamento quadrático para cultivar Miúda e para a Baiana, enquanto que para a Orelha de Elefante Mexicana, notou-se comportamento linear. A Miúda teve seu ponto máximo de emissão de cladódios totais com salinidade de 1,08 dS m⁻¹, com uma emissão de 38,94 por planta, havendo a redução no número de cladódios totais de 70,85% em relação ao maior nível salino.

Para a Baiana, encontrou-se o maior número de cladódios totais para o menor nível salino com 38,11, com redução unitária ao se comparar ao maior nível salino, que

foi de 79,3%. Para Orelha de Elefante Mexicana, o maior número de cladódios totais foi para a menor salinidade da água de irrigação, com emissão de 36,25, ou seja, diminuição de 11,42%. (Figura 11).

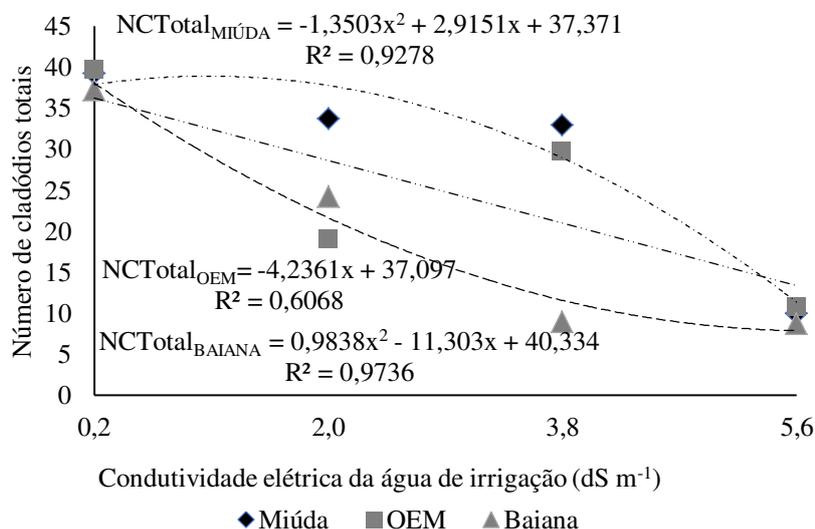


Figura 11. Número de cladódios totais-NCTotais em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar

Ao investigar os dados encontrados, o que possivelmente poderá explicar o ocorrido é o fato de que, geralmente, a maioria das plantas compartimentalizam os sais nas folhas mais velhas, no presente estudo esta compartimentalização pode ter ocorrido nos cladódios primários, que ao contrário da maioria das plantas, onde as folhas mais velhas caem na medida em que ocorre o aumento da salinidade, no caso dos cladódios, como eles são caules modificados, que favorecem a realização da fotossíntese, diminuído assim, a transpiração pela palma e com isso permitindo a economia de água. O que infere nesta questão é que a palma possivelmente, compartimentaliza esses sais nos cladódios primários, provocando uma diminuição da emissão em ordens superiores.

Para Munns (2002), a redistribuição dos sais a partir das folhas para outros órgãos das plantas, pode auxiliar na conservação destes sais nas folhas, mesmo sendo menor do que para a quantidade de sais que chega ao fluxo transpiratório. Silva et al. (2011) afirmam que a diminuição do número de folhas, provavelmente, está relacionada aos efeitos tóxicos dos íons de Na^+ e ao Cl^- no metabolismo celular da palma.

Franco-Salazar e Véliz (2008), ao estudarem os efeitos da salinidade no crescimento, acidez triturável e concentração de clorofila no moinho de *Opuntia ficus-*

indica (1.), observaram que o número total de cladódios e raízes apicais para 60 e 70 dias diminuíram significativamente com a aplicação do cloreto de sódio (NaCl), nos tratamentos com maior níveis salinos (100 e 150 mol m⁻³ nacl) após 30 dias de medição (p <0,05; constatando que, com aumento da salinidade da água de irrigação, apareceu um indicativo do efeito adverso na formação de novos cladódios e como consequência, no crescimento).

O desdobramento das cultivares dentro de cada nível de salinidade, foi significativo para os níveis salinos de 2,0 dS m⁻¹ e 3,8 dS m⁻¹. A partir desses resultados, constatou-se que para o nível de salinidade de 2,0 dS m⁻¹, a Miúda obteve maior valor médio para número de cladódios totais de 33,75, seguida da Baiana com 24,25 e a Orelha de Elefante Mexicana com 19 cladódios. Em relação ao nível salino de 3,8 dS m⁻¹, percebeu-se maior emissão na Miúda com 33 cladódios totais, depois a Orelha de Elefante Mexicana com 29,75 e a Baiana com um valor médio de 8,75 cladódios totais (Figura 12).

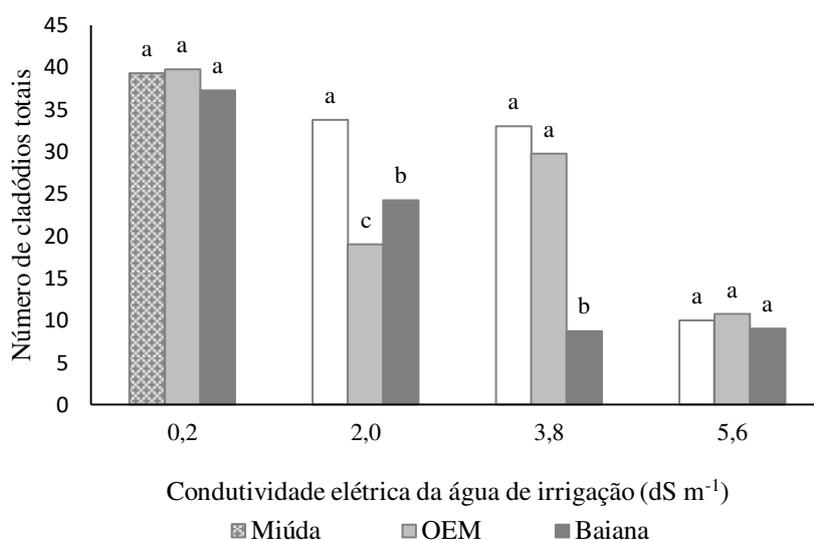


Figura 12. Número de cladódios totais-NCTotais em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.

Resultados aproximados foram encontrados por Dantas (2015), que trabalhando com lâminas de águas salinas de 5,25 dS m⁻¹ (0 mm mês⁻¹, 7 mm mês⁻¹, 15 mm mês⁻¹ e 30 mm mês⁻¹), turno de rega de 10 dias e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda (0 Mg ha⁻¹, 25 Mg ha⁻¹ e 50 Mg ha⁻¹), encontrou uma média de 30,95 cladódios por planta, o que se assemelha a essa pesquisa, uma vez que, a maior

quantidade de cladódios totais foi verificada para o nível salino de 3,8 dS m⁻¹, havendo declínio com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Fonseca (2017), ao estudar sobre a estratégia de utilização de água salina de 3,6 dS m⁻¹, no cultivo de palma forrageira ‘Gigante’, no qual foi submetida a diferentes lâminas de irrigação associado ao turno de rega, percebeu uma emissão média de 12,23 de cladódios por planta para a aplicação de diferentes lâminas de irrigação e turnos de rega no qual se refere a uma salinidade da água de irrigação de 3,6 dS m⁻¹.

Na maioria das vezes, a altura e o número de cladódios nas plantas estão associados à sua disposição, em consequência disso, quanto maior for o número de cladódios e suas ordens (primário, secundário e terciário), possivelmente, maior será sua altura, podendo estar correlacionado com a disponibilidade de água para a cultura e com isso, haverá uma maior emissão de cladódios (Fonseca, 2017).

2.3.2. Cladódios Primários

No que diz respeito à fonte de variação salinidade (Tabela 5), não houve efeito significativo em nenhuma das variáveis avaliadas, entretanto, para a fonte de variação cultivar foi identificado efeito expressivo para todas as variáveis, além de diferenças estatísticas para a interação variável comprimento ($p \leq 0,05$), espessura e perímetro de cladódio primário ($p \leq 0,01$).

Freire (2012) ao avaliar diferentes clones (*Opuntia* e *Napolea*) de palma forrageira irrigada com água salina, observou efeito significativo dos níveis de salinidade para a variável largura de cladódio na cultivar Miúda, com maior largura para a menor salinidade e menor para maior salinidade.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para comprimento de cladódio primário (CCP), largura de cladódio primário (LCP), espessura de cladódio primário (ECP) e perímetro de cladódio primário (PCP).

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)			
		CCP	LCP	ECP	PCP
Cultivar	2	460,67 *	412,62 *	145,79 *	624,56 *
Salinidade	3	4,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,53 ^{ns}	41,03 ^{ns}
Int. (Cult. x Sal.)	6	14,56 **	1,42 ^{ns}	8,31 *	180,32 *
Bloco	3	10,46 ^{ns}	3,02 ^{ns}	5,79 ^{ns}	66,97 ^{ns}
Erro	33	4,78	1,07	2,43	37,46
CV (%)	-	6,9	6,62	9,94	8,27
Média geral (cm)	-	31,69	15,65	15,69	73,99

^{ns} não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Notou-se que a variável largura de cladódios primários a cultivar Orelha de Elefanta Mexicana apresentou a maior largura, com valor médio de 20,76 cm, seguida da Baiana com 15,57 cm e a Miúda que obteve o menor valor médio de largura de 10,61 cm, sendo avaliadas apenas as características referentes a cada cultivar (Figura 13).

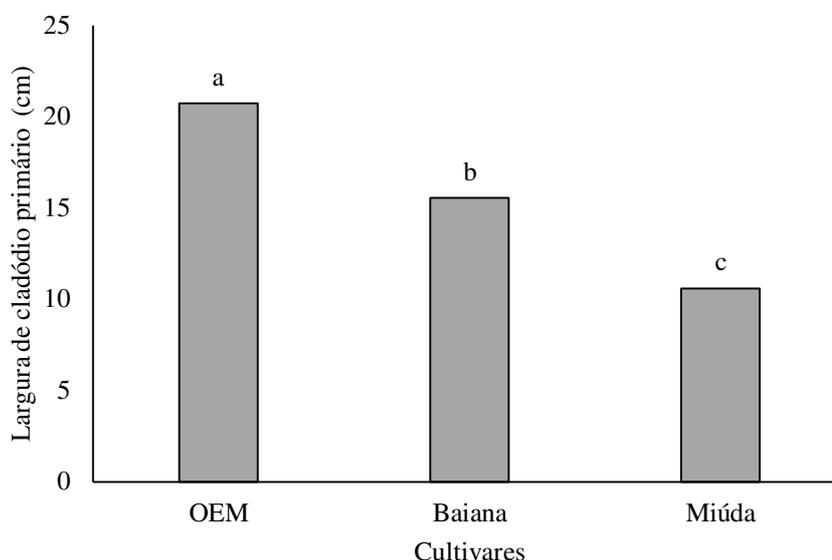


Figura 13. Largura de cladódios primários-LCP para as cultivares de palma forrageira estudadas

Os pesquisadores Silva et al. (2015) tiveram resultados próximos aos apresentados nesse estudo, onde ao trabalharem com crescimento e produtividade dos mesmos clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas encontraram valores para a variável largura de cladódio primário de 17,0 cm, 24,49 cm e 9,33 cm para as cultivares Baiana, Orelha de Elefante Mexicana e Miúda, respectivamente.

Já Freire (2012) ao avaliar diferentes clones de palma forrageira, especificamente, a Miúda irrigada com água salina ($3,6 \text{ dS m}^{-1}$), notou que com o aumento da salinidade da água de irrigação houve o decréscimo da largura de cladódios.

Com relação à interação entre os fatores Cultivar x Salinidade, os resultados foram relevantes ($p \leq 0,05$) para o desdobramento da cultivar dentro de cada um dos níveis salinos para variável comprimento de cladódios, porém apresentando diferenças estatísticas entre as cultivares e os diferentes níveis salinos estudados. A cultivar Baiana mostrou maior comprimento de cladódios primários de 38,77 cm para a salinidade da água de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, para Miúda foi observado o maior valor foi de 33,44 cm para a

salinidade de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ e para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana o valor médio de $28,95 \text{ cm}$ para a salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 14).

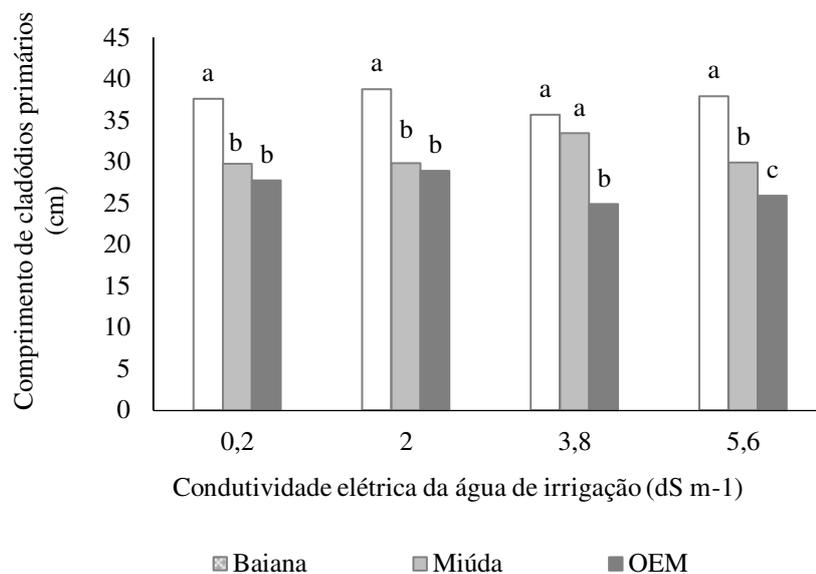


Figura 14. Comprimento de cladódios primários - CCP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento de cultivares dentro de cada nível de salinidade.

Esses valores foram inferiores aos encontrados por Dantas (2015), ao estudar o comprimento dos cladódios da palma Miúda aos 12 meses de rebrota, em função de diferentes lâminas de água salina ($5,25 \text{ dS m}^{-1}$), encontrou maior comprimento de cladódios para a maior lâmina de irrigação com comprimento médio de $23,68 \text{ cm}$.

Fonseca (2017), ao investigar a estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘gigante’ com água salina de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$, identificou que no primeiro ciclo, ela teve um comprimento de cladódios de $24,26 \text{ cm}$ em relação as diferentes lâminas e turno de rega em comparação ao sem irrigação com valor médio de $22,03 \text{ cm}$. Já no segundo ciclo, ele encontrou valores de $27,91 \text{ cm}$ referente as diferentes lâminas e ao turno de rega e sem irrigação $24,84 \text{ cm}$, ou seja, significa que quanto maior a lâmina de irrigação maior o seu comprimento.

Para a variável espessura de cladódios primários, observou-se significância ao nível de $0,01$ de probabilidade para o fator interação e efeito do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar, além de ser significativo ao nível de $0,05$ de probabilidade para as cultivares Miúda e Baiana, em que a equação de ajuste que melhor se adequou para as duas cultivar foi a polinomial quadrática. Com relação a

cultivar Orelha de Elefante Mexicana, os resultados não foram expressivos, tendo como o valor médio da espessura, referente a todos os níveis salinos de $y = 12,93$ mm.

Pode-se constatar que, os pontos máximos para as funções quadráticas obtidos para a variável espessura de cladódios primários para cultivar Miúda foi de $2,47 \text{ dS m}^{-1}$ com uma espessura média de $16,27$ mm, com decréscimo de $14,56\%$ em comparação ao maior nível salino, e para a cultivar Baiana de $1,30 \text{ dS m}^{-1}$, com espessura de $20,13$ mm, e decréscimo de $16,94\%$ em relação ao maior nível salino (Figura 15).

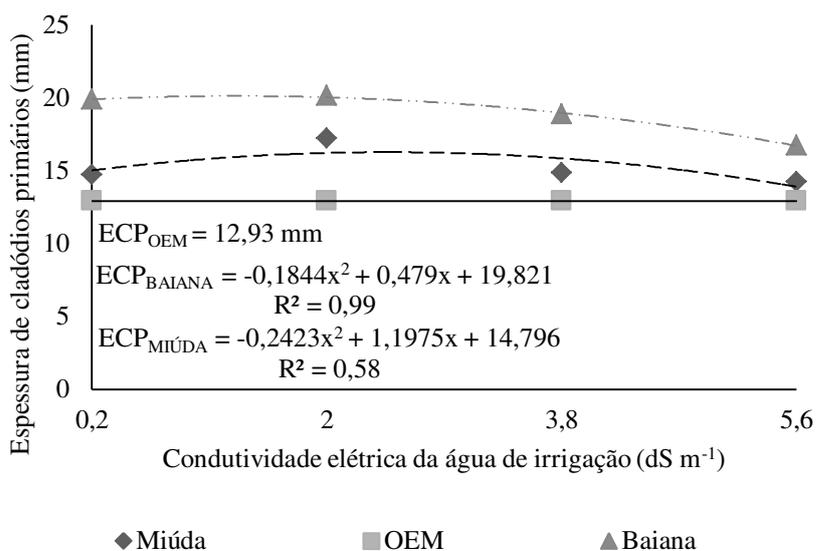


Figura 15. Espessura de cladódios primários-ECP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade

Possivelmente, o uso contínuo da água salina na irrigação pode ter afetado a espessura de cladódios primários, pois pode ter influenciado na turgidez da planta, uma vez que, além do aumento da salinidade da água de irrigação e com um turno de rega de 10 dias, pode ter acarretado o estresse hídrico e com isso prejudicar a espessura dos cladódios. Esse fato foi percebido por Freire (2012), em estudo de diferentes cultivares de palma forrageira, principalmente, a cultivar Miúda, onde ele notou que a menor frequência nas irrigações e aumento da salinidade da água de irrigação podem ter causado menor espessura, sendo provavelmente acarretado pelo estresse hídrico e pelo excesso de sais no solo e no interior da planta.

Silva (2018) corrobora com esses dados, ao pesquisar o crescimento de palma forrageira irrigada com água salina, e encontrando o decréscimo da espessura de cladódios. Bem como Dantas (2015), para cultivar Miúda adensada, que ao avaliar as lâminas de água salinas e doses de adubação orgânica na produção da palma no

semiárido, observou efeito quadrático para a espessura de cladódios em relação as lâminas de irrigação, em que a maior espessura foi para a maior lâmina de água salina (30 mm mês) com uma espessura de 16,97 mm, constatando dessa maneira, que mesmo irrigando com água salina teve uma maior espessura.

Para Moraes et al. (2017), que ao estudarem as alterações hidrodinâmicas da interface solo-palma, evapotranspiração real efetiva e sua eficiência hídrica sob irrigação das três cultivares estudadas no presente trabalho, apesar de serem de diferentes gêneros (*Opuntia e Napolea*), os clones de palma forrageira quando submetidos a irrigação, eles não possuem comportamentos diferentes com relação ao consumo de água, porém as palmas do gênero *Opuntia*, mostraram ter menor capacidade de acúmulo de água nos seus cladódios.

Na análise do desdobramento das cultivares dentro de cada um dos níveis de salinidade da água de irrigação, foi significativo ao nível de 0,01 de probabilidade para todas cultivares estudadas em todos os níveis salinos (Figura 16).

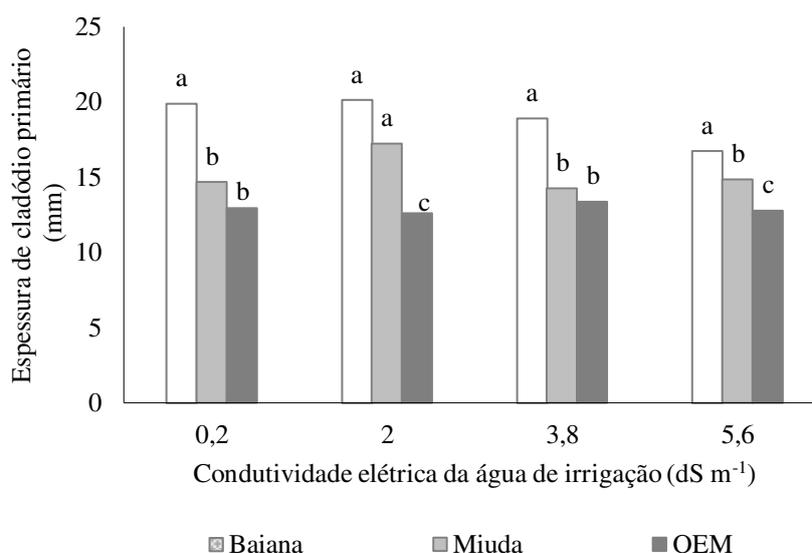


Figura 16. Espessura de cladódios primários-ECP em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.

Os dados encontrados por Xavier Junior (2018), em relação a espessura da Cultivar Miúda foram inferiores aos desta pesquisa. Em seu trabalho sobre a biofertilização e a adubação orgânica em clones de palma forrageira, irrigadas com águas salinas com condutividade elétrica de 1,62 dS m⁻¹, encontrou valor de 9,6 mm de espessura.

Já em estudo realizado por Freire (2012), sobre a avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia e Napolea*) sob quatro frequência de irrigação (7, 14, 21 e 28 dias) e salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$, $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,6 \text{ dS m}^{-1}$), notou que a espessura do cladódio primário diminuiu em função do tipo de solo e do aumento da salinidade da água de irrigação, sendo relacionada com a quantidade de água existente nos cladódios.

Para variável perímetro de cladódios primários, observou-se que foi significativo ao nível de 1% de probabilidade para o fator interação salinidade x cultivar. O desdobramento dos níveis salinos dentro de cada cultivar estudada, houve significância para cultivar Miúda, porém não houve ajuste de modelo, tendo como o valor médio para o perímetro de cladódios primários referentes a todos os níveis salinos de $y = 68,10 \text{ cm}$.

Na Baiana, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático, com os pontos máximos para a salinidade da água de irrigação de $2,87 \text{ dS m}^{-1}$ com perímetro de $85,78 \text{ cm}$, com um decréscimo de $11,29\%$. Em relação a cultivar Orelha de Elefante Mexicana, constatou-se que não houve significância, tendo como média do perímetro para os quatros níveis salinos de $y = 73,34 \text{ cm}$ (Figura 17).

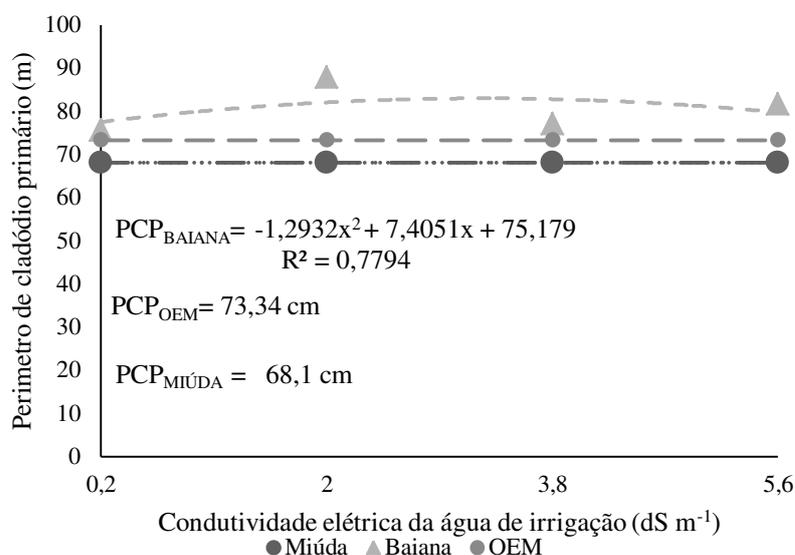


Figura 17. Perímetro de cladódios primários – PCP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar.

Para o desdobramento de cada cultivar dentro de cada nível de salinidade da água de irrigação os números foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para os níveis salinos estudados de $0,2 \text{ dS m}^{-1}$, $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e $5,6 \text{ dS m}^{-1}$. A cultivar Baiana teve o maior perímetro, de $87,81 \text{ cm}$ para a salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ com relação a

salinidade da água de irrigação, em sequência a cultivar Miúda com 79,64 cm para a salinidade da água de irrigação $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ e a Orelha de Elefante Mexicana com perímetro de 76,35 cm para a salinidade da água de irrigação de $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 18).

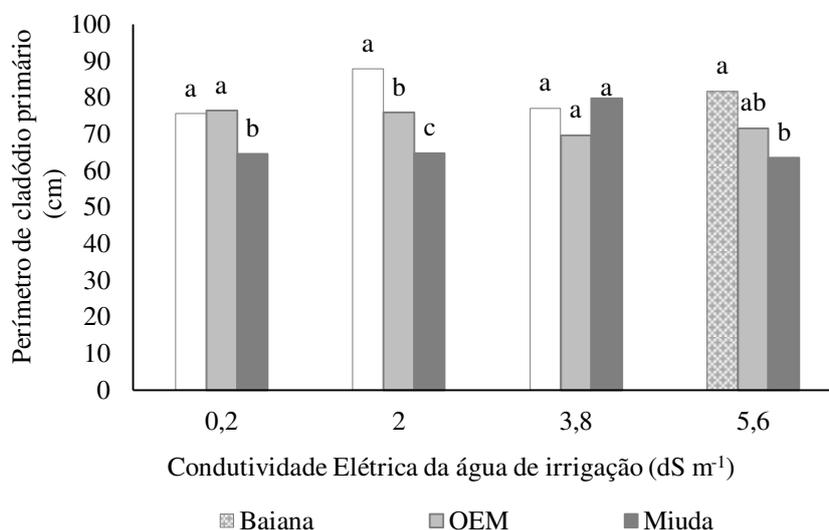


Figura 18. Perímetro de cladódios primários – PCP, em função da interação das cultivares com os diferentes níveis salinos por meio do desdobramento da cultivar dentro de cada nível de salinidade.

Esses valores são inferiores ao do presente estudo para a cultivar Miúda foi encontrado por Dantas (2015), ao estudar lâmina de água salina e dose de adubação orgânica na produção de palma miúda adensada no semiárido, onde o maior valor médio para perímetro de 56,62 cm para a condutividade elétrica de $5,25 \text{ dS m}^{-1}$, com lâmina de irrigação aplicada de 30 mm mês^{-1} .

Munns e Tester (2008), observaram que a sobrevivência das plantas que são submetidas a níveis salinos altos, geralmente, está ligada à sua capacidade de absorver ou de restringir íons, a restrição desses íons acontece pela faixa caspariana e a compartimentalização para o apoplasto, através da proteína transportadora.

2.3.3. Cladódios Secundários

Observa-se que para a fonte de variação cultivar foi significativo ao nível de 0,01 de probabilidade para todas as variáveis estudadas, já para os fatores salinidade e a interação entre salinidade e cultivar não ocorreram diferenças estatísticas expressivas para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para comprimento de cladódio secundário (CCS), largura de cladódio secundário (LCS), espessura de cladódio secundário (ECS) e perímetro de cladódio secundário (PCS).

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)			
		CCS	LCS	ECS	PCS
Salinidade	3	0,82 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,63 ^{ns}	105,60 ^{ns}
Cultivar	2	477,20 [*]	210,58 [*]	145,76 [*]	2315,32 [*]
Salinidade*Cultivar	6	10,11 ^{ns}	4,25 ^{ns}	2,16 ^{ns}	80,78 ^{ns}
Bloco	3	10,02 ^{ns}	4,55 ^{ns}	4,47 ^{ns}	61,27 ^{ns}
Erro	33	10,02	2,62	2,83	72,2
CV (%)	-	12,83	11,23	10,67	14,43
Média geral	-	24,67	14,41	15,77	58,88

^{ns} não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo ao nível de 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Para a variável comprimento de cladódios secundários foi observado efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, a cultivar Baiana teve o maior valor médio de 30,96 cm, a Orelha de Elefante Mexicana apresentou um comprimento médio de 21,96, e a Miúda de 21,09 não diferenciando estatisticamente entre si (Figura 19).

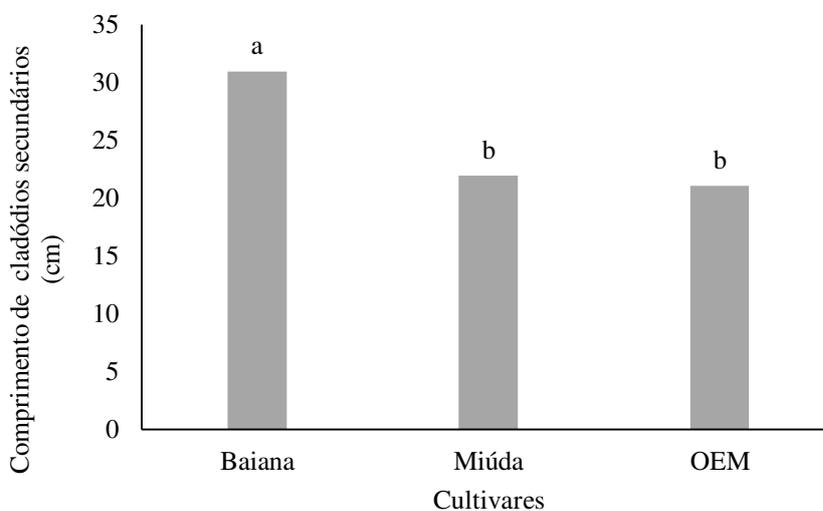


Figura 19. Comprimento de cladódios secundários-CCS de cultivares de palma forrageira

Valores menores foram encontrados por Araújo Primo (2013), a partir da análise da dinâmica de água no solo e a eficiência do uso de água das mesmas cultivares estudadas no presente trabalho, constatou o comportamento diferenciado em relação a variável comprimento de cladódios secundário, no qual foram observados valores médios 24,94 cm, 17,27 cm e 27,78 cm para as cultivares Baiana, Miúda e OEM, respectivamente.

Já Pereira (2013), ao estudar a evapotranspiração e o crescimento de clones de palma forrageira irrigada no semiárido brasileiro, observou que a cultivar Baiana e Miúda foram as que obtiveram maiores médias em relação ao comprimento de cladódio secundário com valores de 18,80 cm para Baiana, 16,30 cm para Miúda e 10,40 cm para Orelha de Elefante Mexicana, corroborando com o que foi observado no presente estudo, apenas os seus valores médios foram inferiores aos encontrados. Quanto a largura de cladódio secundário observou-se maior valor médio para cultivar Orelha de Elefante Mexicana de 17,41 cm, para cultivar Baiana de 15,44 cm e Miúda de 10,37 cm, diferenciando estatisticamente (Figura 20).

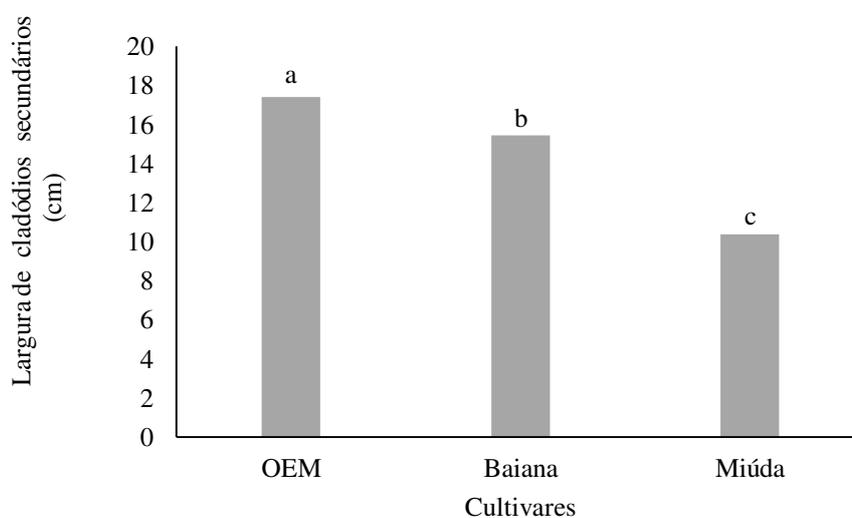


Figura 20. Largura de cladódios secundários de cultivares de palma forrageira

Os autores Rego et al. (2014), ao trabalharem com diferentes doses de adubação no cultivo da palma forrageira Miúda, encontraram valor médio para largura de cladódio secundário de 11,78 cm, próximo ao que foi observado no presente estudo para cultivar Miúda.

Para a variável espessura cladódios secundários observa-se que a cultivar Baiana obteve uma maior espessura, de 19,02 mm, seguida da Miúda com 15,26 mm. A menor espessura foi para cultivar Orelha de Elefante Mexicana com 13,05 mm (Figura 21).

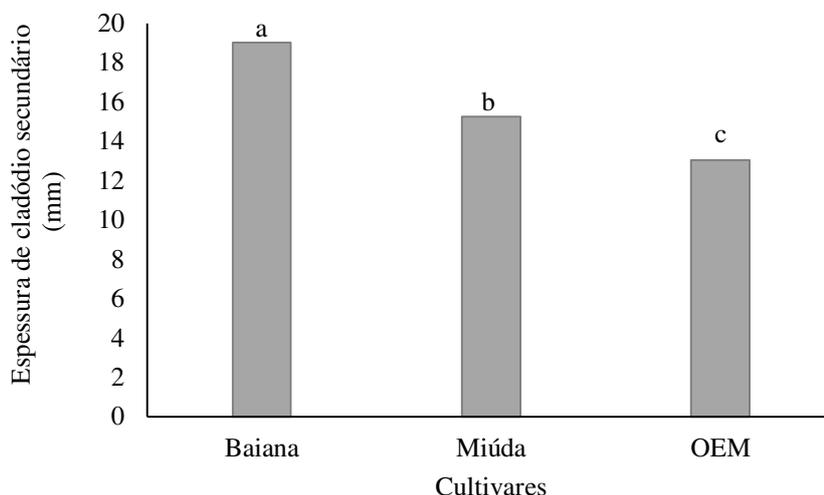


Figura 21. Espessura de cladódios secundários-ECS de cultivares de palma forrageira

Silva et al. (2015), ao avaliarem as cultivares Miúda, Baiana e Orelha de Elefante Mexicana de palma forrageira, encontraram valores médios para a espessura de cladódios secundários de 12,67 mm, 9,56 mm e 8,78 mm, respectivamente, diferindo do que foi encontrado no presente estudo.

Já para Queiroz (2014) ao estudar Variáveis biométricas do clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, sob diferentes lâminas de irrigação, percebeu uma espessura média de 10,40 mm, sendo esse valor inferior ao encontrado no presente estudo.

Em referência ao perímetro de cladódios secundários, o maior perímetro também foi para cultivar Baiana de 72,54 cm, em seguida a cultivar Orelha de Elefante Mexicana de 54,25 cm e o menor perímetro foi observado para cultivar Miúda de 49,85 cm (Figura 22).

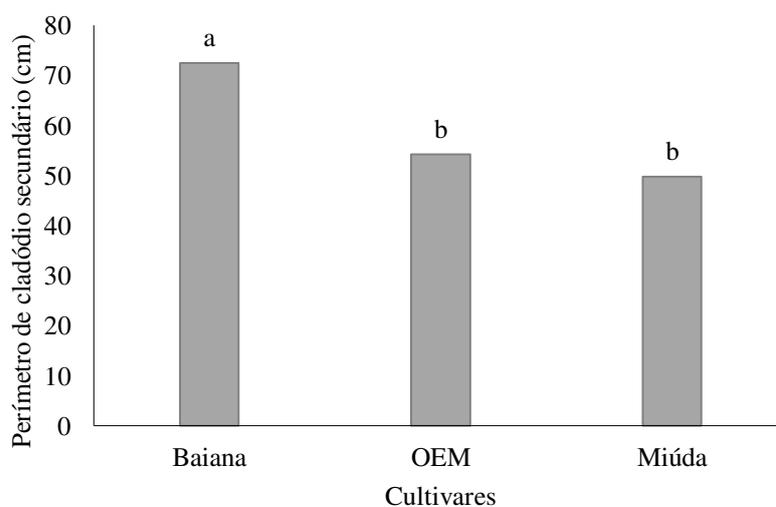


Figura 22. Perímetro de cladódios secundários-PCP de cultivares de palma forrageira.

Quanto ao perímetro de cladódio secundário, Silva et al. (2015) observaram valores de 71,59 cm para Orelha de Elefante Mexicana, 55,94 cm para IPA-Sertânia e 41,02 cm para Miúda. Enquanto Pereira (2013) encontrou para cultivar Baiana de 44,1 cm, Orelha de Elefante Mexicana de 27,3 cm e Miúda de 39 cm, divergindo do resultado obtido no presente estudo, pois, a cultivar Miúda apresentou menor perímetro. A explicação pode ser porque essa pesquisa teve um período de 8 meses e o trabalho executado por Pereira (2013) ocorreu em 24 meses.

2.3.4. Área de cladódios e Índice área de cladódios

De acordo com o resultado da análise de variância (tabela 7), não ocorreram diferenças estatísticas significativas para a fonte de variação (salinidade x cultivar) para as variáveis analisadas. Todavia, para a fonte de variação cultivar foi observado efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que o acréscimo de sais não influenciou na área dos cladódios e no índice de área dos cladódios.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para área de cladódio primário (ACP), índice de área de cladódios primário (IACP), área de cladódio secundário (ACS) e índice de área de cladódio secundário (IACS).

Fonte de variação	GLQuadrados médios (QM).....			
		ACP	IACP	ACS	IACS
Salinidade	3	2949,37 ^{ns}	0,002156 ^{ns}	1213,87 ^{ns}	0,000752 ^{ns}
Cultivar	2	170938,45 [*]	0,118077 [*]	139172,86 [*]	0,096377 [*]
Salinidade*Cultivar	6	3951,99 ^{ns}	0,02758 ^{ns}	5027,91 ^{ns}	0,003410 ^{ns}
Bloco	3	5951,55 ^{ns}	0,003639 ^{ns}	3832,73 ^{ns}	0,002785 ^{ns}
Erro	33	2052,83	0,001396	3598	0,002534
CV (%)	-	12,52	12,42	22,74	22,99
Média geral	-	361,75	0,301	273,79	0,219
Média geral	-	361,75	0,301	273,79	0,219

^{ns} não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Atualmente, não existem trabalhos relacionados aos efeitos dos sais com relação a área e ao índice de cladódios, que possam de fato inferir se realmente a salinidade afetará a área e o índice. Para Fonseca (2017), o índice de área de cladódio é uma das características importantes para a fisiologia das plantas, logo quanto maior for o índice maior será a área de captação da radiação fotossinteticamente ativa e com isso, maior rendimento para a planta. Contudo, a dependência entre as características morfofisiológicas, como altura e largura da planta, o índice de área de cladódios e o

comprimento do cladódio, são elementos importantes para a compreensão das respostas da palma forrageira aos fatores ambientais, o manejo da cultura e o tipo de solo utilizado no cultivo (Pinheiro et al.,2014).

Para a variável área de cladódio primário, observa-se que a maior área foi verificada na cultivar Baiana de 428,11 cm², seguida da Orelha de Elefante Mexicana de 414,48 cm² e da Miúda de 242,66 cm² (Figura 23).

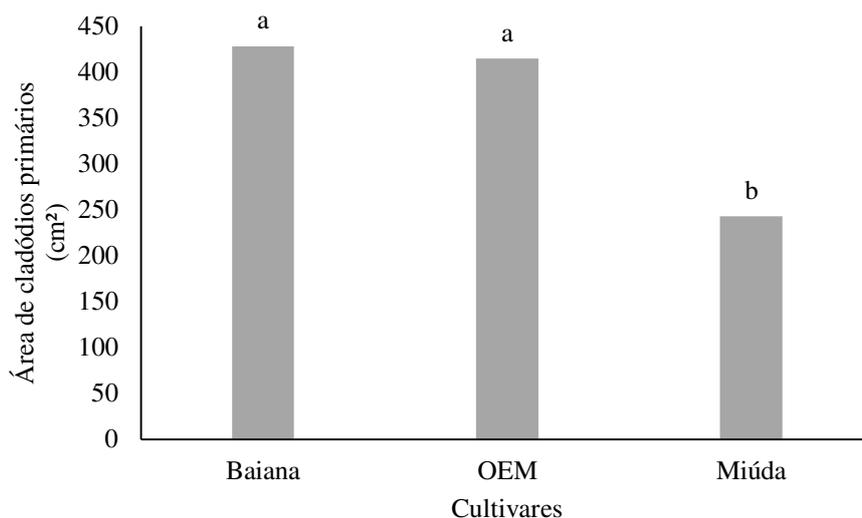


Figura 23. Área de cladódios primários - ACP de cultivares de palma forrageira

Silva et al. (2015), ao pesquisarem o crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e suas relações com variáveis meteorológicas, encontraram valor superior para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana (475,70 cm²) em comparação com a Baiana (243,11 cm²) e Miúda (90,72 cm²), sendo inferiores para a Baiana e a Miúda

Valor superior foi encontrado por Queiroz (2014), ao estudar diferentes as lâminas de irrigação na cultivar Orelha de Elefante Mexicana, observou uma área dos cladódios primários média de 375,56 cm². Dantas (2015) por sua vez, ao analisar diferentes lâminas de água salina (5,25 dS m⁻¹) e diferentes doses de adubação orgânica, encontrou uma área de cladódios média para todos tratamentos de 266,82 cm².

Para área de cladódio secundário houve diferença estatística significativa entre as cultivares (p<0,01). A cultivar Baiana se destacou dentre as demais, tendo apresentado valor médio de área de cladódio secundário de 357,03 cm², seguida da Orelha de Elefante Mexicana de 263,85 cm² e da Miúda de 170,51 cm² (Figura 24).

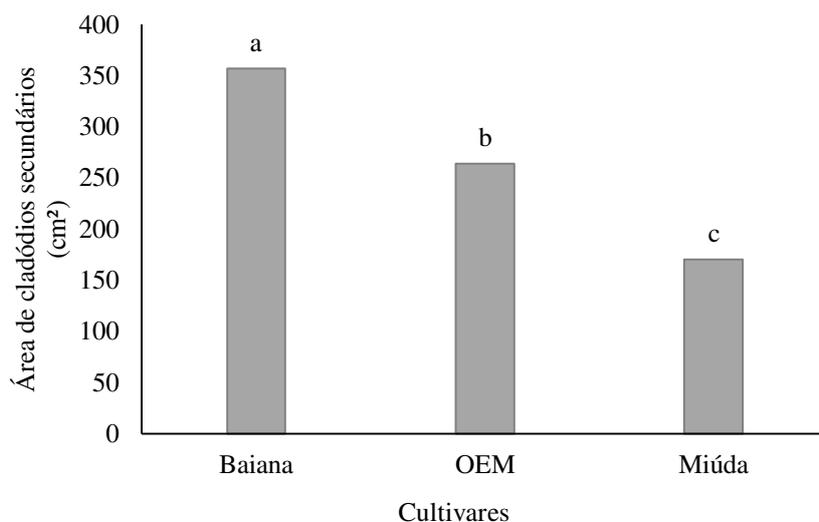


Figura 24. Área de cladódios secundários-ACS de cultivares de palma forrageira

Pereira (2013), ao investigar a evapotranspiração e crescimento de clones de palma forrageira irrigada no semiárido brasileiro, encontrou maiores médias para os clones OEM de 324 cm², IPA de 190,66 cm² e Miúda de 115,83 cm², contrariando os resultados que foram encontrados no presente estudo. Oliveira Junior et al. (2009), ao estudarem o crescimento vegetativo da palma forrageira cultivar italiana, em função do espaçamento, obtiveram uma área média de cladódio de 376,23 cm². O mesmo autor observou que a disponibilidade de água para as plantas, beneficia o desenvolvimento da área dos cladódios, ainda assim, se for mal distribuída, haverá variações ao longo do ciclo produtivo.

Para variável índice área de cladódio primário, observou-se que o maior índice ocorreu para cultivar Baiana (0,356), depois a OEM (0,344), não diferenciando estatisticamente entre si, sendo o menor índice pertencente a cultivar Miúda (0,202) (Figura 25).

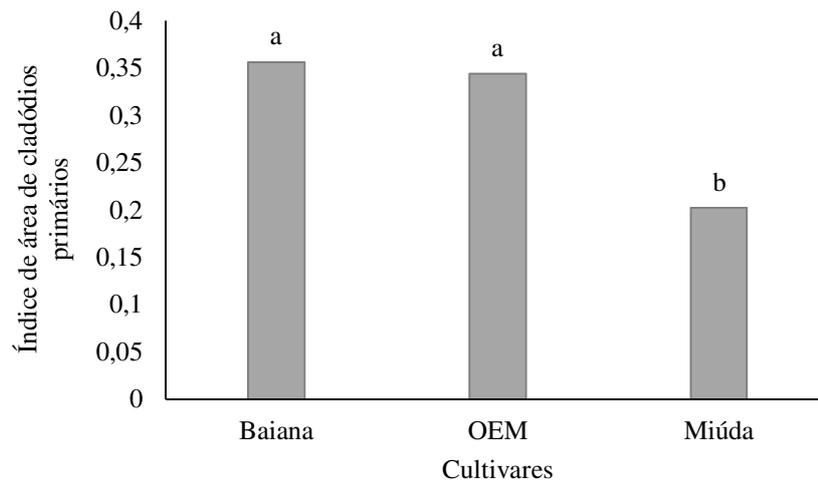


Figura 25. Índice de área de cladódios primários-IACP de cultivares de palma forrageira

Valores superiores de índice de área de cladódios foram observados por Dantas (2015), para a cultivar Miúda (1,93) aos 12 meses de rebrota irrigada com águas salinas e adubação orgânica para a maior lâmina de irrigação (30 mm mês^{-1}). Amorim (2011), em seu trabalho sobre a caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira, observou para cultivar Miúda o índice de área de cladódio primário de 0,57. De acordo com o mesmo autor, o índice de área de cladódios da palma forrageira em comparação com leguminosas forrageiras sempre apresentará menor índice de área de cladódios e com isso, se tornará mais sensível em relação as alterações do meio (luz, nutrientes e água).

Fonseca (2017), em seu trabalho sobre estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘gigante’, analisando as características morfológicas médias de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a diferentes lâminas de irrigação associadas a turnos de rega, constatou que mesmo irrigado com água salina o índice de área de cladódios foi maior para a irrigação diária com 100% do ETo (2,47).

Silva et al. (2014), ao estudarem clones de palma forrageira, encontraram valores médios para índice de área de cladódio de 1,164 para Orelha de Elefante Mexicana, de 1,070 para Baiana, e de 2,313 para Miúda, sendo estes valores superiores aos que foram encontrados no presente estudo. Dantas (2015) observou valores médios para área de cladódio de $266,82 \text{ cm}^2$ e para índice de área foliar de 1,93 para a lâmina de irrigação de 30 mm, não diferenciando do valor encontrado no presente estudo.

Mostrando assim, que mesmo sendo irrigada com água salina a palma pode ter respostas positivas para suas características morfológicas, tendo em vista que, o índice de área de cladódios influencia diretamente na radiação fotossinteticamente ativa e com isso influenciando na fotossíntese e na produção de biomassa seca (Santos 2009). Em relação ao índice de área de cladódio secundário, a Baiana foi a que obteve a maior média com IACS de 0,29 enquanto a OEM apresentou valor de 0,22 e a Miúda média de 0,14 (Figura 26).

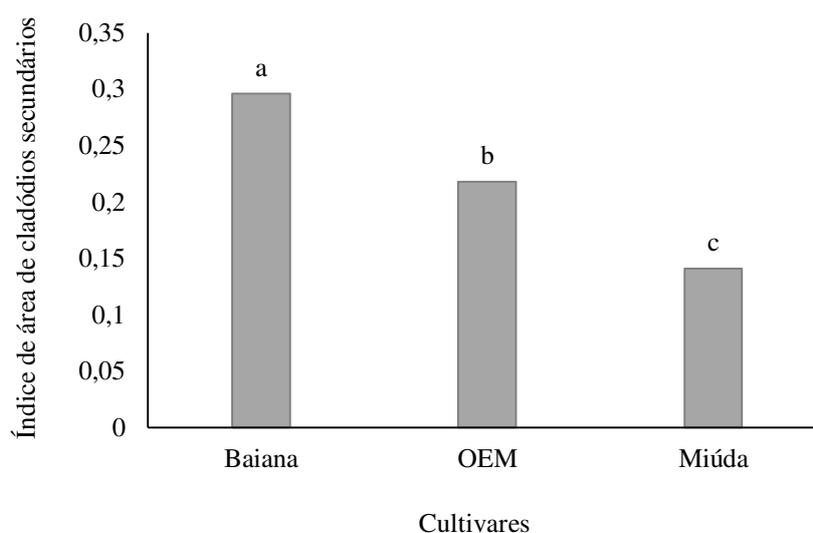


Figura 26. Índice de área de cladódios secundários- IACS de cultivares de palma forrageira

Nota-se que mesmo que a cultivar Miúda tenha tido o maior número de cladódios, o seu índice de área de cladódios foi inferior a Orelha de Elefante Mexicana e a Baiana, por ter uma menor área de cladódios com relação as demais cultivares, podendo ter sido influenciadas as características morfológicas tanto pela espécie quanto pelos fatores ambientais.

Silva et al. (2015), ao avaliarem o crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas, encontraram valores para o índice de área de cladódios superiores aos encontrados no presente estudo.

Em estudos realizados por Donato et al. (2014) sobre a morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica, os autores observaram índice de área de cladódios de 3,1.

2.4. CONCLUSÃO

Os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação afetam o crescimento de todas as cultivares de palma forrageira avaliada;

Para a emissão de cladódios a salinidade da água de irrigação não afetou as cultivares, porém para emissão de ordens superiores houve o decréscimo com o aumento.

A maioria das características relacionadas aos cladódios primários foi afetada com o aumento da salinidade, de acordo com o comportamento morfológico de cada uma das cultivares.

A palma da Miúda é a que melhor responde em relação ao aumento na condutividade elétrica da água de irrigação, tendo seu maior desempenho para a salinidade de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, já a Baiana e a Orelha de Elefante Mexicana para a salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, P. L.de. Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira. Dissertação (Zootecnia). Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, Alagoas, 2011.
- AMORIM, S. O de. Características morfológicas e produtivas da palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana submetida a diferentes densidades de plantio e intensidades de corte no semiárido pernambucano. Dissertação (Zootecnia).Universidade Federal Rural de Pernambuco,Recife,2015.
- ARAÚJO PRIMO, J. T. Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2013.
- BEZERRA, S.A.de F.; SILVA, T.G.F da.; SOUZA, L.S.B de.; MOURA, M.S.B de.; MORAIS, J.E.F de.; DINIZ, QUEIROZ, M.G de. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, n.06, p.1628-1643,2015.
- DANTAS, F. D. G. Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda e adensada no semiárido. Dissertação (Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.Macaíba,2015.
- DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQ INO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.9, n.1, p.151-158, 2014.
- FÉLIX, E. dos. S.; LIMA, SILVA, C.T. da.; ARAÚJO, J.S.; PEREIRA, D.D.; LIRA, E.C. da. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. Braz. Ap. Sci. Rev., Curitiba, v. 2, n. 6, Edição Especial, p. 1869-1875, nov. 2018
- FERREIRA, D. F. Sisvar: Sistema de análise de variância versão 4.6. UFLA/DEX, Lavras, Brasil. 2008.
- FONSECA, V. A. Estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘gigante’. 2017. Dissertação (Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal Baiano Campus Guanambi, Guanambi, Bahia.

- FRANCO-SALAZAR, V. A.; VÉLIZ, J.A. Efectos de la salinidad sobre el crecimiento, acidez titulable y concentración de clorofila en *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 20. Nº 1: 12-17, 2008.
- FREIRE, J. L. de. Avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) sob irrigação e salinidade. 2012. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.
- GAVA, C. A. T.; LOPES, E. B. Produção de mudas de palma forrageira utilizando fragmentos de cladódios. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. Não paginado. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 101), 2013.
- GOMES, J. B. Adubação orgânica na produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). Campina Grande. Patos, Paraíba, 2011.
- KOPPEN W. Climatologia. Tradução de Pedro RH Perez. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 1948.
- MIRANDA, K. R.; SILVA, T. G. F.; CRUZ NETO, J. F.; QUEIROZ, M. G.; LIRA, M. A. B.; SANTOS, J. E. O. Modelos de estimativa da área do cladódio de variedades de palma no Semiárido pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 2., 2011, Garanhuns. Anais...Garanhuns: Sociedade Brasileira de Palma e outras Cactáceas, 2011.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 28, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
- MURILLO-AMADOR, B.; CORTÉS-AVILA, A.; TROYO-DIÉGUEZ, E.; NIETO-GARIBAY, A. Effects of NaCl Salinity on Growth and Production of Young Cladodes of *Opuntia ficus-indica*. *Journal of agronomy and crop science*, v. 187, n. 4, p. 269-279, 2001.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo, Brasília: Embrapa SEA. p. 189-253, 1991.
- PERAZZO, A. F., SANTOS, E. M., PINHO, R. M., CAMPOS, F. S., RAMOS, J. P., AQUINO, M. M.; BEZERRA, H. F. Características agronômicas e eficiência do uso

- da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.10, p. 1771-1776, 2013.
- 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.
- PEREIRA, P. de C. Evapotranspiração e crescimento de clones de palma forrageira irrigada no semiárido brasileiro. Dissertação (Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2013.
- QUEIROZ, M. G. de. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no semiárido brasileiro. Dissertação (Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.
- RAMOS, J. P de 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, 2015.
- REGO, M. M. T. do.; LIMA, G.F. da C.; SILVA, J.G.M. da.; GUEDES, F.X.; DANTAS, F.D.G.; LÔBO, R.N.B. Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. *Revista Científica de Produção Animal*, v.16, n.2, p.118-130, 2014.
- RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. USDA Agricultural Handbook, 60.
- SANTOS, D. Estimativa de parâmetros em caracteres de clones da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.e *Nopalea cochenillifera* Sam-Dick). 1992. 119 p. Dissertação (Zootecnia). Universidade Rural de Pernambuco. Recife.
- SANTOS, N. L. Avaliação do capim-tanzânia manejado com Diferentes IAF residuais sob lotação Rotacionada por cabras bôeres x saanen. Dissertação (Zootecnia), Jaboticabal, SP: UNESP, 2009. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.
- SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. *Brazilian Journal of Animal Science*, v. 39, p. 2389-2397, 2010.

- SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.8, n.2, p.242-350, 2013.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F. de.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A. de.; SILVA JUNIOR, M. J. da.; NASCIMENTO, I. B. do. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, v.18, (Suplemento), p.S66–S72, 2014.
- SILVA, T.G.F. da.; MIRANDA, K.R. de.; SANTOS, D. C. dos.; QUEIROZ, M. G. de.; SILVA, M. da. C.; CRUZ NETO, J.F.; ARAÚJO, J. E. M. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 4, p.633-641,2014.
- SILVA, L. M. da.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. de A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014.
- SILVA, T. G. F. da.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F. de.; DINIZ, W. J. da S.; SOUZA, C. A. A. de.; SILVA, M. da. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, 2015.
- SILVA, R.H.D DA. Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina. Tese (Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais,2018.
- XAVIER JUNIOR, O. S. Biofertilizante líquido no desempenho agrônômico de clones de palma forrageira. Dissertação (Produção Vegetal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2018.
- MORAIS, J. E. de.; SILVA, T. G. F. da.; QUEIROZ, M.G. de.; ARAÚJO, G. L. de.; MOURA, M. S.; ARAÚJO JUNIOR, G. do N. Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande-PB, v.21, n.4, p.273-278, 2017.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Produção de cultivares de palma forrageira irrigada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação

RESUMO

O semiárido brasileiro se caracteriza por chuvas irregulares, limitando assim, a produção de alimentos forrageiros para a manutenção da pecuária havendo perdas na produção. Mas, apesar das grandes perdas, a região do semiárido se destaca na produção da palma forrageira, amenizando o impacto da seca na região. Objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, no crescimento de cultivares de palma forrageira na região do semiárido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3, com quatro níveis salinos (0,2; 2,0; 3,8 e 5,6 dS m⁻¹) e três cultivares (Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e IPA-Sertânia). As variáveis avaliadas foram: fitomassa dos cladódios e a estimativa da salinidade limiar. A produção de fitomassa fresca da palma forrageira para cultivar Miúda foi a que melhor respondeu quando irrigada com águas de diferentes condutividades elétricas a nível de 4,04 dSm⁻¹. O rendimento da fitomassa seca dos cladódios para todas as cultivares de palma avaliadas não foi afetada quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas. A estimativa da salinidade limiar para as cultivares avaliadas foi de 4,04 dSm⁻¹ para cultivar Miúda, 2,73 dSm⁻¹ para a Orelha de elefante mexicana e de 2,17 dS m⁻¹ para a Baiana. O cultivo de palma forrageira em regiões semiáridas com águas salinas é possível, desde que os níveis salinos não ultrapassem a estimativa da salinidade limiar para cada cultivar.

PALAVRAS-CHAVES: Rendimento, Condutividade elétrica da água, Salinidade limiar.

Production of irrigated fodder palm cultivars under different salinity levels of irrigation water

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region is characterized by irregular rainfall, limiting the production of forage feed for livestock maintenance and production losses. However, despite the large losses, the semi-arid region stands out in the production of forage palm, thus softening the impact of drought on this region. The objective of this work was to evaluate the effect of different salinity levels of irrigation water on the growth of forage palm cultivars in the semiarid region. The experimental design was in randomized blocks in a 4x3 factorial scheme, with four saline levels (0.2, 2.0, 3.8 and 5.6 dS m⁻¹) and three cultivars (Miúda, Mexican Elephant Ear and IPA- Sertânia). The variables evaluated were: cladode phytomass and the threshold salinity estimate. The production of fresh forage palm phytomass to cultivate Miúda was the best answer when irrigated with waters of different electrical conductivity at 4.04 dSm⁻¹. The dry cladode phytomass yield for all evaluated palm cultivars was not affected when irrigated with water of different electrical conductivity. The estimated salinity threshold for the evaluated cultivars was 4.04 dS m⁻¹, for Miúda cultivar, 2.73 dS m⁻¹ for the Mexican Elephant Ear and 2.17 dS m⁻¹ for Baiana. Forage in semi-arid regions with saline waters is possible as long as saline levels do not exceed and threshold salinity estimate for each cultivar.

KEYWORDS: Yield, Electrical conductivity of water, Threshold salinity

3.1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro abrange cerca 70% da área total da região do Nordeste, sendo caracterizado por chuvas irregulares e elevadas taxas de evapotranspiração, atuando na disponibilidade e qualidade de forragens nestas áreas (Dubeux Júnior et al., 2010). Á vista disso, espécies forrageiras que suportam longos períodos de estiagem e que tenha alta eficiência na produção de biomassa, em circunstâncias de baixa disponibilidade de água e de fertilidade dos solos, pode ser de grande importância para a pecuária desta região (Alves et al., 2007).

Neste sentido, as palmas forrageiras dos gêneros *Opuntia* e *Napolea*, se tornam as de maior importância para os produtores, por serem culturas que possuem elevada eficiência no uso da água, elevada produtividade, excelente alimento energético com alta digestibilidade e se estabelece como reserva hídrica para os animais (Lima et al., 2015). Além de possuir características morfológicas que possibilitam a sua sobrevivência em regiões com déficit hídricos, altas temperaturas e solos com baixa fertilidade (Tegegne et al, 2007), possui o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) que permite a captação de CO₂, reduzindo a perda de água, que ocorre geralmente durante a noite (Silva et al., 2010).

As atividades agropecuárias no semiárido brasileiro têm suas limitações com relação à disponibilidade de água de boa qualidade, para a produção de alimentos e detenção dos animais, muitas delas são encontradas em poços subterrâneos, porém a grande maioria é salina.

Os sais em sua maioria podem ser prejudiciais ao crescimento das plantas, restringindo a absorção da água por meio de modificações dos processos osmóticos, através de reações metabólicas que são causadas por elementos tóxicos, modificando a estrutura dos solos, permeabilidade e aeração do solo, afetando indiretamente o crescimento das plantas.

O uso de águas salinas para a produção vem se tornado uma das alternativas viáveis para que se tenha uma produção adequada. Estudos vêm sendo desenvolvidos com relação à utilização de águas salinas na Estação Experimental de Pedro Avelino, em que há seis anos existe o monitoramento de cultivos de palma forrageira irrigada com águas salinas com condutividade elétrica superior a 5 dS m⁻¹, sendo esta considerada de alta salinidade e de elevados níveis de cloreto, e mesmo nessas

condições foram alcançados altos níveis de produtividade sem que houvesse prejuízos ao solo (Lima et al., 2015).

Nesse cenário, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação na produção de cultivares de palma forrageira na região do semiárido.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido em vasos em condições de campo, na Universidade Federal de Campina Grande, campus sede, município de Campina Grande-PB, na mesorregião do Agreste Paraibano, situado pelas coordenadas geográficas 7° 15' 18'' latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude de 550 m. no período de novembro de 2016 a julho de 2017 (Figura 1).

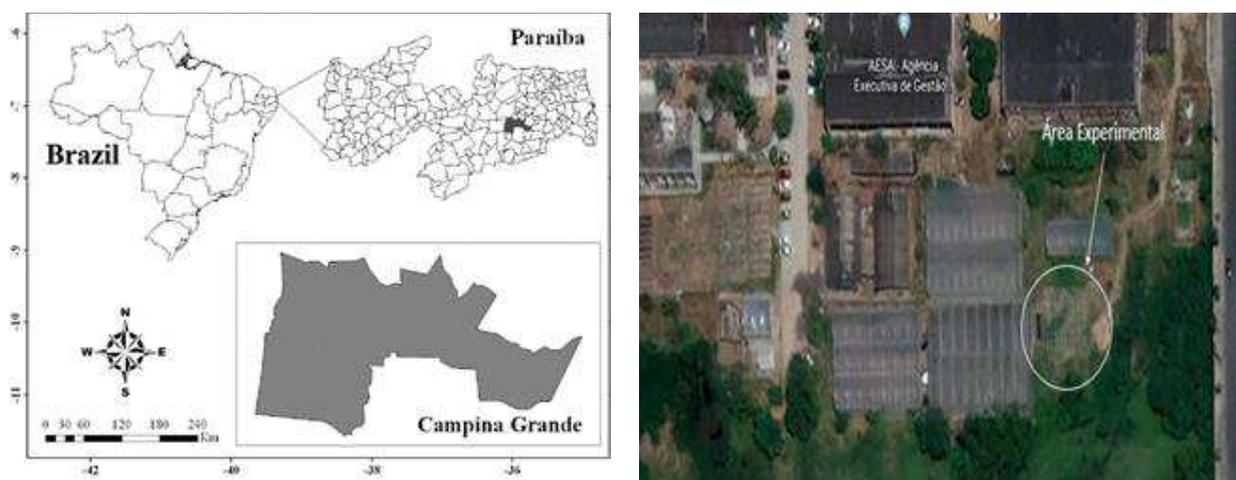


Figura 1. Local de desenvolvimento e condução do experimento.

Conforme a classificação de Koppen (1948), o clima predominante é o AS', uma região do semiárido nordestino, com período de estiagem que vai de quente a úmido, com temperatura máxima anual de 28,6 ° C e mínima de 19,5 ° C, com precipitação média anual de 765 mm (Figura 2).

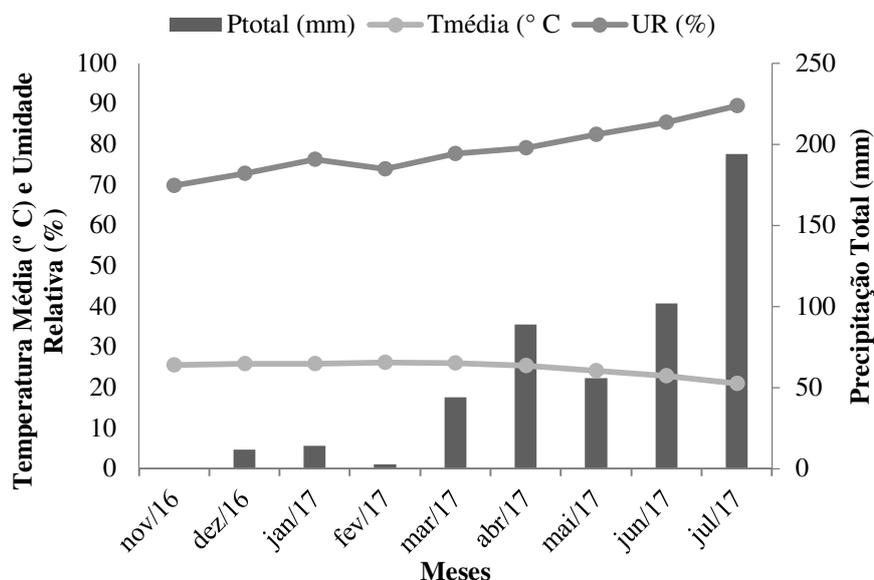


Figura 2. Dados de Precipitação, temperatura e umidade relativa da área experimental, no período de condução do experimento.

3.2.2. Instalação e condução do experimento

A pesquisa foi realizada em vasos em condições de campo, numa área de 148,17 m², em vasos de 120 litros dispostos com espaçamento de 1,50 m, entre linhas e 1,00 m entre plantas, com uma planta por vaso. Os vasos foram transformados em lisímetros de drenagem, para que fosse realizada a quantificação do volume drenado. Na extremidade inferior de cada lisímetro, foram instalados dois drenos em cada vaso, um em cada lado, conectados por mangueiras, ligando a coletores plásticos com capacidade volumétrica de 2 litros (garrafa pet).

Os vasos foram preenchidos por uma camada de brita nº1 coberta com tela têxtil, uma camada de areia grossa e 0,120 m³ de solo. O solo para enchimento dos vasos foi proveniente da Fazenda Poço de Pedra, Rodovia PB-233 – Zona Rural, Santa Luzia – PB. A análise físico-química do solo foi realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, seus valores físicos, químicos e hídricos do solo, estão detalhados nas tabelas 1 e 2. De acordo com os resultados das características físicas do solo, através das análises granulométricas do solo, observa-se que possui uma classificação textural arenosa (Tabela 2).

Tabela 1. Caracterização química do solo, utilizado no experimento.

Profundidade (cm)	Complexo Sortivo											
	pH H ₂ O	MO %	N -----	P -----	K -----	Ca -----	Mg -----	Na -----	H ⁺ -----	Al ²⁺ -----	SB -----	CTC -----
	cmolc dm ⁻³											
6,97	1,2	0,07	1,93	1,86	5,49	11,41	0,14	0	0	18,9	18,9	
Profundidade (cm)	Estrato de saturação											
	pH H ₂ O	Cl -----	CO ₃ -----	HCO ₃ -----	Ca -----	Mg -----	K -----	Na -----	CEes -----	RAS -----		
	cmolc dm ⁻³									dS m ⁻¹		
6,9	2,5	0	4,4	1,87	5,63	0,86	0,5	0,64	0,26			

pH: Potencial Hidrogeniônico; MO: Matéria Orgânica; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; H: Hidrogênio; Al: Alumínio; SB: Bases Trocáveis; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; Cl: Cloreto; CO: Carbonato; HCO: Bicarbonato; CEes: Condutividade Elétrica do extrato de saturação; RAS: Relação de Adsorção de Sódio.

Tabela 2. Caracterização física do solo utilizado no experimento

Granulometria			Porosidade	Densidade do solo	Densidade das Partículas	Umidade	Água Disponível
Areia	Silte	Argila					
-----%			%	-----g cm ⁻³ -----		-----%	
91,34	7,1	1,56	47,01	1,42	2,68	0,49	6,37

Os cladódios das três cultivares de palma que foram utilizados no experimento também vieram da Fazenda Poço de Pedra. As cultivares foram identificadas como: V1 – Miúda ou Doce; V2 – Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e V3 – Baiana ou IPA Sertânia. Após serem cortadas as raquetes na Fazenda, elas permaneceram por 15 dias na sombra para perder o excesso de umidade, permitindo assim, a cicatrização das injúrias ocorridas durante o corte e, dessa maneira, diminuir a incidência de doenças. Após o período de cura, elas foram tratadas com calda bordalesa preparada conforme recomendação de Motta, (2008) e aplicada 48h antes de realização do plantio, para prevenir a infestação por fungos e bactérias.

Após esse período, foi realizado o plantio das raquetes, sendo colocada uma por vaso, inclinada a 45°, na direção do vento, no intuito de reduzir os riscos de tombamento (Silva et al., 2010). Elas foram enterradas até a sua metade, com o objetivo de favorecer o desenvolvimento do sistema radicular (Rocha, 2012; Gava e Lopes, 2012). As adubações foram efetuadas conforme recomendação de Novais et al., (1991) para ensaios realizados em vasos, realizada mensalmente.

A irrigação foi realizada manualmente com o auxílio de recipiente graduado, os vasos foram colocados em capacidade de campo. Para mensurar a quantidade de água para a irrigação seguinte foi realizado o cálculo do volume drenado menos o volume drenado após 24 horas de aplicado a lâmina de irrigação, inserindo apenas a quantidade de água necessária para que o solo permaneça sempre próximo a capacidade de campo, os eventos de irrigação foram realizados com um turno de rega de 10 dias.

Além das análises físico-químicas do solo, também foi coletada água de abastecimento e levada para o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química da água de abastecimento

pH	CE	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻
	dS.m ⁻¹	-----mmolc ⁻¹ -----		
7,9	1,7	1,54	10,41	17,6

Fonte: Farias 2017.

3.2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4 x 3, com 4 repetições. Os tratamentos foram definidos da seguinte forma, na combinação de quatro níveis de salinidade (S1 = 0,2; S2 = 2,0; S3 = 3,8 e S4 = 5,6 dS m⁻¹) da água de irrigação e três cultivares de palma: Miúda ou Doce (*Nopalea cochenillifera Salm Dyck*), Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta Haw*), Baiana ou IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera Salm Dyck*). O software utilizado para a análise estatística foi o SISVAR (Ferreira, 2008).

Para o preparo dos tratamentos foi adicionado cloreto de sódio comercial (sem iodo), cloreto de cálcio e cloreto de magnésio na água de abastecimento nas proporções 7:2:1, ajustando as concentrações da água de abastecimento disponível, a fim de se elevar a condutividade elétrica, conforme metodologia proposta por Richards (1954). As diluições foram realizadas em quatro caixas de polietileno de 500L, onde cada caixa correspondeu a um nível de salinidade.

A aplicação dos tratamentos foi iniciada quando as plantas estavam estabelecidas e houve a emissão do cladódio primário em todas as plantas, o que aconteceu por volta dos 100 dias após a sua estabilização, tendo em vista que é uma cultura de ciclo anual.

3.2.4. Variáveis Analisadas

3.2.4.1. Fitomassa fresca e fitomassa seca de cladódios

O corte da palma foi realizado aos 235 dias após o plantio, no qual foram retirados os cladódios primários e secundários, deixando apenas o cladódio basal. Eles foram retirados com auxílio de uma faca, em seguida colocados em sacos, identificados e pesados em balança digital para a determinação da biomassa dos cladódios totais por planta. Após serem pesados foram armazenados em casa de vegetação por um período de 10 dias, para que perdessem a parte da umidade. Logo depois foram cortados em pedaços menores para facilitar sua secagem, colocados em sacos de papel devidamente identificados e dispostos em estufa de circulação de ar forçado a 65 ° C até atingirem peso constante, para assim, determinar a fitomassa seca de cladódios por planta, pesados em balança analítica com precisão de 0,001g (Silva et al., 2014).

3.2.4.2. Salinidade limiar

A salinidade limiar de cada cultivar foi estimada a partir da derivação da equação de ajuste, que foram obtidas a partir dos gráficos da interação de Salinidade x Cultivar.

3.3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.3.1. Fitomassa fresca de cladódios e fitomassa seca de cladódios

Conforme o resumo da análise de variância observou-se efeito significativo para o fator salinidade da água de irrigação apenas para variável fitomassa fresca de cladódios (FFC) ($p \leq 0,01$), para fonte de variação cultivar para as variáveis da fitomassa fresca e seca de cladódios ($p \leq 0,01$) (Tabela 4).

A interação entre os fatores (Salinidade x Cultivar) se mostrou expressivo apenas para a variável fitomassa fresca de cladódios ($p < 0,01$), não havendo efeito significativo para fitomassa seca de cladódios (MSC), ou seja, mesmo irrigando com água salina, a irrigação foi viável para a produção da fitomassa seca.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para fitomassa fresca de cladódios (FFC) e fitomassa seca de cladódios (FSC)

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)	
		FFC	FSC
Salinidade	3	8572358,333 [*]	51999,644 ^{ns}
Cultivar	2	6800575,00 [*]	638968,222 [*]
Salinidade x cultivar	6	14366458,33 [*]	23727,584 ^{ns}
Bloco	3	658169,44 ^{ns}	55461,121 ^{ns}
Erro	33	376425,505 ^{ns}	34106,838 ^{ns}
CV (%)	-	5,98	26,91
Média geral (g)	-	10266,25	686,257

^{ns} não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; ^{*} Significativo em nível de 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

A fitomassa seca de cladódio diferiu entre as cultivares Orelha de Elefante Mexicana e Miúda, porém a Miúda não diferiu da Baiana. De acordo com o teste de comparação de média, a cultivar Orelha de Elefante Mexicana obteve maior valor de FFC, com uma diferença de 0,29 kg em comparação com a cultivar Miúda. Já em relação a cultivar Baiana teve uma diferença de 0,38 kg. Diante do resultado, é possível dizer que a cultivar Baiana foi a mais prejudicada com a exposição ao estresse salino, mostrando dessa maneira, ser mais sensível a salinidade em relação as outras duas (Figura 3).

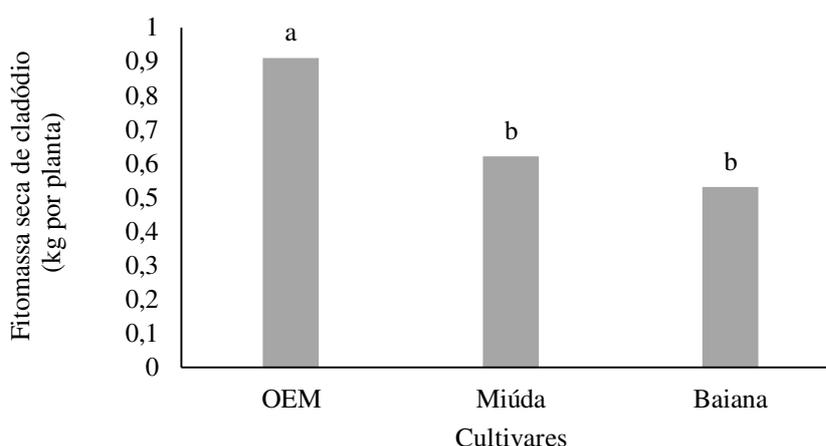


Figura 3. Fitomassa seca dos cladódios-FSC, em diferentes cultivares de palma forrageira

Silva et al., (2015), observaram valores inferiores de fitomassa seca para todas as cultivares estudadas, sendo os mesmos comportamentos do presente estudo, com

valores médios de fitomassa seca de 10,7 t ha⁻¹ para a cultivar Baiana, 11,5 t ha⁻¹ para a Miúda e de 15,6 t ha⁻¹ para Orelha de Elefante Mexicana.

Rocha (2016) encontrou valores médio superiores, porém, apresentando a mesma tendência para cultivar Orelha de Elefante Mexicana, pois foi a que obteve maior fitomassa seca por planta, de 0,92 kg de MS por planta para cultivar Miúda, 1,06 kg de MS para a Baiana e 2,12 kg de MS para a Orelha de Elefante Mexicana. Isto pode ter ocorrido, devido à diferença dos períodos de realização do corte para determinação das variáveis de produção, que nesse estudo o corte ocorreu com aproximadamente oito meses após o plantio.

Silva et al. (2015), ao trabalharem com a produtividade das cultivares (Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e Baiana) de palma forrageira em diferentes épocas de avaliação, não encontraram diferenças estatísticas na produção de biomassa verde, porém notaram que a cultivar Miúda (16,8 kg por planta), foi a que apresentou maior biomassa verde por planta, apesar de apresentarem diferenças estatísticas, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.

Rego et al.(2014), ao estudarem a cultivar Miúda, após 12 meses de rebrota em diferentes intensidades de cortes e doses de adubação orgânica (20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), constataram uma produção de matéria verde em torno de 146,05 Mg ha⁻¹ e 253,80 Mg ha⁻¹, respectivamente), referentes aos números de cladódios primários e secundários, o que representa cerca de 2,92 e 5,07 kg por planta, tendo uma produção menor do que o presente trabalho. Em termos de matéria seca os mesmos autores encontraram valores médios de 15,18 e 25,91 Mg ha⁻¹, representando valores de 0,3 e 0,52 kg de matéria seca por planta.

O desdobramento da salinidade dentro de cada cultivar estudada, foi significativo (p< 0,01) para todas as cultivares, observa-se que a máxima produção de fitomassa fresca ocorreu no nível salino de 4,04 dS m⁻¹, com valor médio de 13,36 kg por planta, seguida da Orelha de Elefante Mexicana de 12,55 kg, para o nível de salinidade de 2,73 dS m⁻¹, e a cultivar Baiana de 11,56 kg por planta, com produção máxima no nível salino de 2,17 dS m⁻¹ tendo demonstrado, assim, menor rendimento em termos de fitomassa fresca quando submetida a salinidade da água de irrigação (Figura 4).

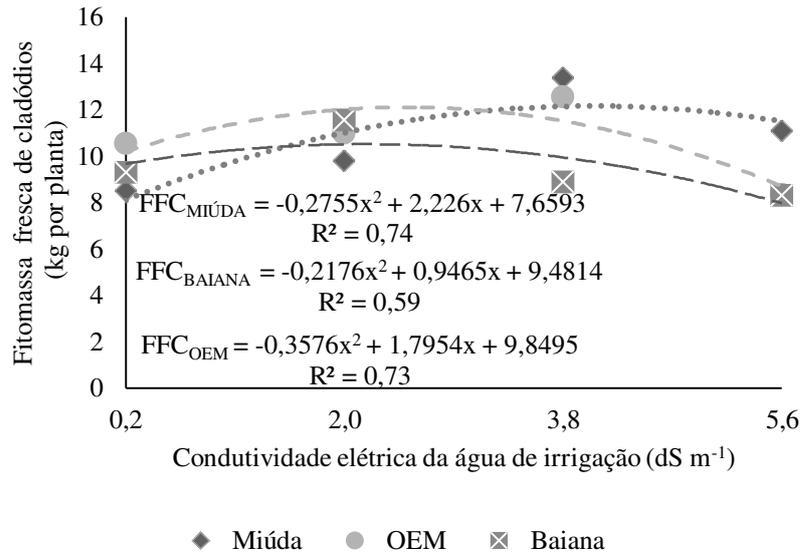


Figura 4. Fitomassa fresca de cladódios-FFC em função do desdobramento da salinidade para cada cultivar estudada

A estimativa da salinidade limiar de cada uma das cultivares da palma, foi obtida através da equação de ajuste do gráfico da produção de fitomassa fresca dos cladódios ($y = -0,2755 x^2 + 2,226 x + 7,6593$ para Miúda; $y = -0,3576 x^2 + 1,7954 x + 9,8495$ para OEM; $y = -0,2176 x^2 + 0,9465 x + 9,4814$ para Baiana), por meio da derivação destas equações.

A salinidade limiar estimada para a Miúda foi de $4,04 \text{ dS m}^{-1}$, para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana este valor foi de $2,73 \text{ dS m}^{-1}$ e para a Baiana a estimativa foi de $2,17 \text{ dS m}^{-1}$. Observou-se, desta forma, que a palma forrageira cultivar Miúda tolera níveis salinos da água de irrigação superiores às demais cultivares sem perda da produção.

Lacerda et al. (2016), destacaram que a salinidade limiar é o maior nível de salinidade na zona radicular tolerado pelas plantas, sem que afete o seu desenvolvimento, tendo um rendimento potencial de 100 % para a cultura. A partir do valor da salinidade limiar, o crescimento tende a diminuir linearmente quando se tem o aumento da salinidade no solo.

Conforme Dias et al. (2016), diferentes espécies e cultivares de plantas respondem de forma diferenciada aos efeitos negativos dos sais, em que cada uma das espécies ou cultivares apresentam um certo limite tolerável de salinidade que não venha causar a diminuição na sua produtividade.

Já com relação a resposta de cada uma das cultivares com relação a cada nível de salinidade, foi significativo para todos os níveis salinos ($p < 0,01$), vê-se que para a

salinidade de $0,2 \text{ dS m}^{-1}$, a cultivar Miúda teve o menor valor de fitomassa fresca em relação as outras cultivares mas, sem muita diferença das cultivares Baiana e Orelha de Elefante Mexicana. Para a salinidade de 2 dS m^{-1} , verifica-se maior valor para a cultivar Baiana e Orelha de Elefante Mexicana, para a salinidade $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, a maior produção de fitomassa fresca foi para a cultivar Miúda com uma produção de $13,36 \text{ kg}$ por planta, seguida da cultivar OEM e da Baiana. E por último em relação ao maior nível salino de $5,6 \text{ dS m}^{-1}$, o maior valor foi observado para a cultivar Miúda com a produção de fitomassa fresca de $11,08 \text{ kg}$ por planta, seguida da cultivar OEM e Baiana (Figura 5).

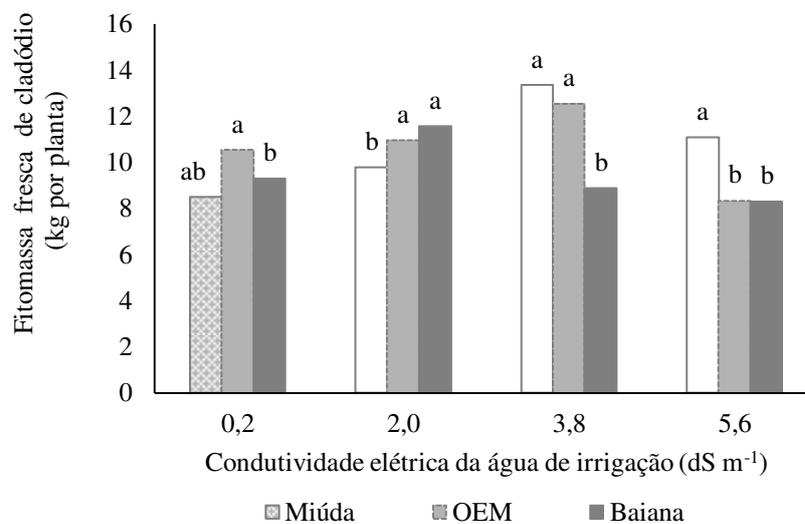


Figura 5. Fitomassa fresca de cladódios-FFC em função do desdobramento de cada cultivar dentro de cada nível salino

Para Dantas (2015), as lâminas de águas salinas (0 a 30 mm m^{-1}), com intervalo de irrigação de 10 dias e doses de adubação orgânica (0 ; 25 e $50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) na produção da palma forrageira Miúda, possui valores médios na produção de matéria verde de $5,72$ e $9,56 \text{ kg}$ por planta para as lâminas de água salina de 15 e 30 mm m^{-1} , respectivamente, com condutividade elétrica da água de irrigação de $5,25 \text{ dS m}^{-1}$. O mesmo autor relata que a utilização da irrigação mesmo sendo realizada com água com algum tipo de restrição, representa uma importante fonte para a produção da palma.

Fonseca (2017), ao analisar as estratégias de utilização de águas salinas no cultivo da palma forrageira cultivar Gigante submetida as diferentes combinações de lâminas e de turnos de rega: 33% de ET_0 (TR de 3 dias), 50% de ET_0 (TR de 2 dias) e 100% de ET_0 (diariamente); encontrou valores médios para a produção de matéria verde em torno de $107,25 \text{ Mg ha}^{-1}$.

De acordo com Nunes (2015), os níveis salinos de 0,76 e 2,0 dS m⁻¹ são apontados como baixos, e muitas espécies de plantas com esses níveis conseguem crescer e se desenvolver satisfatoriamente. Contudo, para valores acima de 2,0 dS m⁻¹, algumas culturas agrícolas não se desenvolvem bem em termos de produção, a exemplo de algumas das cultivares de palma forrageira (Silva et al., 2014).

Lima et al. (2015) em pesquisas desenvolvidas no EMPARN, na Estação Experimental de Terras Secas, em áreas irrigadas com água salina com a condutividade elétrica superior a 5 dS m⁻¹ e elevados níveis de cloreto para um período de seis anos, observaram elevadas produtividades sem prejuízos ao solo.

3.4. CONCLUSÃO

A cultivar Miúda tem maior produção para a salinidade de 4,04 dS m⁻¹, seguida da Orelha de Elefante Mexicana para o nível salino de 2,73 dS m⁻¹ e a Baiana na salinidade de 2,17 dS m⁻¹.

A cultivar Miúda quando irrigada com a salinidade de 5,6 dS m⁻¹ é a que apresenta maior rendimento para fitomassa fresca;

É possível o cultivo de palma forrageira em condições de campo irrigada com águas salinas, desde que seja realizado o manejo adequado.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. N. et al. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.
- DANTAS, F. D. G. Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção da palma Miúda adensada no semiárido. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba-RN.
- DIAS, D. S.; BLANCO, F.; SOUZA, E.R. de.; Ferreira, J. F. da S.; SOUZA NETO, O.N de.; QUEIROZ, I. S.R. de. Efeitos dos sais no solo e na planta e tolerância das culturas a salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S.; LACERDA, C. F. de.; FILHO, E.G. Manejo da Salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 1. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 11, p. 504.
- 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-20. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 1, p. 129 – 135, 2010.
- FONSECA, V. A. estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘gigante’, 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi-Bahia.
- GAVA, C. A. T.; LOPES, E. B. Produção de mudas de palma forrageira utilizando fragmentos de cladódios. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. Não paginado. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 101),2013.
- LACERDA, C. F. de.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. de.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para o uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da. S.; LACERDA, C. F. de.; GOMES FILHO, E. Manejo da Salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.21, p.504.
- LIMA, G. F. da. C.; WANDERLEY, A. de M.; GUEDES, F. X.; REGO, M. M. T. R.; F. D. G.; SILVA, J. G. M. da.; NOVAES, L. P.; AGUIAR, E.M. de. Palma Forrageira Irrigada e Adensada: uma Reserva Forrageira Estratégica para o Semiárido Potiguar.

- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Documento 45. Parnamirim, RN 2015.
- MOTTA, I. de S. *Calda Bordalesa: utilidades e preparo (Folders)*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2008.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*, Brasília: Embrapa SEA. p. 189-253, 1991.
- NUNES, J. da. S. L. *Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira no semiárido brasileiro*. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Serra Talhada-PE.
- REGO, M. M. T. do.; LIMA, G. F. da. C.; SILVA, J. G. M. da. S.; GUEDES, F.X.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R.N.B. *Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte*. *Revista Científica de Produção Animal*. v.16, n.2, p.118-130, 2014.
- RICHARDS, L. A. (ed). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- ROCHA, R. S. *Caracterização estrutural e produtividade de genótipos da palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte*. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.
- SILVA, L. M. da.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, E. N. M.; RANGEL, J. H. de. H.; MOREIRA, L.; BACKES, A. A. *Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014.
- SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. *Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira*. *Brazilian Journal of Animal Science*, v. 39, p. 2389-2397, 2010.
- SILVA, P.F. da.; MATOS, R.M. de.; LIMA, S.C.de.; BORGES, V. E.; NETO, J.D. *Produtividade de cultivares de palma forrageira em diferentes épocas de avaliação*. *Journal of Agronomic Sciences*, v.4, n.1, p.70-81, 2015.
- SILVA, T. G. F. da. S.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F. de.; DINIZ, W. J. da. S.; SOUZA, C. A. A. de.; SILVA, M. da. C. *Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas*. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, 2015.