



UFRPE

**CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA PALMA
FORRAGEIRA E DO ALGODÃO SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR**

JOSÉ FABIO FERREIRA DE OLIVEIRA

GARANHUNS – 2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGEM**

JOSÉ FÁBIO FERREIRA DE OLIVEIRA

**CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA
PALMA FORRAGEIRA E DO ALGODÃO SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, no programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: AIRON APARECIDO
SILVA DE MELO

Coorientadores:

Alberício Pereira de Andrade

André Rodrigues Magalhães

Mácio Farias de Moura

GARANHUNS –2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

O48c Oliveira, José Fábio Ferreira de
Crescimento e composição químico-bromatológica da
palma forrageira e do algodão sob irrigação suplementar /
José Fábio Ferreira de Oliveira. - 2019.
137 f. : il.

Orientador: Airon Aparecido Silva de Melo.

Coorientadores: Alberício Pereira de Andrade, André
Luiz Rodrigues Magalhães, Mácio Farias de Moura.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós
-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, BR -
PE, 2019.

Inclui referências.

1. Pastagens 2. Palma forrageira 3. Algodão 4. Nutrição
animal 5. Biomassa 6. Irrigação I. Melo, Airon Aparecido
Silva de, orient. II. Andrade, Alberício Pereira de, coorient.
III. Magalhães, André Luiz Rodrigues, coorient. IV. Moura,
Mácio Farias de, coorient. V. Título

CDD 633.2

CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA PALMA FORRAGEIRA E DO ALGODÃO SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

Autor: José Fabio Ferreira de Oliveira
Orientador - Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo

Data da defesa: 28/02/2019

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens
Área de Concentração: Produção Animal

COMISSÃO EXAMINADORA

Professor Dr. Airon Aparecido Silva de Melo - (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFPE/UAG

Pesquisador Dr. Francisco Abel Lemos Alves– Examinador
Instituto Agronômico de Pernambuco-IPA

Dr. Daniel Barros Cardoso– Examinador
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFPE/UAG

AGRADECIMENTOS

A Deus (ao Bom Jesus), pela graça da vida e pelas bênçãos que proporciona com sua presença em todos os momentos.

Aos meus pais, pelo apoio de sempre.

Ao orientador Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo, pelos ensinamentos, pela amizade, confiança e paciência.

À Suelen Cordeiro, pelo apoio e compreensão.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE/UAG, por todo aporte e acolhimento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagem- PPGCAP, na pessoa do professor André Rodrigues Magalhães, pelo compromisso, apoio e acolhimento.

A todos que integraram o grupo em algum momento, no decorrer dos trabalhos, contribuindo não só no desenvolvimento das atividades, mas também no desenvolvimento profissional e pessoal, Ana Lucia, Diana Valadares, Sanará Adrielle, Diana Rocha, Antonino Teixeira, Alex Souza, Alessandro Santos, Jorge Marcos, Júlio Cesar, Tafnes Bernardo, Marciano Tenório, Ronielton Coelho, Luciano, Willian Gabriel, Ana Clara, Raquel Lima, Steyce Neves, Alisson Herculano, Diego Cunha, Alexandre Dionizio, Luciana Costa, Elisson Macedo, Lucas Melo, Juliet Amanda, Jordânia Kelly, Daniel Bezerra, Raiane Thalita, Paulo Godoy, Vandson Felipe, Romulo Neto, Vanilson Pedro, Jades Vital, Leandro Pereira, Cleiton de Almeida, Alex Romualdo, Valdemar Alves, Ana Clara, Daniel Barros e aos demais que contribuíram diretamente ou indiretamente para o que tornasse possível o desenvolvimento das atividades.

Aos professores Mácio Farias de Moura, Albericio Pereira de Andrade, Edilma Pereira Gonsalves, Jeandson Silva Viana, Anthony Wellington Almeida Gomes, Anderson Santos, Hudson Cavalcante, Josabete Salgueiro de Carvalho, José Romualdo de Souza Lima, pelo empréstimo de equipamentos e/ou apoio sempre que solicitados.

A todos os professores do PPGCAP, pela disponibilidade, paciência e preocupação em nos oferecer a melhor forma de passar todo conhecimento possível, Dulciene Karla de Andrade, Alberício Pereira de Andrade, Álvaro José Bicudo, Omer Cavalcante, Walter Efraim, Ana Lucia Teodoro, Airon Aparecido Silva de Melo, José Carlos Batista Dubeux Junior.

Aos técnicos Wilkilane, Vanilson Pedro, Luan da Costa, Fernanda Cordeiro, Vagner Marques, Alcione Brás, Andrea Gama, pelo apoio técnico e de materiais.

Aos funcionários da Fazenda Escola, Gilson, Luiz, Esmeraldo, Luciano, Cleyton, José, Sônia, Paulo Sergio, Paulo, Gilvan, pelo grande apoio na manutenção e andamento do experimento e aos funcionários do laboratório, Renata, Claudio, Jair e Suzana, pelo apoio e auxílio quando necessário.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

RESUMO

A palma forrageira e o algodão arbóreo são culturas adaptadas às regiões Semiáridas, proporcionando aos pecuaristas uma fonte segura para alimentar seus animais. Embora tendo boa adaptabilidade a regiões com sérias restrições hídricas, é possível que tanto a palma forrageira, quanto o algodão arbóreo, alcancem maiores valores de biomassa, quando submetidos a situações de disponibilidade hídrica, inclusive, afetando sua qualidade químico-bromatológica. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e a composição químico-bromatológica da biomassa de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), e da parte aérea do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.r. marie-galante (Hutch)], sob irrigação suplementar. Os experimentos foram realizados no mesmo intervalo de tempo em áreas próximas, na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns-PE. A palma foi estabelecida com espaçamento de 1,80 m por 0,40 m, com densidade estimada de 13.889 plantas por hectare e o algodão com espaçamento de 1,20 m por 0,90 m, resultando em valor estimado de 9.259 plantas por hectare. O delineamento experimental foi em blocos casualizado com quatro repetições para ambas as culturas. A irrigação foi por gotejamento com um volume de 41,6 m³ha⁻¹ na palma e 62,5 m³ ha⁻¹ no algodão, nas frequências de 0, 21, 14 e 7 dias. Antes da colheita, foram mensurados o crescimento do algodão e da palma, e na colheita, foram determinadas a produtividade de matéria verde e seca, além das variáveis biométricas dos cladódios da palma. O algodão foi avaliado em época seca e chuvosa e a palma foi em um e dois cortes em 24 meses. Houve redução da produtividade da palma forrageira com o aumento das frequências de irrigação, independente de um ou dois cortes em 24 meses. Com relação ao algodão arbóreo, verificaram-se melhores respostas para a maioria das variáveis, com o incremento do volume de água, seja no período seco ou chuvoso. A irrigação suplementar exerceu influência apenas sobre a concentração de proteína bruta, degradabilidade e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palma forrageira e apresentou maior concentração de matéria seca e extrato etéreo em um corte aos 24 meses. Enquanto aumentaram as concentrações de carboidratos totais, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina digerida em ácido do algodão arbóreo. Logo, nas condições edafoclimáticas do Agreste Meridional de Pernambuco, a irrigação suplementar influencia negativamente e positivamente o crescimento e produtividade da palma forrageira e do algodão arbóreo, respectivamente.

Palavras-chave: água, alimentação animal, biomassa, nutrientes, produção.

ABSTRACT

Forage cactus and arboreal cotton are crops adapted to the semi-arid regions, providing livestock farmers with a safe source to feed their animals. Although it has good adaptability to regions with serious water restrictions, it is possible that both forage cactus and arboreal cotton reach higher values of biomass when subjected to water availability situations, even affecting their chemical-bromatological quality. The objective of this study was to evaluate the growth and chemical and bromatological composition of the forage cactus biomass of the cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) and the aerial part of the arboreal cotton (*Gossypium hirsutum* L.r marie gallante Hotch) under supplementary irrigation. The experiments were carried out in the same time interval in nearby areas, at the school farm of the Federal Rural University of Pernambuco, Garanhuns Academic Unit, Garanhuns-PE. The cactus was established with spacing of 1.80 m by 0.40 m, with estimated density of 13.889 plants per hectare and cotton spacing of 1.20 m by 0.90 m, resulting in an estimated value of 9.259 plants per hectare. The experimental design was completely randomized with four replicates for both cultures. The irrigation was by drip irrigation as a volume of 41.6 m³ha⁻¹ in the cactus and 62.5 m³ ha⁻¹ in the cotton, in the frequencies of 0,0, 21, 14 and 7 days. Before harvesting, the growth of cotton and cactus was measured, and the yields of fresh and dry matter in addition to the biometric variables of the cladodes of the forage cactus were determined. The cotton was evaluated in dry and rainy season and the palm was in one and two cuts in 24 months. There was a reduction in the productivity of forage cactus with the increase of irrigation frequencies, independently of one or two cuts in 24 months. Regarding arboreal cotton, better answers were found for most variables, with increased water volume, either in the dry or rainy period. Supplementary irrigation had only influence on the crude protein concentration, degradability and in vitro digestibility of the dry matter of the forage cactus and presented a higher concentration of dry matter and ether extract in a cut at 24 months. While concentrations of total carbohydrates, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and acid-digested lignin from arboreal cotton increased. Therefore, in the soil and climatic conditions of the Southern Agreste of Pernambuco, supplementary irrigation negatively and positively influences the growth and productivity of forage cactus and arboreal cotton, respectively.

Key words: water, animal feed, biomass, nutrients, production.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Acumulado diário de precipitação (P.) e médias de temperatura média (T. MED.), temperatura mínima (T. MIN) e temperatura máxima (T. MAX), em Garanhuns-PE, no período de 2016 a 2018. 56

Figura 2. Média diária de radiação (R) e Umidade média (UM. MEDIA), umidade máxima (UM. MÁXIMA) e umidade mínima (UM. MINIMA), em Garanhuns-PE, no período de 2016 a 2018 57

Figura 3. Delineamento experimental 60

Capítulo 3

FIGURA 1. Acumulado de precipitação pluvial (P) e média de temperatura média (T.MED.) Máxima (T. MAX) e mínima (T. min), no período seco e chuvoso para os anos de 2017 e 2018 92

FIGURA 2. Delineamento da área experimental 95

Capítulo 4

Figure 1. Produção cumulativa de gás de palma forrageira com um (A) e dois (B) cortes em 24 meses, em diferentes frequências de irrigação 122

Figure 2. Produções cumulativa de gás da biomassa de algodão arbóreo em diferentes frequências de irrigação 126

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Médias mensais de precipitação pluvial dos anos de 2016/17 e 2017/18	57
Tabela 2. Composição química da água utilizada na irrigação do experimento	58
Tabela 3. Análise química e fertilidade do solo da área do experimento.....	59
Tabela 4. Comprimento de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.) cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	62
Tabela 5. Largura de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	62
Tabela 6. Espessura de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA - 200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	63
Tabela 7. Perímetro de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA 2000-16 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	64
Tabela 8. Área de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA 2000-16 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	65
Tabela 9. Índice de área de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	67
Tabela 10. Peso de matéria verde de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	68
Tabela 11. Número de cladódios da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA 2000-16 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	70
Tabela 12. Altura e largura da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes	74
Tabela 13. Produtividade e eficiência do uso da água da palma forrageira (<i>Opuntia stricta</i> Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes.....	75

Capítulo 3

Tabela 1. Médias mensais de precipitação pluvial dos anos de 2016/17, 2017/18 e 2018/2019, da área experimental.....	93
---	----

Tabela 2. Composição química da água utilizada na irrigação do experimento	93
Tabela 3. Análise química e fertilidade do solo da área experimental	94
Tabela 4. Parâmetros fisiológicos da folha do algodoeiro arbóreo [<i>Gossypium hirsutum</i> L.var. marie-galante (Hutch)], em frequências de irrigação e períodos de (Seco e chuvoso)	97
Tabela 5. Parâmetros morfológicos do algodoeiro arbóreo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.r. marie-galante Hutch), em frequências de irrigação e períodos de crescimento (Seco e chuvoso)...	100
Tabela 6. Parâmetro produtivos do algodoeiro arbóreo [<i>Gossypium hirsutum</i> L.var. marie-galante (Hutch)], em frequências de irrigação e períodos de crescimento (seca ou chuvoso)	103

Capítulo 4

Tabela 1. Característica químico bromatológica da biomassa de palma forrageira em diferentes frequências de irrigação e um e dois cortes em 24 eses.....	121
Tabela 2. Composição química bromatológica da biomassa do algodão arbóreo [<i>Gossypium hirsutum</i> L.var. marie-galante (Hutch)] em diferentes frequências de irrigação.....	124

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS.....	10
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 PALMA.....	16
2.2 ALGODÃO	19
2.3 USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA	21
2.4.1 Subproduto como fonte de fibra.....	30
2.4.2 Silagem.....	31
2.4.3 Fenos	33
2.4.4 Fibras não Forragem.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
3.1 OBJETIVO GERAL	50
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	50
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR E FREQUÊNCIA DE CORTE	51
4.1 RESUMO	52
4.2 ABSTRACT	53
4.3 INTRODUÇÃO	54
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	56
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.6 CONCLUSÃO	79
4.7 REFERÊNCIAS	79
CULTIVO E RENDIMENTO FORRAGEIRO DO ALGODÃO ARBÓREO SOB IRRIGAÇÃO SULEMENTAR.....	86
5.1 RESUMO	87
5.2 ABSTRACT	88
5.3 INTRODUÇÃO	89
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	91
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
5.6 CONCLUSÃO	106
5.7 REFERÊNCIAS	107
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO BROMATOLÓGICA DA BIOMASSA DE ALGODÃO ARBÓREO E PALMA FORRAGEIRA	112

6.1 RESUMO	113
6.2 ABSTRACT	114
6.3 INTRODUÇÃO	115
6.4 MATERIAL E MÉTODOS	118
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
6.6 CONCLUSÃO	128
6.7 REFERÊNCIAS	129

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro, caracterizado pelo clima seco, de elevada evapotranspiração, estende-se por 1,03 milhão de km² (12% da área do país) e atualmente congrega uma população de 25 milhões de pessoas (12% da população brasileira) (BRASIL, 2017). Tem na produção agropecuária a principal fonte de renda e alimentação das populações dessa região. Devido as suas características edafoclimáticas, como solos novos e período longo de estiagem, são imprescindíveis espécies de animais e plantas que sejam eficientes no uso da água, todavia, apresenta flutuações acentuadas na disponibilidade de forragem ao longo do ano (ANDRADE et al., 2000).

Neste aspecto, os pequenos ruminantes, especialmente os ovinos e caprinos, são partes importantes da vida socioeconômica de regiões Semiáridas, pela sua ampla capacidade de adaptação às condições ambientais e boa eficiência no uso da água (ARAÚJO et al., 2010).

As cactáceas, especificamente a palma forrageira, tornam-se uma das culturas mais proeminentes para o século XXI, estimando-se que o Brasil tenha 500.000 a 600.000 ha cultivados com esta forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* (DUBEUX Jr., 2016).

O cultivo da palma forrageira em regiões áridas e semiáridas deve-se ao fato de esta planta possuir características de desenvolvimento em condições edafoclimáticas em que culturas tradicionalmente cultivadas em outras regiões não conseguem bom desenvolvimento. Isto se deve à modificação fisiológica, como a abertura dos estômatos essencialmente à noite, quando a temperatura do ambiente se apresenta reduzida, diminuindo as perdas de água por evapotranspiração (ALMEIDA, 2012).

A palma forrageira é uma alternativa importante e de fundamental estratégia de alimento para ruminantes, sendo considerada um alimento de alto valor energético, rico em carboidratos, principalmente não fibrosos (AGUILAR et al., 2015). Embora possa ser uma excelente fonte de carboidratos não fibrosos, apresenta baixos teores de matéria seca e fibras, o que limita a sua inclusão em dietas de ruminantes. Além disso, também apresenta baixo teor de proteína bruta (PB), comumente, entre 4 a 5% da matéria seca, o que exige a maior inclusão de ingredientes proteicos nas formulações para os bovinos (MARQUES et al., 2017). Logo, a palma apresenta potencial para utilização na alimentação de bovinos de alta

produção, desde que inclua de maneira adequada em dietas balanceadas (MARQUES et al., 2017).

Comprometendo o uso exclusivo pelos animais, por apresentar além das limitações quanto ao valor proteico, baixo nível de fibra em detergente neutro, que não atende a todas as exigências nutricionais do rebanho, sendo necessário realizar a correção da proteína com a utilização de uma fonte proteica como a ureia e associar a uma fonte de fibra que apresente efetividade (SOARES, 2017). Desta forma, torna-se possível a associação da palma com alimentos de baixo custo, ocasionando redução dos custos e permitindo obter produção em níveis próximos aos dos alimentos convencionais (LISBOA et al., 2014).

Alternativas de fibras associadas à palma forrageira devem apresentar características que proporcionem um bom desempenho ruminal. Entre as possibilidades cultivadas no Semiárido, encontram-se as silagens, de milho, sorgo e as diversas variedades de capim e os fenos de plantas alternativas, principalmente as leguminosas, como os fenos de *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Crotalaria ternatea* (Cunhã), *Stylosanthes humilis* (erva-de-ovelha) e *Cajanus cajan* (Feijão guandu) ou ainda as silagens de *Cenchrus ciliaris* (Capim Buffel), *Cynodon dactylon* (Capim Gramão), *Andropogon gayanus* (Capim Andropogon) (PEREIRA FILHO et al., 2013).

Além dessas, existem outras plantas de confirmada adaptabilidade às características edafoclimáticas da região Semiárida, como o algodão arbóreo (*Gossypium hirsutum* L.r. *marie galante* Hutch), que apresenta potencial para utilização como forragem para ruminantes, pois, além da conhecida produção de plumas, sementes e os subprodutos, produz considerável volume de biomassa na parte aérea, com capacidade para a utilização na alimentação animal. Função exercida nos anos de secas intensas, quando, após a colheita das plumas, era responsabilizada para alimentação do rebanho (BELTRÃO et al., 2010), demonstrando assim potencial para ser explorado o seu uso como forrageira.

O que permite ser explorado como uma opção de forragem complementar à palma forrageira devido à sua adaptação às condições edafoclimáticas, garantindo a produção de fitomassa com um potencial para fornecer nutrientes oriundos das folhas e ramos, e assim oferecer uma nova ótica para seu cultivo, além da que um dia foi explorada (produção de fibras para indústria têxtil).

Todavia são fundamentais pesquisas com o objetivo de avaliar a produção de fitomassa, conhecer respostas agronômicas em sistemas de cultivos como, por exemplo, frequência de corte e utilização de irrigação suplementar, ocorrendo o mesmo para os compostos nutritivos presentes na fitomassa tornando-se vitais pesquisas para que as culturas

da palma forrageira e do algodão arbóreo possam ser cultivadas de forma eficiente com o intuito da alimentação animal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PALMA

Os primeiros registros da utilização de cactos (*Opuntia*) pelo homem são no México, na época pré-hispânica, onde desempenhou um papel importante na economia agrícola do império asteca; com milho (*Zea mays*) e agave (*Agave* spp.). Fazendo parte atualmente da paisagem natural e dos sistemas agrícolas de muitas regiões do mundo (STEPHEN e ARIAS, 2002).

Em especial nas regiões áridas e semiáridas, caracterizadas pelas recorrentes épocas de irregulares e/ou ausência de precipitação pluvial, solos novos sujeitos à erosão, e geralmente baixa produção de biomassa da vegetação nativa. Neste aspecto os cactos (*Opuntias*) contribuem de forma significativa, servindo como culturas que salvam vidas para humanos e animais (REYNOLDS e ARIAS, 2002), é uma opção viável para aumentar a sustentabilidade do Semiárido, elevando a renda dos pequenos agricultores, reduzindo o desmatamento da vegetação nativa e controlando a erosão do solo (LIRA et al., 2009).

No cenário mundial, o Brasil e a Tunísia destacam-se na produção de cactos (*Opuntias*), com uma área estimada de 600 mil ha cultivados, seguidos pelo México, com 230 mil ha e Marrocos, com 150 mil ha (KAUTHALE et al., 2017). O Brasil possui o maior sistema de cultivo da América do Sul, e tem o mais alto nível de produção e tecnologia em produção intensiva, conseguindo a palma forrageira o mais alto nível de produção em massa fresca e seca do mundo (DUBEUX Jr et al., 2017).

O estímulo para o cultivo desta cactácea no Semiárido brasileiro deve-se a aspectos como: o valioso recurso forrageiro, a elevada biomassa produzida por unidade de área, o menor risco devido às incertezas climáticas (DUBEUX Jr et al., 2015), pois esta pode apresentar altas produtividades, caso seu cultivo seja manejada corretamente, com sistema de plantio adequado, práticas culturais, intensidade e frequência de colheita que levam em consideração a capacidade fotossintética da cultura, garantindo a alimentação animal (OLIVEIRA et al., 2010; SÁ et al., 2018).

Neste sentido, ao cultivar a variedade miúda nas densidades de 10.000 a 80.000 plantas ha⁻¹ foram obtidas produções de 8,5 a 44,7 t ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente, (SILVA

et al., 2014). No que tange a outros aspectos, como intervalo e intensidade de corte ocorre maior produtividade para a Orelha de Elefante Mexicana, aos 16 meses após o plantio. A produção de matéria verde e teor da matéria seca foram influenciados pela adubação potássica e nitrogenada, e a aplicação da cobertura morta promoveu melhores valores da altura e largura da planta, biomassa seca e biomassa fresca (FARIAS et al., 2000; DUBEUX Jr et al., 2006; DUBEUX Jr et al., 2010; QUEIROZ et al., 2014b; ROCHA et al., 2017).

A máxima produtividade é alcançada com a interação de uma infinidade de fatores que podem ser relacionados ao clima, solo, atmosfera e podem ser bióticos ou abióticos, mas que proporcionam ambiente adequado para que haja o máximo desenvolvimento da planta, não havendo fator limitante. Conforme o equilíbrio dos níveis combinados de nitrogênio e fósforo, as taxas de produção de biomassa e a eficiência do uso da chuva são otimizadas (LOPES et al., 2018).

É certo que a palma forrageira ganha cada dia mais relevância, nos seus aspectos produtivos, havendo cada vez mais investimento e conseguindo-se cada vez maiores produtividades, sendo considerada não apenas como alternativa, mas fazendo parte das estratégias dos sistemas de produção de forragem para alimentação animal em regiões áridas e semiáridas. Assim, investimentos em técnicas e tecnologias para atender às necessidades das culturas, como, por exemplo a produção sob irrigação, são vitais no alcance da máxima produtividade, pois, em regiões semiáridas, muitas vezes são necessários eventos de irrigação nos sistemas de produção para que possa atender à quantidade de água requerida pela cultura, alcançando alta produtividade (SÁ et al., 2018).

A importância da palma forrageira no semiárido brasileiro está fundamentalmente ligada à produção animal, demonstrando-se como uma boa alternativa de alimento para os ruminantes nos períodos de estiagem (OLIVEIRA et al., 2011; GALVÃO JÚNIOR et al., 2014), pois é um alimento que contém um valor energético como matéria-prima próximo ao grão de milho. É também uma importante fonte de água para o rebanho e contém alta concentração de carboidratos não-fibrosos (DUBEUX Jr et al., 2015). Assim, nos estudos sobre diferentes níveis de palma forrageira na dieta de ovinos em substituição ao capim-elefante, foi observado que a substituição do feno de capim-elefante por palma forrageira na dieta melhora a ingestão e o aproveitamento dos nutrientes (BISPO et al., 2007).

Além dos aspectos produtivos e conteúdo nutricional presentes na palma forrageira, o sistema produtivo com essa cultura oferece flexibilidades de otimização do processo, visto que o armazenamento pós colheita da variedade OEM, por até 21 dias, mantém constante a composição química, consumo de nutrientes, digestibilidade e comportamento ingestivo de

novilhas leiteiras (SILVA, 2016) e a associação da palma com alimentos de baixo custo, ocasiona redução dos custos de produção, permitindo obter produção em níveis próximos aos dos alimentos convencionais (LISBOA et al., 2014).

Variedades como a OEM, substituí 100% a variedade miúda em dietas com 48% de palma forrageira, para vacas mestiças em lactação. Com rendimento de 12,5 kg d⁻¹ de leite, a OEM é uma opção viável para a produção de leite em pequenos sistemas pecuários em regiões semiáridas (SILVA et al., 2018) Genótipos de cactos resistentes à cochonilha-do-carmim apresentaram características nutricionais semelhantes ou melhores que os genótipos de cactos tradicionalmente utilizados, como o Gigante e o IPA 20, que podem ampliar o leque de opções para o uso desta forrageira (SANTOS et al., 2018).

Para melhorar o potencial da palma forrageira, nos sistemas de produção do Semiárido, é importante não só o aprimoramento do seu cultivo, levando-se em conta a busca por melhores condições edafoclimáticas. Deve-se também considerar suas potencialidades e limitações nutricionais, a fim de tirar o máximo proveito do seu uso pelos rebanhos (CANDIDO et al., 2013), constituindo-se uma opção viável para aumentar a sustentabilidade do Semiárido, elevando-se a renda dos pequenos agricultores, reduzindo-se a pressão sobre a vegetação nativa e controlando-se a erosão do solo (LIRA et al., 2009).

Assim, a cultura da palma forrageira contribui de forma relevante para o crescimento da pecuária nas regiões áridas e semiáridas, apresentando potencial para maiores produções, pois com pequenos ajustes no manejo produtivo da cultura, consegue-se elevar a produção de biomassa, neste aspecto, os sistemas de produção desta cactácea apresentam um vasto campo de pesquisa para ser explorado visando maiores produtividades.

As taxas de produção de biomassa e eficiência de uso da chuva na palma forrageira são otimizadas com a adubação balanceada de doses combinadas de nitrogênio e fósforo. A combinação de nitrogênio e fósforo para eficiência biológica máxima da produção de biomassa e eficiência do uso da chuva em palma forrageira varia de acordo com o manejo da colheita e a região de cultivo (LOPES et al., 2018).

Estudos com a utilização de sistemas de irrigação visam elevar a produtividade da palma forrageira, observando-se êxito em trabalhos desenvolvidos no município de Serra Talhada-PE, ao analisar eventos de irrigação, sendo observado um bom desempenho produtivo, principalmente a comercialização do clone orelha de elefante e a miúda para a venda dos cladódios destinados à propagação (HENRIQUES, 2016). Em Pedro Avelino-RN, as lâminas de irrigação tiveram influência significativa ($p < 0,05$), proporcionando maior produtividade da palma forrageira da variedade miúda (DANTAS, 2015)

2.2 ALGODÃO

A produção brasileira de algodão ocupa uma área atualmente de 1.174,7 mil hectares, cultivados predominantemente na região Centro-Oeste, ou seja, da área total, 841,2 mil hectares estão no Centro-Oeste (CONAB, 2018), no entanto, a região Nordeste, tradicionalmente grande produtora da cotonicultura, em 1976, quando ocupava a maior área de cultivo do país, dos 4.095,9 mil hectares, 3.247,7 mil hectares eram cultivados na região Nordeste, ocorrendo a produção em praticamente todo o território nordestino (CONAB, 2018).

Atualmente a região Nordeste ainda é destaque na produção de algodão, configurando-se como segunda maior produtora do país, com expectativa de incremento da área plantada, chegando a 359,2 mil hectares para a safra 2018/2019, todavia, as áreas de cultivo nesta região restringem-se à zona de fronteira com o cerrado (CONAB, 2018), onde, a despeito do elevado custo de produção, o cultivo é realizado com alto aporte tecnológico e com o emprego de cultivares modernas, que apresentam elevado rendimento de fibra (CONAB, 2018).

O algodão contemporâneo cultivado é uma variedade melhorada do *Gossypium hirsutum* L., pertencente à raça *Latifolium*, dependente de insumos e de um aporte tecnológico de elevado valor aquisitivo, conforme às áreas irrigadas com pivô, pois a irrigação é fundamental para garantir a máxima uniformidade de distribuição da água, durante o desenvolvimento da cultura, culminando em maiores produtividades, nos cultivos de algodão irrigados (BATISTA et al., 2010), elevando-se as características morfológicas com o aumento de lâminas de água aplicadas, como diâmetro do caule e a altura de planta, que são influenciados pelas lâminas de água aplicadas, obtendo valores crescentes na medida em que aumenta a lâmina de água aplicada (ARAÚJO et al., 2013).

Segundo Amaral et al. (2004), as condições climáticas adequadas para o desenvolvimento do algodão arbóreo (perene), são: Temperatura média do ar variando entre 25 e 30°C, com máxima entre 30 e 35°C e mínima entre 20 e 25°C, umidade relativa média do ar entre 55 e 75%, insolação (número de horas de brilho solar) superior a 2700 horas, altitude entre 140 e 350m, precipitação pluvial entre 450 e 700mm, concentração da precipitação no trimestre mais chuvoso entre 65 e 75% do total anual, evapotranspiração entre 5,0 e 8,0 mm/dia, não ocorrência de orvalho, inexistência de excesso hídrico e deficiência hídrica em 8 meses do ano.

O uso da irrigação pode incorporar ao sistema produtivo áreas cujo potencial é limitado, em função de seus regimes hídricos, pois, a operação ótima dos sistemas de irrigação, baseada nas estratégias de otimização econômica para maximização da receita líquida, proporciona níveis adequados de eficiência de aplicação, eficiência de armazenamento e área adequadamente irrigada (PAZ et al., 2002), entretanto, na região Nordeste é fundamental culturas que sejam eficientes no uso da água, que possam obter seu máximo crescimento com mínimos de água disponível, motivo pelo qual garantiu a expansão e cultivo por muito tempo de um tipo de algodão conhecido como algodão arbóreo ou algodão Mocó [*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante (Hutch)], seu sucesso foi principalmente devido as suas características da cultura, perene, resistente e adaptado à seca e aos solos da região Nordeste (SILVA et al., 1982).

Todavia, à medida que o complexo do algodão se consolida no Centro-Sul do país, com o cultivo de variedades de alta produção de plumas, além do aparecimento da praga do bicudo, que praticamente erradicou o cultivo do algodão na região Nordeste, e a baixa produtividade de plumas do algodão mocó, faz com que a importância do Nordeste entre em declínio como principal área produtora da cotonicultura (CRUZ et al., 2012).

No Nordeste, o algodão sempre foi produzido de acordo com uma estrutura secular, onde a criação de bovinos se constitui na atividade principal para o grande produtor, sendo o algodão atividade complementar para este e atividade geradora de renda para o pequeno produtor a quem, na verdade, cabe o seu cultivo (SANTOS e BARROS, 1997), o algodão *Gossypium hirsutum* L.r. marie-galante Hutch (algodão arbóreo) foi de ocorrência comum em grande parte desta região, onde foi amplamente cultivada até meados da década de 1980 (VIDAL NETO et al., 2007), e ainda hoje, apesar de não ser cultivado em escala comercial, é encontrado nas propriedades da região, conhecida como planta de quintal (MENEZES et al., 2015).

A planta de algodoeiro é muito conhecida pelos produtos que fornece ao usufruto do homem, como a plúmula e o caroço do algodão do qual é extraído o óleo de alto valor nutricional e o resíduo (Farelo) de característica semelhante. Este é bastante fornecido aos animais como concentrado, sendo um alimento fonte de muitos nutrientes extremamente importantes ao ser fornecido aos animais (MOREIRA et al., 2006).

Dentre os principais produtos no Nordeste, destacaram-se por muitos anos o trinômio algodão + milho + feijão, e a colocação do gado bovino, depois da colheita do algodão, assumindo esta malvácea, várias conotações, desde ser a cultura principal, produtora de uma das melhores fibras do mundo, em anos bons de chuvas, até ser meramente uma forrageira

nos anos de secas intensas, servindo para a alimentação do rebanho (BELTRÃO et al., 2010), demonstrando-se mais um potencial do algodão a ser explorado: o seu uso como forrageira.

Neste aspecto a pecuária bovina, ao mesmo tempo, viabilizada pelo cultivo do algodoeiro que, colhido no período mais seco do ano, tem sua “rama” utilizada como alimento para o gado, que é posto a pastejar por dois ou três meses na área em que foi cultivado o algodoeiro (MOREIRA et al., 1989), e assim, disponibiliza uma fonte de alimento para os rebanhos, quando é escassa a disponibilidade de forragens. A área explorada, além do algodão, agrega à receita, resultando na exploração bovina/caprina/ovina (EMBRAPA, 1975).

A pecuária, em conjunto com a cotonicultura, associada à prática da poda, constituía um sistema de produção eficiente, e importante na geração de renda para os produtores da região Nordeste, pois a poda em algodoeiro perene (arbóreo) é de uso consagrado no Semiárido do Nordeste (AZEVEDO et al., 1980), sendo realizada no período de repouso fisiológico da planta, o que deve ocorrer após a última colheita, depois da retirada do gado (BELTRÃO, 1995), assegurando-se, na planta de algodão, fonte de alimento para o rebanho, através de seus ramos e folhas, assegurando alimento aos animais, pois o algodoeiro responde muito bem à poda drástica na fase de floração (BELTRÃO, 1995).

A poda do algodoeiro foi importante para continuação de um novo ciclo da cotonicultura, com o objetivo de proporcionar condições fitossanitária e fisiológica para o bom desenvolvimento da planta (AZEVEDO et al., 1980), pode ser uma ação para disponibilizar alimentos para os rebanhos, podendo ser armazenados na forma de silagem ou fenos para uso posterior na alimentação animal, ação recomendada anteriormente com a finalidade de eliminação de restos culturais, evitando o desenvolvimento de pragas da cultura (AZEVEDO et al., 1980), e otimizando a produção agropecuária do Semiárido.

2.3 USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA

A demanda hídrica torna-se cada vez maior para a agricultura, agravando-se nas regiões áridas e semiáridas, onde ocorrem conflitos, devido à utilização da água para diversos fins, abastecimento público, urbano ou rural (consumo humano), indústria, dessedentação animal, geração hidrelétrica, navegação, lazer, dentre outros usos (ANA, 2017). A agricultura responde por 70% do total de retiradas globais de água doce no mundo, configurando-se o maior usuário (FAO, 2015).

O elevado uso da água para as atividades humanas em combinação com a variabilidade hidrológica, leva a sérios riscos de escassez, sendo este risco intensificado em regiões semiáridas, como no Sul da África e o Norte da China, todavia, riscos expressivos de escassez sazonal podem ser vistos em todos os países, inclusive no Brasil (UNESCO, 2017). As mudanças climáticas influenciarão a produção de alimentos através de mudanças nas condições agroecológicas. Temperaturas mais elevadas, padrões de precipitação variáveis, perda de terras aráveis para o aumento do nível do mar, secas e inundações mais frequentes afetarão os rendimentos (FAO, 2017).

As atividades econômicas da agropecuária estão ligadas diretamente ao consumo de água para a sua realização, todavia, questões relacionadas à distribuição, qualidade, quantidade ou até mesmo ao acesso, implicam, a disponibilidade para produção agropecuária. Estima-se que o Brasil possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. Mas a distribuição natural desse recurso não é equilibrada, com a região Norte, concentrando aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, e representando apenas 5% da população brasileira. Já as regiões próximas ao Oceano Atlântico têm mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2017).

A região Nordeste do Brasil (Semiárido) apresenta o cenário de maior preocupação com o déficit hídrico, é um condicionante fundamental das estratégias agrícolas do Semiárido, requerendo o estabelecimento de regras especiais e limitações de uso (ANA, 2016), fazendo dos elementos climáticos inter e intranual, nas regiões Áridas e Semiáridas, um desafio constante na produção de forragem para agricultores e pecuaristas na busca por segurança alimentar (DUBEUX Jr et al., 2010).

Neste contexto, é vital levar em consideração tecnologias que maximizem a produção agropecuária, minimizando o uso de água, como a adoção de sistemas de irrigação de alta eficiência, seguindo padrões de qualidade, além de práticas de cultivo sustentáveis, e que garantam o acesso e a reposição das fontes hídricas com qualidade (MAIMONE e HARDER, 2014).

Existem diversas alternativas para melhorar a eficiência do uso da água em nível de propriedade agrícola. Para serem utilizadas, essas alternativas deverão ser de baixo custo e de fácil adesão, o que exige conhecimento e gestão adequada (FAGGION et al., 2009), tecnologias como a utilização de sistemas de medição, informação e controle, programação da irrigação, aperfeiçoamento das técnicas de irrigação, adequação da gestão da rega de acordo com o clima, manejo do solo e das espécies cultivadas (FAGGION et al., 2009).

É vital a utilização de técnicas e tecnologias disponíveis para serem usados no Semiárido Brasileiro, tendo em vista, a diversidade edafoclimáticas presente. Pois, no zoneamento agroclimático da região, são observados, em pequenas distâncias, locais totalmente aptos para o bom desenvolvimento das culturas e outros totalmente inaptos, conforme visto com a palma forrageira para o estado de Pernambuco, em que 52% do estado apresenta condições ideais ao cultivo da palma forrageira. No entanto, entre 4 e 44% das áreas apresentam características climáticas inadequadas e restritas, respectivamente, sendo, estas restrições relacionadas à temperatura ou ao padrão da precipitação pluvial (MOURA et al., 2011).

Na produção agropecuária do Semiárido são imprescindíveis espécies de animais e plantas que sejam eficientes no uso da água. Neste aspecto os pequenos ruminantes, especialmente os ovinos e caprinos, são partes importantes da vida econômica e social de muitas nações, pela sua ampla capacidade de adaptação às condições adversas do ambiente e boa eficiência no uso da água, podendo ser uma das boas alternativas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, gerando divisas e melhoria das condições de vida em muitas regiões do mundo (ARAÚJO et al., 2010).

Para as culturas a necessidade hídrica e a disponibilidade de água, são fundamentais a serem considerados, pois, culturas que exigem uma menor quantidade de água para produção de biomassa, são as que o produtor mais tem sucesso no cultivo, principalmente no Semiárido, onde os custos com irrigação são extremamente elevados, devido a alguns fatores, como as longas distâncias e a elevada radiação solar, que implica uma maior evapotranspiração (SILVA et al., 2014). Contudo, culturas com baixa evapotranspiração, e elevada eficiência no uso de água, como, por exemplo, as cactáceas, são as que melhor se adequam as condições do Semiárido.

Plantas adaptadas à essas condições são fundamentais para o desenvolvimento agrícola da região. Culturas com o algodão, que foi amplamente cultivado, na região Nordeste, e os cactos, em especial as variedades de palma forrageira pertencentes aos gêneros, *Opuntia* spp. e *Nopalea* spp., fazem parte da paisagem natural e dos sistemas agrícolas de muitas regiões do mundo. À medida em que desempenham um papel estratégico no desenvolvimento agrícola e econômico, particularmente em áreas desfavorecidas conforme as regiões Áridas e Semiáridas contribuem para a segurança alimentar das populações em áreas economicamente marginalizadas, minimizando os efeitos da seca e combater a desertificação (NEFZAOU et al., 2014).

O algodão, ao possuir adaptações, como gemas latentes, sistema radicular capaz de extrair água das camadas mais profundas e folhas caducas, garantiu a sobrevivência da planta de algodão, mesmo nos anos de seca de maior magnitude (MOREIRA et al., 1989), o algodoeiro arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. var. *marie-galante* (Hutch)] associado à pecuária tornou possível a ocupação, da zona mais secas do Brasil sem grandes problemas (MOREIRA et al., 1989).

Cultura perene, cultivada no Semiárido do Brasil, o algodão teve sua importância econômica relacionada à tolerância à seca e possibilidade de cultivo das plantas por quatro a seis anos, em média, bem como uso de suas folhas para alimentar o gado (MENEZES et al., 2017).

Já as cactáceas, sejam as nativas do Semiárido brasileiro, constituem exemplos fiéis de eficiência do uso da água, sejam as endêmicas, que resistem a longos períodos de ausência de precipitação pluvial, porém, apresentam produção de biomassa reduzida, produzidas sem custo, mas a pouca disponibilidade de fitomassa, a eliminação dos espinhos e principalmente quando coletadas dentro da caatinga, oneram o seu uso, e por isto, só são usadas nas secas prolongadas (ARAÚJO et al., 2006).

As cactáceas introduzidas conforme a palma forrageira, que apresenta alta eficiência do uso de água devido à característica fisiológica (metabolismo ácido das crassuláceas-MAC), utilizam de 100 a 200 kg de água para produzir 1 kg de matéria seca (SILVA e SAMPAIO, 2015), ainda, outros registros indicam que, pela característica de abertura dos estômatos a noite, necessitam apenas de 50 a 100 kg de água para 1 kg de matéria seca; contra 300 a 500 kg das culturas C₄; e 700 a 1000 kg das C₃, sendo plantas altamente adaptadas ao Semiárido, produzindo altas quantidades de biomassa, em comparação à maioria das plantas cultivadas (SAMPALIO, 2011).

Outras características morfofisiológicas especiais que tornam a palma forrageira uma opção interessante para zonas áridas e semiáridas estão ligadas à cutícula impermeável, e ao menor número de estômatos (ROCHA, 2012). Ao tentar compreender a relação de características morfológicas e da evapotranspiração real de clones de palma forrageira IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, no município de Serra Talhada-PE, com sua capacidade produtiva em diferentes regimes hídricos, verificou-se que a produtividade esteve mais associada às peculiaridades dos seus clones do que aos diferentes suprimentos de água no solo ou à evapotranspiração real da cultura (BARBOSA et al., 2017), pois as lâminas de água aplicadas 0; 8,75; 17,5; 26,35 e 35% da evapotranspiração de referência,

não promoveram alterações significativas no crescimento e na produtividade da palma forrageira (QUEIROZ, 2014a).

Os clones de palma forrageira apresentam eficiência de uso de água semelhantes, destacando-se alguns, dependendo das condições edafoclimáticas de cultivo. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira demonstraram que em condições de sequeiro, no Semiárido brasileiro, os clones Orelha de Elefante Mexicana e a IPA-Sertânia foram os clones que se destacaram em termos de eficiência do uso da água, considerando a produção de massa fresca. Em termos de massa seca, os clones apresentam a mesma eficiência de uso da água, tanto em termos de água precipitada quanto evapotranspiração (SILVA et al., 2014).

No Agreste pernambucano, quando avaliado o desenvolvimento vegetativo da palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw), sob diferentes frequências de irrigação (0; 7; 14), no período de 21 dias e com uma lâmina de 7,5 mm foi observado que as frequências de irrigação não promoveram resultados significativos (OLIVEIRA et al., 2017). Aproximadamente, metade do território pernambucano apresenta temperatura, amplitude térmica e umidade adequada ao cultivo da palma forrageira, abrangendo as regiões do Agreste e parte do Sertão do Estado (MOURA et al., 2011).

Os índices de resposta hídrica da cultura, assim como o índice de cobertura do solo e índice de volume de produção, tenderam a um decréscimo com o aumento da lâmina aplicada (QUEIROZ et al., 2015), provavelmente o excesso hídrico não seja favorável à produtividade da palma forrageira. O aumento da disponibilidade de água no sistema de produção, por meio do uso de irrigação por gotejamento, também não modificou o crescimento, desempenho produtivo e a eficiência do uso de água da palma forrageira, cv. Miúda (CRUZ NETO et al., 2017).

Assim, as cactáceas especialmente a palma forrageiras são potencialmente plantas de cultivo em expansão nas regiões Semiáridas, pois, além de serem altamente eficientes no uso de água para produção de biomassa, armazenam em suas estruturas quantidades significativas de água, o que talvez não se limite ao desenvolvimento apenas quando possui água disponível das chuvas. Ao realizar a aplicação do método do balanço hídrico do solo, no cultivo de espécies de cactos deve-se acompanhá-la da estimativa da água retida pela planta. Os clones do gênero *Opuntia* mostraram menor acúmulo de água nos cladódios, em comparação com os clones do gênero *Nopalea* (MORAES et al., 2017).

A eficiência no uso da água ou valor médio da produtividade econômica da água indica que o produtor, ao suplementar a necessidade hídrica da palma forrageira, quando

necessário, terá um bom retorno econômico para cada m³ de água fornecida por precipitação mais irrigação e evapotranspiração (ET) pela cultura (QUEIROZ, 2014). Assim, em uma região em que a disponibilidade de água em quantidade e qualidade, possui uma elevada intermitência, a palma forrageira configura-se, com elevado potencial para suprir parte da demanda hídrica requerida pelos animais. A utilização de dietas com palma forrageira tem influência na ingestão de água pelos ovinos, reduzindo a necessidade do fornecimento para os animais, o que deve ser considerado como uma excelente estratégia alimentar onde esse nutriente torna-se limitado (PEREIRA NETO et al., 2016).

A restrição total de água potável em ovinos alimentados com palma forrageira não afeta o ganho de peso corporal. Portanto, os cactos forrageiros podem ser usados como suplemento alimentar e fonte de água (CORDOVA-TORRES et al., 2017), pois a palma forrageira apresenta-se como uma fonte de água de elevada qualidade.

Os diferentes contextos climáticos em que o Semiárido está inserido, resultam em especificidades de cada sub-região, com respostas diferentes ao manejo da irrigação nas culturas, podendo ser das mais expressivas até as que não influenciam nos resultados. Em geral, no que se refere à irrigação, pode-se destacar: aumento da produtividade da ordem de 2 a 3 vezes em relação à agricultura de sequeiro (ANA, 2017).

Em algumas sub-regiões do Semiárido, o uso de sistemas de irrigação configura uma potencialidade para o desenvolvimento das plantas cultivadas, até mesmo aquelas que apresentam alta adaptabilidade e resistência conforme a palma forrageira. Em trabalho realizado com lâminas de água salina, no Rio Grande do Norte (coordenadas: latitude, 5° 31' 21" e longitude, 36° 23' 14"), as médias de temperatura foram de máxima 32 °C e mínima de 22 °C, em que as maiores lâminas de irrigação tiveram influência significativa sobre a maioria das variáveis, produzindo altura e volume de plantas superiores, cladódios maiores e mais espessos e elevada produtividade de matéria verde e seca (DANTAS, 2015).

Em trabalho desenvolvido com o objetivo de avaliar indicadores agrometeorológicos de eficiência do uso da água para a palma forrageira, clone "Miúda", foi observado que o aumento da disponibilidade de água no sistema de produção, por meio do uso de irrigação, foi uma alternativa viável para a produção de cladódios, comercializados como "semente" (CRUZ NETO et al., 2017), também foram observados os melhores resultados, na sobrevivência de cultivares de palma forrageira sob irrigação no município de Ibimirim-PE (SANTOS et al., 2017).

A palma forrageira é estratégica para o cultivo, nas diversas sub-regiões do Semiárido, principalmente devido à sua expressiva capacidade de adaptação, através da

ativação de mecanismos de defesa contra variações súbitas de temperatura, concentração de CO₂ atmosférico, radiação ativa fotossintética e disponibilidade de água no solo (FERRAZ et al., 2017).

Destaca-se que a irrigação viabiliza o plantio de palma forrageira em áreas com baixa adaptação à cultura (condições climáticas adversas); permitindo o plantio em diferentes épocas do ano, com produção de forragem mesmo nos períodos climáticos atípicos, como os anos incipientes de precipitações pluviométricas e altas temperaturas noturnas (LIRA et al., 2017), ou antecipando a época de corte, conforme observado em trabalho para determinar as fenofases e momento de corte de palma forrageira sob irrigação e sistemas de plantio, em que a aplicação de lâminas de irrigação aumentou a fenofase II (maior emissão de cladódios de segunda ordem) (AMORIM et al., 2017).

Assim, visando um adequado sistema de produção agropecuário no Semiárido brasileiro, é fundamental o estudo das características edafoclimáticas de cada sub-região, analisando suas potencialidades e suas dificuldades, no intuito de explorar e fazer com que possa ser expresso o maior percentual possível da capacidade produtiva de cada cultura.

2.4 ALIMENTAÇÃO COMPLEMENTAR A PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira possui características de desenvolvimento e nutricionais que a eleva para uma situação de destaque no atual e futuro cenário climático mundial. As cactáceas, especificamente a palma forrageira, tornam-se a cultura mais proeminente para o século XXI, estimando-se que o Brasil tenha 500.000 a 600.000 ha cultivados com esta forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* (DUBEUX Jr., 2016).

O cultivo da palma forrageira em regiões Áridas e Semiáridas deve-se ao fato desta planta possuir características de desenvolvimento em condições edafoclimáticas em que poucas plantas conseguem crescer. Excetuando-se solos salinos e encharcados, que são férteis, os solos podem ser arenosos ou argilosos, preferencialmente solos argilosos, com umidade relativa média do ar acima de 40% e as temperaturas diurna e noturna oscilando em torno de 25 e 15 °C (SILVA e SAMPAIO, 2015).

A palma é uma forrageira totalmente adaptada às condições edafoclimáticas de região de climas áridos e Semiáridos por pertencer ao grupo das crassuláceas, que apresentam como característica a abertura dos estômatos essencialmente à noite, quando a temperatura do ambiente apresenta-se reduzida, diminuindo as perdas de água por evapotranspiração (ALMEIDA, 2012), o que permite um bom desenvolvimento dessas plantas para utilizações

em diversas finalidades, seja na medicina popular, na produção do corante carmim, extraído da cochonilha, na alimentação humana, todavia, sua principal importância de cultivo em algumas regiões, está na alimentação animal (SILVA e SAMPAIO, 2015).

A palma forrageira é uma alternativa importante de alimento para ruminantes, sendo considerada um alimento de alto valor energético, rico em carboidratos, principalmente não fibrosos (AGUILAR et al., 2015). Embora possa ser uma excelente fonte de carboidratos não fibrosos (CNF), uma importante fonte de energia para ruminantes, apresenta baixos teores de matéria seca, fibras e proteína. Apresenta em torno de 10% de teor de matéria seca (MS), com variação observada de 6,07 a 16,57%, o que limita a sua inclusão em dietas de bovinos pela pequena densidade de nutrientes. Além disso, também apresenta baixo teor de proteína bruta (PB), comumente, entre 4 a 5% da MS, o que exige a maior inclusão de ingredientes proteicos nas formulações de dietas (MARQUES et al., 2017).

A palma apresenta potencial para utilização na alimentação de ruminantes de alta produção, desde que incluída de maneira adequada em dietas balanceadas (MARQUES et al., 2017). Segundo Souza et al. (2010), a estratégia alimentar de misturar a palma aos demais ingredientes da dieta melhora o consumo de fibra, aumentando o consumo efetivo dos nutrientes.

Pois, essa não deve ser utilizada de forma exclusiva pelos animais, por apresentar, além das limitações quanto ao valor proteico, baixo nível de fibra em detergente neutro, que não atende a todas as necessidades nutricionais do rebanho, sendo necessário realizar a correção da proteína com a utilização de ureia e associar a uma fonte de fibra que apresente efetividade (SOARES, 2017). Desta forma, torna-se possível a associação da palma com alimentos de baixo custo, permitindo obter produção em níveis próximos aos dos alimentos convencionais (LISBOA et al., 2014).

Assim, a palma forrageira não deve ser usada como único alimento e deve ser associada a outras fontes de nutrientes para obtenção de resultados mais promissores (FROTA et al., 2015). Recomenda-se a palma forrageira na alimentação de ruminantes, porque é um alimento energético, rico em carboidratos, e é palatável, possibilitando um fácil consumo pelos animais. Além destes fatores, em época de escassez de água, a palma pode ser fornecida aos rebanhos, estrategicamente, para um bom fornecimento de água, porque possui até 90% da sua composição (ALMEIDA, 2012).

Com todas essas características nutricionais torna-se a palma uma das alternativas altamente promissoras para alimentação de ruminantes. Todavia, visando um adequado e eficiente processo de aproveitamento dos componentes nutricionais da palma forrageira,

diferentes fontes de fibras podem ser associadas a mesma na alimentação de ruminantes, quando esta é a base da dieta. A inclusão de forragem contendo elevado teor de fibra torna-se fundamental para maximizar o aproveitamento dos nutrientes e, por consequência, melhorar o desempenho animal.

A palma forrageira apresenta elevados teores de carboidratos totais (82,43%), carboidratos não fibrosos (48,30%) e material mineral (12,64%). Portanto, é recomendada na alimentação de ruminantes, uma vez que, apresenta elevado conteúdo de água (90%), o que possibilita a produção animal nos períodos de menor disponibilidade hídrica do ano. É um alimento de alto valor energético, importante para a pecuária, rico em carboidratos, principalmente os não fibrosos e apresenta altos coeficientes de digestibilidade (SOARES, 2017). A palma, quando associada com silagem de sorgo forrageiro na alimentação do rebanho, possibilita obter boas produções de leite, manter a gordura do leite em níveis normais e melhorar a conversão alimentar e consumo adequado de nutrientes (WANDERLEY et al., 2002), também é recomendado o uso da palma forrageira associada com feno de capim tifton e casca de soja como fontes de fibras na alimentação de ovinos (RAMOS et al., 2013). Assim, na alimentação, deve ser fornecida aos animais nas formas de farelo de palma ou *in natura* misturada com fontes de fibras (feno, silagem, restolho de sorgo, de milho, de feijão ou mesmo capim seco), que irão proporcionar um consumo adequado de nutrientes, sem comprometer o desempenho (ALMEIDA, 2012).

Alternativas de fibras associada à palma forrageira devem apresentar características que proporcionem um bom desempenho ruminal, uma alternativa é o bagaço de cana-de-açúcar, que tem elevados teores de fibra de alta efetividade, imprescindível para garantir a ruminação, manutenção do pH ruminal e a digestão dos nutrientes. O que pode ser definido como fonte de fibra íntegra, já que, de forma geral, é composto basicamente por componentes da parede celular (MISSIO, 2016).

Além do bagaço de cana-de-açúcar, os fenos e as silagens, de milho, sorgo, capim são boas alternativas, assim como os fenos de *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Crotalaria ternatea* (Cunhã), *Stylosanthes humilis* (erva-de-ovelha) e *Cajanus cajan* (Feijão guadu) ou as silagens *Cenchrus ciliaris* (Capim Buffel), *Cynodon dactylon* (Capim Gramão), *Andropogon gayanus* (Capim Andropogon) (PEREIRA FILHO et al., 2013), ou plantas, outrora, cultivadas intensamente, como é o caso do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.R. marie-galante (Hutch)], que, após a colheita das plúmulas, era aproveitada para colocação do gado bovino, assumindo esta malvácea, várias conotações, desde ser a cultura principal, produtora de uma das melhores fibras do mundo, em anos bons de chuvas, até ser

meramente uma forrageira nos anos de secas intensas, servindo para alimentação do rebanho (BELTRÃO et al., 2010), demonstrando assim, mais um potencial a ser explorado, o seu uso como forrageira.

Alternativas alimentares vêm sendo estudadas, para atender as exigências nutricionais dos animais em momentos de menor disponibilidade, uma alternativa importante para suprir a alimentação dos animais é a conservação das forragens, principalmente em épocas de excesso. Pois, a utilização racional das forragens nativas em consorciação com gramíneas adaptadas, leguminosas e utilização de subprodutos industriais são importantes para auxiliar o produtor a manter os animais com bons índices produtivos, sem a necessidade da venda ou diminuição do rebanho (CAMPOS et al., 2017), esses alimentos são fontes de fibra, que em associação com a palma forrageira são estratégias importantes ao desenvolvimento produtivo.

2.4.1 Subproduto como fonte de fibra

O bagaço de cana-de-açúcar é o principal subproduto da indústria da cana, utilizado na alimentação animal como fonte de fibra, a quantidade de fibra que poderia ser um fator limitante (SOARES et al., 2015), torna-se uma característica fortemente desejável, quando associado a outros alimentos como, por exemplo, a palma forrageira. O bagaço de cana-de-açúcar é uma alternativa interessante para fornecimento de fibras aos rebanhos que possuem palma forrageira como base da dieta, já que é um subproduto da agroindústria de grande excedente e baixo custo (LEME et al., 2003).

Nestas situações, o bagaço de cana-de-açúcar pode ser incluído em rações para ruminantes, principalmente para corrigir a deficiência em fibra e os distúrbios verificados em animais alimentados com dietas com baixa fibra (AGUILAR et al., 2015), a exemplo de dietas a base de palma forrageira ou de concentrados.

A importância da fibra está intimamente ligada ao desencadeamento de estímulos e processos físicos e fisiológicos iniciados na mastigação, que estimulam a liberação de saliva, a qual é rica em tamponantes, ocasionando a neutralização do pH ruminal, processos que permitem a utilização de uma série de alimentos, reduzindo custos e mantendo a produtividade animal. O bagaço de cana-de-açúcar é uma alternativa importante de fonte de fibra, que pode complementar dietas com deficiência, como as dietas a base de concentrados, pois aumentam o consumo de nutrientes, principalmente de energia, sem causar prejuízos para a saúde ruminal e conseqüentemente do animal (SILVA et al., 2015).

A associação do bagaço de cana-de-açúcar com alguns alimentos permitem melhorar a nutrição de ruminantes, como é o caso da palma forrageira que, ao ser fornecida com diferentes suplementos em dietas para novilhas da raça holandesa, possibilitou verificar que as principais deficiências dessa cactácea (compostos nitrogenados e fibra em detergente neutro), podem ser minimizadas com a inclusão, na dieta, de alimentos de baixo custo e de fácil aquisição, como o bagaço de cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 2005).

A viabilidade do bagaço de cana-de-açúcar, associado a palma forrageira, é fator importante a ser observado, pois, além de serem alimentos que se complementam, nutrindo os animais de forma adequada, reduzem o custo da alimentação. O que permite a produção e manutenção dos animais, principalmente nas épocas de instabilidade de forragem, deixando a produção menos intermitente, mas independente das condições climáticas, uniformizando-a. A utilização do bagaço de cana-de-açúcar é importante e viável para ruminante, principalmente em propriedades que se localizam próximas a usinas e destilarias (PINTO et al., 2003).

Visando o aumento do consumo do bagaço da cana-de-açúcar pelos animais e a disponibilização dos nutrientes, são realizados pré-tratamentos, como por vapor e pressão, hidróxido de sódio, óxido de cálcio ou hidróxido de cálcio, com amônia anidra e ureia ou através da ação de microorganismos, entretanto, não foram observados incrementos positivos, resultando que o uso do bagaço da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes, independente do tratamento utilizado antes de seu fornecimento (físico, químico ou biológico), em que o mais importante é estar associado à quantidade de alimentos que possibilite a complementação dos nutrientes da dieta e o atendimento das exigências nutricionais dos animais (MISSIO, 2016), conforme ocorre na complementação da palma forrageira.

Além do bagaço da cana-de-açúcar, outras opções apresentam-se com composições necessárias para complementação da dieta a base de palma forrageira, com esse perfil encontram-se as silagens, fenos e fontes de fibras não forragem.

2.4.2 Silagem

A estratégia de ensilagem visa à uniformidade da produção animal, disponibilizando forragem, independente das intermitências apresentada pelas plantas por condições fisiológicas ou climática, uma vez que estas apresentam a maior produção nas primeiras

colheitas, próximo aos períodos de adubação ou diferem de acordo com as épocas do ano produzindo mais em uma época que em outra.

A silagem é um processo de conservação de volumosos, através da fermentação anaeróbica dos açúcares presentes na planta, realizado por bactérias (ALLEN et al., 2003). Os processos ocasionados pela fermentação provocam alterações que podem ser benéficas para a nutrição animal, conforme foi observado ao avaliar o tempo de armazenamento em que as concentrações solúveis de proteína aumentaram ao longo do ano de armazenamento. O aumento da proteína foi altamente correlacionado com o aumento do amido-D com armazenamento prolongado, sugerindo que a proteólise pode ter sido o motivo da sua melhora (DER BEDROSIAN et al., 2012).

A digestibilidade aparente dos nutrientes da silagem está associada à composição química e à natureza das forragens, o balanço de nitrogênio é resultado do teor de nitrogênio presente na forragem; por exemplo, a silagem de milho apresentou balanço de nitrogênio negativo em relação ao feno de alfafa (MOREIRA et al., 2001). Diversos processos químicos são desencadeados com a ensilagem dos alimentos, os quais influenciam a digestibilidade, como, por exemplo, quando ensiladas plantas que contêm alto teor de ácido cianídrico, como é o caso da maniçoba (*Manihot epruinosa*), sendo que o processo de ensilagem reduz consideravelmente os teores de compostos tóxicos (MATOS et al., 2005).

As silagens de plantas como milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol, apresentam valores nutritivos respectivos a cada biomassa, sendo que a silagem de sorgo-sudão apresenta maiores teores de fibra; A silagem do girassol possui maior teor proteico, em contrapartida, apresenta maiores concentrações de lignina e extrato etéreo, já a silagem de milho destaca-se pelas menores perdas, enquanto as de girassol e sorgo-sudão apresentam maiores perdas por efluente (OLIVEIRA et al., 2010).

Dentre os diversos aspectos da ensilagem, a interação entre alimentos demonstra ser uma prática exitosa, pois, além de utilizar diversos alimentos de baixo custo para confecção, como palhadas, plantas alternativas e os resíduos, permitem que as interferências entre os componentes dos alimentos utilizados disponibilizem maior quantidade de nutrientes para os animais. A utilização de resíduos reduz o custo, principalmente quando as propriedades se encontram próximas aos polos produtores, conforme ocorre com a silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi, em que a inclusão da casca de abacaxi como aditivo na ensilagem capim-elefante, em até 50% da matéria natural, favoreceu o processo fermentativo, elevando o valor nutritivo da silagem de capim-elefante (BONFÁ et al., 2017).

Nestes casos a associação entre alimentos na confecção dos silos proporciona maior quantidade de nutrientes aos animais e assim aumentam a quantidade de produtos, que pode ser utilizado na ensilagem com a finalidade de enriquecimento nutricional ao final do processo. Ocorre que a associação de alimentos disponibiliza em geral melhor disponibilidade de nutrientes aos animais, conforme a associação de palma forrageira com silagens e não altera o consumo de matéria seca e energia, o pH e amônia ruminais. De um modo geral, a digestibilidade aparente dos diversos nutrientes é superior para a associação das silagens com palma forrageira (WANDERLEY et al., 2012).

2.4.3 Fenos

Os processos de conservação de forragem são fundamentais para manter a produção estável ao longo do tempo, com isso a utilização de feno de plantas idem as leguminosas tropicais, como fonte proteica é importante para melhorar o desempenho animal principalmente de ruminantes, fornecendo um aporte proteico de baixo custo, e que pode ser conservado por período prolongado, fornecendo aos animais uma maior segurança alimentar na época de baixa produção de forragem (SÁ et al., 2017).

O processo de fenação tem se destacado como uma técnica simples de se aplicar, que consiste em desidratar a forragem ao sol ou com o emprego de secadores artificiais, até que a mesma se apresente com teor de matéria seca (MS) superior a 80%, para não sofrer deterioração durante o armazenamento (CAVALCANTI et al., 2016). O teor de matéria seca elevada dos fenos é um aspecto importante, quando fornecido aos animais em associação a outros alimentos, a exemplo da palma forrageira, fato este observado para os parâmetros de consumo, digestibilidade e os parâmetros ruminais, em ovinos recebendo fenos leucena, guandu e capim elefante associados à palma forrageira, como uma boa alternativa alimentar na região semiárida do Nordeste brasileiro, o que contribui para o aumento na produtividade desses animais (WANDERLEY et al., 2012), além de que o uso de até 56,0% de palma forrageira, em substituição ao feno de capim-elefante, aumenta a ingestão e melhora o aproveitamento dos nutrientes em dietas para ovinos (BISPO et al., 2007).

Há complementariedade entre a palma e os fenos, desde que empregados em formulações balanceadas com limites adequados de fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e correção dos teores de proteína bruta (PB), para atender os requisitos nutricionais dos diferentes estágios de lactação, sem que haja interferência na digestibilidade e ingestão de matéria seca (MS) ou na produção animal (SILVA et al., 2017).

Deve-se observar as características dos fenos (qual a planta de origem, forma de armazenamento, tempo de processo, idade da planta, etc.), pois estas influenciam nos níveis de nutrientes presentes, sendo que a proteína bruta, fibra em detergente neutro e o extrato etéreo diminuem de acordo com o tempo de desidratação e armazenamento em ambas as estações do ano, enquanto matéria seca, carboidratos totais e os carboidratos não fibrosos aumentaram em relação a estas variáveis para ambos os períodos (ABOT et al., 2015).

A associação de complementariedade da palma forrageira com os volumosos idem aos fenos é fundamental, pois, visam um fornecimento de todos os nutrientes necessários para que se consiga o máximo desenvolvimento (manutenção e produção) dos animais. Se por um lado os fenos fornecem os constituintes necessários para o adequado funcionamento do rúmen (fibra), em outro aspecto, esta associação influencia positivamente no fornecimento de água, da qual a palma é rica, fornecendo-a com qualidade e em quantidade para suprir grande parte da água da dieta, além dos carboidratos não fibrosos (RAMOS et al., 2007), além das forragens volumosas outros alimentos, complementam as deficiências da palma forrageira, como o caroço de algodão e a casca de soja.

2.4.4 Fibras não Forragem

Conhecer os componentes de um alimento é importante visando o fornecimento de quantidades adequadas para um bom funcionamento dos processos fisiológico dos animais. Assim todas as frações devem ser conhecidas, como, a proteína, os lipídios os minerais, carboidratos e todos os demais compostos, sendo os carboidratos necessários para a maximização dos demais compostos, não só os estruturais, mas os carboidratos em geral são importantes componentes das dietas de ruminantes e estão presentes em todas as forrageiras em níveis acima de 65% (BIANCHIN et al., 2007). Uma das principais características dos carboidratos, principalmente relacionada à nutrição animal, é a efetividade em promover a atividade física motora do trato gastrointestinal (BIANCHIN et al., 2007).

Não apenas as forragens tradicionalmente cultivadas possuem essa característica de fornecimento de fibras, mas também alguns outros alimentos, como o caroço de algodão que, ao ser incluído nas dietas em substituição de parte da silagem de sorgo e farelo de soja, teve como resultado a não influência do algodão em relação aos coeficientes de digestibilidade aparentes de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e carboidratos (MELO et al., 2005). Para o fornecimento de uma dieta equilibrada, é importante o conhecimento dos nutrientes presentes, o que possibilita uma maior amplitude de alimentos

a compor a dieta. As recomendações de exigências de carboidratos fibrosos para ruminantes são baseadas na atividade mastigatória, pH ruminal e manutenção da porcentagem de gordura no leite, proporcionados pela fonte de fibra vegetal. Embora isso tenha sido quantificado, as fontes de fibra não forragem podem apresentar padrões diferentes de comportamento químico e físico e precisam ser investigados (SILVA et al., 2012).

Algumas opções de fibras não forragem são bastante promissoras, conforme ocorre com a casca de soja, que pode substituir totalmente o feno de *coast cross* em dietas para cabras em lactação, pois essa substituição não prejudica a produção de leite e aumenta o teor de gordura e lactose do leite (GENTIL et al., 2011). Para que fontes de fibra não forragem, como a casca de soja, substituam parcialmente uma forragem, é necessário que o tamanho de partícula seja suficiente para estimular a ruminação, evitar a redução do pH e reter por mais tempo as partículas menores no rúmen para fermentação (RAMOS et al., 2013).

A palma forrageira demonstra-se como uma boa alternativa de alimento para os ruminantes, em virtude de suas características, alta palatabilidade, fonte de energia, significativa produção de biomassa, resistência à seca, dentre outras, todavia, possui limitações quanto à fibra em detergente neutro, o que pode ser revertido facilmente com diversos alimentos, até mesmo de baixo custo.

Tanto as fontes de fibras forragens quanto não forragens apresentam-se com potencialidade para suprir a deficiência de fibras apresentada pela palma forrageira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOT, A.R; FARIAS, E.B; OLIVEIRA, M.V.M; TORRES, F.E; OLIVEIRA, D.P; TEODORO, P.E; RIBEIRO, L.P. Chemical-bromatological composition of leucaena hay as function of drying and storage times. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 5, p. 1450-1457, 2015.

AMARAL, J.A.B; BELTRÃO, N.E.M; SILVA, M.T. Zoneamento agrícola do algodão no nordeste brasileiro. Safra 2004/2005. Estado de Pernambuco. EMBRAPA. **Comunicado Técnico**, v.1, n.227, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA-ANA 1. **Balanco das águas**. n.5, 2016. Disponível em:<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/BalancodasAguas/Balanco_das_aguas_2015-2016.pdf> Acessado em 07 de dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA 2. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-Uso da Agua na Agricultura Irrigada.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-Uso_da_Agua_na_Agricultura_Irigada.pdf)> Acessado em 08 de dez. de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA 3. **Quantidade de água**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>> Acessado em 07 de Dez. de 2017.

AGUILAR, P; PIRES; A.J.V; SOARES, M.S; SILVA, L.G; GUIMARÃES, J.O; ROCHA, L.C; MACHADO, T.C; FRAZÃO, O.S. Palma forrageira e bagaço de cana tratado com ureia e amônia na dieta de ruminantes. **Nutritime**, v. 12, n. 01, p. 3936– 3951, 2015.

ALLEN, M.S.; COORS, J.G; ROTH, G.W; BUXTON, D.R; MUCK, R.E; HARISSON, J.H. **Silage science and technology**. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. P. 547-608, 2003.

SOUZA, C.M.S; MEDEIROS, A.N; FURTADO, D.A; BATISTA, Â.M.V; PIMENTA FILHO, E.C; SILVA, D.S. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma-forrageira na dieta na região do Semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.1146-1153, 2010.

ALMEIDA, R.F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no Semiárido brasileiro. **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

AMORIM, D.M; SILVA, T.G.F; PEREIRA, P.C; SOUZA, L.S.B; MINUZZI, R.B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

ANDRADE, A.P; COSTA, R.G; SANTOS, E.M; SILVA, D.S. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p.01-14, dez. 2010.

ANDRADE, A.P; COSTA, R.G; SANTOS, E.M; SILVA, D.S. Produção animal no Semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.4, n.4, p.01-14, dez. 2010.

ANDRADE, A.R.S; PAIXÃO, F.J.R; AZEVEDO, C.A.V; GOUVEIA, J.P.G; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.S. Estudo dos comportamentos de períodos secos e chuvosos no município de Garanhuns-PE, para fins de planejamento agrícola. **Revista tecnologia aplicada a ciências agrarias**, v.1, p. 54-61, 2008.

ARAÚJO, G.G.L. VOLTOLINI, T.V; CHIZZOTTI, M.L; TURCO, S.H.N; CARVALHO, F.F.R. Water and small ruminant productio. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, p.326-336, 2010.

ARAÚJO, G.G.L; ALBUQUERQUE, S.G; GUIMARÃES FILHO, C. opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no semi-árido do Nordeste. Embrapa, 2006. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/8723/1/OPB886.pdf>>

Acessado em 09 de dez. de 2017.

ARAÚJO, P.W; PEREIRA, J.R; ALMEIDA, É.S.A.B; GUERRA, HUGO O.C; BEZERRA, J.R.C; ZONTA, J.H. Resposta fitotécnica do algodoeiro herbáceo BRS 8h, BRS ARARIPE e BRS AROEIRA sob lâminas de água. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.28, n.1, p.67-72, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a11>.

AZEVEDO, D.M.P; BELTRÃO, N.E.M; NÓBREGA, L.B. A poda do algodoeiro herbáceo para os vales húmidos do Sertão nordestino. **Comunicado técnico-EMBRAPA**, v.1, n.5, p.05, 1980.

BARBOSA, M.L; SILVA, T.G.F; ZOLNIER, S; SILVA, S.M.S; MORAIS, J.E.F; ASSIS, M.C.S. Association of morphological and water factors with irrigated forage cactus yield. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.21, n.9, p.600-605, 2017.

BATISTA, C.H; AQUINO, L.A; SILVA, T.R; SILVA, H.R.F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, n.4, p.197-206, 2010.

BELTRÃO, N.E.M. Técnicas de poda na cultura do algodoeiro arbóreo (mocó) precoce. **Comunicado técnico-EMBRAPA**. v.1, n.39, 1995.

BELTRÃO, N.E.M; VALE, L.S; MARQUES, L.F; CARDOSO, G.D; SILVA, F.V.F; ARAÚJO, W.P. O cultivo do algodão orgânico no Semiárido brasileiro. **Revista Verde**, v.5, n.5, (Número Especial) p. 008-013, 2010.

BIANCHINI, W; RODRIGUES, E; JORGE, A.M; ANDRIGHETO, C. Importância da fibra na nutrição de bovinos. **Revista electrónica de Veterinária**, v.8, n. 2, p.1-14, 2007.

BISPO, S.V; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; BATISTA, Â.M.V; PESSOA, R.A.S; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

BONFÁ, C.S; VILLELA, S.D.J; CASTRO, G.H.F; SANTOS, R.A; EVANGELISTA, A.R; PIRES NETO, O.S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. **Revista Ceres**, v. 64, n.2, p. 176-182, 2017.

BRASIL, MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/web/guest/semiarido-brasileiro>. Acessado em: 08 de dez. de 2017.

CAMPO, F.S; GOIS, G.C; VICENTE, S.L.A; MACEDO, A; MATIAS, AG.S. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no Semiárido. **Nutritime**, v.14, n.2, p. 5004-5013, 2017.

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**, v. 7, n.1, p. 1-7, 2013.

CARVALHO, M.C; FERREIRA, M.F; CAVALCANTI, C.V.A; LIMA, L.E; SILVA, F.M; MIRANDA, K.F; VÉRAS, A.S.C; AZEVEDO, M; VIEIRA, V.C.F. Associação do bagaço de cana-de-açúcar, palma forrageira e ureia com diferentes suplementos em dietas para novilhas da raça holandesa. **Acta Science Animal Science**, v. 27, n. 2, p. 247-252, 2005.

CAVALCANTI, A.C; SALIBA, E.O.S; GONÇALVES, L.C; RODRIGUEZ, N.M; BORGES, I; BORGES, A.L.C.C. Consumo e digestibilidade aparente do feno de *Andropogon gayanus* colhido em três idades diferentes. **Ciências Animal brasileira**, v.17, n.4, p. 482-490, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Monitoramento agrícola: Safra 2016/17. **Acompanhamento da safra Brasileira: grãos**, Brasília, v. 6, n. 3, 2018.

-----CONAB. Série histórica das safras: Safra 1976/1977 a 2018/2019. **Algodão Brasil: grãos**, Brasília, 2018.

CORDOVA-TORRES, A.V; COSTA, R.G; MEDEIROS, A.N; ARAÚJO FILHO, J.T; RAMOS, A.O; ALVES, N.L. Performance of sheep fed forage cactus with total water restriction. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.18, n.2, p.369-377, 2017.

CRISÓSTOMO, J.R.; FREIRE, E.C. **Origem e características das variedades de algodoeiros arbóreo e herbáceo indicados atualmente para o Nordeste**. Versão preliminar. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p.18, 1982.

CRUZ NETO, J.F; MORAISA, J.E.F; SOUZA, C.A.A; CARVALHO, H.F.S; RODRIGUES, C.T.A; SILVA, T.G.F. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 02, n. 02, p. 98-106, 2017.

CRUZ, M.S; MOREIRA, I.T; MAIA, S.F. **As exportações brasileiras de algodão na segunda metade do século XX**. 2012.

DANTAS, F.D.G. **Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma miúda adensada no semiárida**. Dissertação (Mestrado), Produção Animal. Macaíba, 2015.

DER BEDROSIAN, M.C; NESTOR JUNIOR, K.E; †KUNG JUNIOR, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 9, 2012.

DUBEUX JR, J.C.B; BEN SALEM, H; NEFZAOU, ALI. **Forage production and supply for animal nutrition**: in. Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear. IX International congress on cactus pear and cochineal CAM crops for a hotter and drier world Coquimbo, Chile, v. 1, n. 1, p.26-30, 2017.

DUBEUX JR., J.C.B; SANTOS, M.V.F; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; FARIAS, I; LIMA, L.E; FERREIRA, R.L.C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, n. 67, p. 357–372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B; ARAÚJO FILHO, J.T; SANTOS, M.V.F; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.5, n.1, p.129-135, 2010.

DUBEUX, JR, J.C.B; SANTOS, M.V.F; MELLO, A.C.L; CUNHA, M.V; FERREIRA, M.A; SANTOS, D.C; LIRA, M.A; SILVA, M.C. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Hort**. v. 1, n 1067, 2015. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1067.24.

DUBEUX, JR., J.C.B. 2016. **Cactus**: a crop for the dry áreas. University of Florida. n. 28.

EMPRESA BRASILEIRA DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistemas de produção de algodão**: Algodão Arbóreo. EMBRAPA, v.1, n.36, 1975.

EZEQUIEL, J.M.B; GALATI, R.L; MENDES, A.R; FATURI, C. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore em confinamento alimentados com bagaço de

cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2050-2057, 2006.

FAGGION, F; OLIVEIRA, C.A.S; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, n.1, 2009.

FARIAS, I; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; TAVARES FILHO, J.J; SANTO, M.V.F; FERNANDES, A.P.M; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento de palma forrageira em consorcio com sorgo-granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FERRAZ, R.L.S; COSTA, P.S; DANTAS NETO, J; ANJOS, F.A; BARRETO, N.P; SOARES, L.S; MAGALHÃES, I.D; BARBOSA, M.A. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) in climate change scenarios and its potential for wastewater bioremediation in semi-arid regions: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Experimental Agriculture International**, n.18, v.3, p.1-11, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **CROP ECOLOGY, CULTIVATION AND USES OF CACTUS PEAR. IX INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL CAM** crops for a hotter and drier world Coquimbo, Chile, p. 26-30, 2017.

FROTA, M.N.L; CARNEIRO, M.S.S; CARVALHO, G.M.C; ARAÚJO NETO, R.B. **Palma forrageira na alimentação animal**. Documentos / Embrapa Meio-Norte. p. 47, 2015.

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

GRIMES, D.W.; CARTER, L.M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. **Agronomy Journal**, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

HENRIQUES, C.L. **Desempenho bioeconômico de clones de palma forrageira sob diferentes manejos hídricos**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada. 2016.

JÁCOME, A. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. G.; GONÇALVES, A. C. A.; SILVA, F. F. da. Avaliação de genótipos de algodoeiro sob níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 1, n.41, p.365-369, 2005.

KAUTHALE, V; AWARE, M; PUNDE, K. **Cactus an emerging fodder crop of arid and semi arid India**. BAIF Development Research Foundation Central Research Station, Urulikanchan, Dist- Pune 412. 2017.

LEME, P.R; SILVA, S.L; PEREIRA, A.S.C; PUTRINO, S.M; LANNA, D.P.D; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1786-1791, 2003.

LIRA, M.A; FARIAS, I; SANTOS, D.C; DUBEUX JR., J.C.B; MELLO, A. C.L; SANTOS, M.V.F. Cactus forage and semi-arid sustainability. **Acta Hort.** n.811, v.6, 2009.

LIRA, M.A; SANTOS, M.V.F; DIAS, F.M; FERRAZ, A.P.F; SILVA, M.A; CUNHA, M.V; MELLO, A.C.L; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B; SANTOS, D.S FREITAS, E.V; ARRUDA, D.M.P; CADERNOS DO SEMIÁRIDO N.7. Palma Forrageira: **Cultivo e Usos**. 2017. Disponível em: <http://www.creape.org.br/portal/wp-content/uploads/2016/11/Caderno-7.pdf> Acessado em 09 de dez. 2017.

LISBOA, M.M; PEREIRA, M.M.S; CARVALHO, V.M; BASTOS, E.S. Uso da palma forrageira na alimentação de pequenos ruminantes. **Nutritime** v.11, n. 04, p. 3538- 3546, 2014.

LOPES, M.N; CÂNDIDO, M.J.D; GOMES, E.C; POMPEU, R.C.F.F; SILVA, R.G. Biomass flow and water efficiency of cactus pear under different managements in the Brazilian Semiarid. **Revista Ciências Agronômica**, v. 49, n. 2, p. 324-333, 2018.

MAIMONE, J.C.C; HARDER, M.N.C. Uso e conservação da água na produção de alimentos e energia. **Bioenergia em revista: diálogos**. v. 4, n. 2, 2014.

MOREIRA, J.A.N; FREIRE, E.C; SANTOS, F.S; BARREIRO NETO, M. **Algodoeiro mocó: uma lavoura ameaçada de extinção**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. v.9, n,36, 1989.

MARQUES, O.F.C; GOMES, L.S.P; MOURTHÉ, M.H.F; BRAZ, T.G.S; PIRES NETO, O.S. 2017. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovino. **Caderno de Ciências agrárias**, v. 9, n. 1, p. 7B5-93, 2017.

MATOS, D.S; GUIM, A; BATISTA, Â.M.V; PEREIRA O.G; MARTINS, V. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*Manihot epruinosa*). **Archivos de Zootecnia**, v. 54, n. 208, p.619-629, 2005.

MELO, A.A.S; FERREIRA, M.A; VERÁS, A.S.C; LIRA, M.A; LIMA, L.E; PESSOA, R.A.S; BISPO, S.V; CABRAL, A.M.D; AZEVEDO, M. Caroço de algodão como fonte de fibra e proteína em dietas à base de palma forrageira para vacas em lactação: digestibilidade. **Acta Science Animal Science**, v. 27, n. 3, p. 355-362, 2005.

MENEZES, I.P.P.; HOFFMANN, L.V.; BARROSO, P.A.V. Genetic characterization of cotton landraces found in the Paraíba and Rio Grande do Norte states. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. n.1, v.15, p.26-32, 2015.

MISSIO, R.L. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **Archivos Zootecnia**. v. 65, n. 250, p. 267-278, 2016.

MORAIS, J.E.F; SILVA, T.G.F; QUEIROZ, M.G; ARAUJO, G.G.L; MOURA, M.S.B; ARAÚJO JÚNIO, G.N. Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.273-278, 2017.

MOREIRA, A.L; PEREIRA, O.G; GARCIA, R; VALADARES FILHO, S.C; CAMPOS, J.M.S; MORAES, S.A; ZERVOUDAKIS, J.T. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes da silagem de milho e dos fenos de alfafa e de capim-coastcross, em ovinos. **Revista brasileira de zootecnia**, n.30, v.3, p.1099-1105, 2001.

MOREIRA, I.; SARTORI, I.M.; PAIANO, D.; MARTINS, R.M.; OLIVEIRA, G.C. Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg). **Revista brasileira de zootecnia**, v.35, n.3, p.1077-1084, 2006.

MOURA, M.S.B; SOUZA, L.S.B; SILVA, T.G.F; SÁ, I.I.S. **Zoneamento agroclimático da Palma Forrageira para o Estado de Pernambuco**. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE 2011.

NEFZAOU, A; LOUHAICHI, M; BEN SALEM, H. Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. **Journal of Arid Land Studies**, v. 24, n. 1. p.121-124, 2014.

OLIVEIRA, A.S.C; CAVALCANTE FILHO, F.N; RANGEL, A.H.N; LOPES, K.B.P. A Palma forrageira: alternativa para o Semiárido. **Revista Verde**, v.6, n.3, p. 49 - 58, 2011.

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

OLIVEIRA, J.F.F; MELO, A.A.S; TEODORO, A.L; PESSOA, D.V; ALMEIDA, A.S; ANJOS, D.R; MAGALHÃES, A.L.R; FERREIRA, G.D.G. Desenvolvimento vegetativo da palma forrageira orelha de elefante mexicana (*opuntia stricta haw*) sob diferentes épocas de irrigação, no agreste pernambucano. **Anais do V Congresso Brasileiro de Palma e outras Cactáceas**, agropecnata, 2017. Disponível em: <http://agropecnata.com.br/alimentacao-animal>. Acessado em 07 de Dez. 2017.

OLIVEIRA, L.B; PIRES, A.J.V; CARVALHO, G.G.P; RIBEIRO, L.S.O; ALMEIDA, V.V; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010b.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA- FAO. **The Water-Energy-Food Nexus**. A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Rome, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-bl496e.pdf>> Acessado em 17 de Dez. de 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA- FAO. **REPORT OF THE** Fourth ministerial meeting on commodity markets and prices. Rome, 2017. Disponível em: < <http://www.fao.org/publications>> Acessado em 08 de dez. 2017

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA- FAO. **The Water-Energy-Food Nexus**. A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Rome, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-bl496e.pdf> Acessado em 17 de Dez. de 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA- FAO. **REPORT OF THE** Fourth ministerial meeting on commodity markets and prices. Rome, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/publications> Acessado em 08 de dez. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA-UNESCO. **Água e emprego fatos e números. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos.** 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf>> Acessado em: 17 de dez. de 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA-UNESCO. **Água e emprego fatos e números. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos.** 2017. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf> Acessado em: 17 de dez. de 2017.

PAZ, V.P.S; FRIZZONE, J.A; BOTREL, T.A; FOLEGATTI, M.V. Otimização do uso da água Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.404-408, 2002.

PEREIRA FILHO, J.M; SILVA, A.M.A; CÉZAR, M.F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PEREIRA NETO J; SOARES P.C; BATISA A.M.V; ANDRADE S.F.J; ANDRADE R.P.X; LUCENA R.B; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira** v.36, n. 4, p.322-328, 2016.

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

PINTO, A.P; PEREIRA, E.S; MIZUBUTI, I.Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p. 73-84, 2003.

QUEIROZ, M.G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no Semiárido brasileiro.** Dissertação (Mestrado). Viçosa Minas Gerais – Brasil, 2014a.

QUEIROZ, M.G; CRUZ NETO, J.F; SILVA, T.G.F; SILVA, M.C; MORAIS, J.E.F; RODRIGUES, C.T.A; ARAÚJO JÚNIOR, G.N; JARDIM, A.M.R.F. **Efeito da cobertura do solo no crescimento de clones de palma forrageira no município de Serra Talhada Semiárido Pernambucano.** XXIV congresso brasileiro de zootecnia. 2014b.

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, A.O; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; COSTA, S.B.M; CONCEIÇÃO, M.G; SILVA, E.C; SALLA, L.E; SOUZA, A.R.D.L. Diferentes fontes de fibra em dietas a base de palma forrageira na alimentação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.4, p.648-659, 2013.

RAMOS, A.O; VERAS, A.S.C; FERREIRA, M.A; AZEVEDO, M; SILVA, R.R; FOTIU, A.C.A. Associação da palma forrageira com diferentes tipos de volumosos em dietas para vacas em lactação: comportamento ingestivo e parâmetros fisiológicos. **Acta Science Animal Science**, v. 29, n. 2, p. 217-225, 2007.

REYNOLDS S.G; ARIAS, E. Food and agriculture organization of the united nationals: **Cactus (*Opuntias* SPP.) as Forage.** v.1, n.169, p. 1-153, 2002.

ROCHA, J.E.S. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil:** Estado da Arte. Sobral Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012.

ROCHA, R.S; VOLTOLINI, T.V; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, n. 66, v.255, p. 363-371, 2017. DOI: 10.21071/az.v66i255.2512.

SÁ, F.A; GOMES, T.G.J; EDVAN, R.L; SOUSA, P.H.A.A. Fenação de leguminosas tropicais como alternativa para aumentar a segurança alimentar do rebanho. **Revista Electrónica Veterinária REDVET.** v. 18, n. 02, p. 01-15, 2017.

SÁ, W.C.C.S; SANTOS, E.M; OLIVEIRA, J.S; PERAZZO, A.F. **Production of Spineless Cactus in Brazilian Semiarid**, v.2, n. 3, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.69614.

SAMPAIO, E.V.S.B. **Fisiologia da palma forrageira**. Segundo congresso brasileiro de palma 2011. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/23891850/fisiologia-da-palma-forrageira>> Acessado em 08 de dez. de 2017.

SANTOS, D.C; SILVA, S.M.S; SILVA, M.C; SILVA, T.G.F; PEREIRA, V.L.A; MELO, A.C. **Sobrevivência no plantio de cultivares de palma forrageira sob irrigação em Ibimirim**, PE. 2017. Disponível em: <<http://www.agropecnata.com.br/Anais/T104702.pdf>> Acessado em 09 de dez. de 2017.

SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L. **Perfil agrossocioeconômico da pequena produção de algodão no Nordeste**. Campina Grande: EMBRAPA CNPA, p.6, 1997.

SANTOS, R.D; NEVES, A.L.A; SANTOS, D.C; PEREIRA, L.G.R; GONÇALVES, L.C; FERREIRA, A.L; COSTA, C.T.F; ARAUJO, G.G.L; SCHERER, C.B; SOLLENBERGER, L. E. Divergence in nutrient concentration, in vitro degradation and gas production potential of spineless cactus genotypes selected for insect resistance. **The Journal of Agricultural Science**. v.1, n. 8, p.1–7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185961800031X>.

SILVA, A.E.M; LIRA, A.T; FERREIRA, M.A; BARROS, L.J.A; MELO, T.T.B; SIQUEIRA, T.D.Q; SOARES, L.F.P; COSTA, C.T.F. Bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.16, n.1, p.118-129, 2015.

SILVA, D.C; SEAL, D.C.M; SOUZA, F.J.C; CARVALHO, A.B; MARQUES, A.V.M.S. Consumo e digestibilidade de dietas contendo feno de jitiirana para ovinos em terminação. **Revista Verde**, v. 12, n.1, p.150-155, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i1.3987>.

SILVA, E.T.S. **Diferentes períodos de armazenamento da palma orelha de elefante mexicana (*opuntia stricta* haw)**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns. 2016.

SILVA, F.P.; ALVES, J.F.; NETO, F.V.C. Herança de características morfológicas e agrônômicas no cruzamento de algodão herbáceo, *Gossypium hirsutum* L. Raça latifolium,

com algodão arbóreo, *Gossypium hirsutum* hutch, raça *marie galante*. **Ciência Agronômica**, v.13 n. 1, p. 1-13, 1982.

SILVA, L.M; FAGUNDES, J.L; VIEGAS, P.A.A; MUNIZ, E.N; RANGEL, J.H.A; MOREIRA, A.L; BACKES, A.A. Cactus pear forage production under different plant densities. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014. DOI: [dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131305](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131305).

SILVA, M. R. H; NEUMANN, M. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista**, Uberaba, v.1, n.9, p. 69-84, 2012.

SILVA, R. R; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; RAMOS, A.O; MELO, A.A.S; GUIMARÃES, A.V. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 3, p. 317-324, 2007.

SILVA, R.C; FERREIRA, M.A; OLIVEIRA, J.C.V; SANTOS, D.C; GAMA, M.A.S; CHAGAS, J.C.C; INÁCIO, J. G; SILVA, E.T.S; PEREIRA, L.G.R. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**. n.3, v.48, p. 516-525, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i3.12>.

SILVA, R.R; SAMPAIO, E.V.S.B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **Revista GEAMA**, v.2, n.1, p.131-14. 2015.

SILVA, T.G.F; ARAÚJO PRIMO, J.T; SILVA, S.M.S; MOURA, M.S.B; SANTOS, D.C; SILVA, M.C; ARAÚJO, J.E.M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia, Campinas**, v. 73, n. 2, p.184-191, 2014.

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

SOARES, M.S. Palma forrageira: aspecto do cultivo e desempenho animal. **Nutritime**, Viçosa v.14, n.4, p.6041-6055, 2017.

SOARES, M.S; PIRES, A.J.V; SILVA, L.G; GUIMARÃES, J.O; MACHADO, T.C; FRAZÃO, O.S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **NUTRITIME**, v. 12, n. 01, p. 3837– 3855, 2015.

VIDAL NETO, F.C.; COSTA, J.N.; BARROSO, P.A.V.; BORGES, F.R.M.; SANTOS, C.B; ARAÚJO, G.P. **Coleta e caracterização *in situ* de populações de espécies do gênero *gossypium*, nativas ou naturalizadas no estado de alagoas**. VI Congresso brasileiro de algodão 2007.

WANDERLEY, W.L; FERREIRA, M.A; ANDRADE, D.K.B; VÉRAS, A.S.C; FARIAS, I; LIMA, L.E; DIAS, A.M.A. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

WANDERLEY, W.L; FERREIRA, M.A; BATISTA, Â.M.V; VÉRAS, A.S.C; BISPO, S.V; SILVA, F.M; SANTOS V.L.F. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.444-456, 2012.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento e a composição químico bromatológicas da biomassa da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e do algodão arbóreo (*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante Hutch) sob irrigação suplementar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o crescimento e produtividade da palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) sob irrigação suplementar e frequências de cortes;
- Avaliar o cultivo e o rendimento forrageiro do algodoeiro arbóreo sob irrigação suplementar e ciclos produtivos;
- Caracterizar químico-bromatologicamente a biomassa da palma forrageira Orelha de Elefante e da parte aérea do algodão arbóreo sob irrigação suplementar.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR E FREQUÊNCIA DE CORTE

4.1 RESUMO

A palma forrageira apresenta elevada eficiência no uso da água, e associada a técnicas agronômicas, aumenta o potencial produtivo, passando a ser uma planta de efetiva seguridade para produção em regiões de clima Árido e Semiárido, mitigando os efeitos das épocas de estiagem, ao disponibilizar matéria verde e seca utilizada na alimentação animal. Objetivou-se avaliar o crescimento e o rendimento da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 com irrigação suplementar e cortes. O experimento foi conduzido de fevereiro de 2016 a fevereiro de 2018, na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural de Pernambuco-PE, Unidade Acadêmica de Garanhuns-PE. Foi realizado em delineamento, em blocos, casualizados, com quatro repetições, em parcelas e subparcelas. As parcelas foram formadas pelas frequências de irrigação, sendo 0, 21, 14, e pelo período de 7 dias, aplicado um volume de água de $41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, por irrigação, contabilizado ao final do ciclo, um acumulado de 0,0, 1.458,34, 2.208,35 e $4.375,03 \text{ m}^3$ e as subparcelas foram um ou dois cortes, em 24 meses, foram realizados cortes, sendo 1 a cada 12 meses, a quais foram somadas as produtividades e comparadas a um corte ao final dos 24 meses. Na ocasião dos cortes foram contabilizadas as produtividades de matéria verde e seca, altura e largura da planta, eficiência do uso da água e teor de matéria seca, a produtividade de cladódio, peso por cladódio, o número, comprimento, largura, espessura e perímetro, a área e índice de área de cladódio primário, secundário, terciário e quaternário, respectivamente. Verificou-se que a irrigação suplementar nas frequências de 0, 21, 14 e pelo período de 7 dias reduziram a produtividade da palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana, independente de um ou dois cortes em 24 meses. Logo, a irrigação suplementar influencia negativamente o crescimento e produtividade da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana, nas condições edafoclimáticas do Agreste Meridional de Pernambuco, independente das frequências de corte, apresentando melhores resultados para frequências de corte, com maior tempo de plantio.

Palavras-chave: Água; biomassa; EUA; Época de colheita.

4.2 ABSTRACT

The forage cactus presents high efficiency in the use of water and associated with agronomic techniques increases the productive potential, becoming a plant of effective security for production in regions of arid and semi-arid climate, mitigating the effects of the dry season, when making fresh matter available dry matter used in animal feed. The objective was to evaluate the growth and yield of forage cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 with additional irrigation and cuts. The experiment was conducted from February 2016 to February 2018, at the school farm of the Federal Rural University of Pernambuco-PE, Academic Unit of Garanhuns-PE. A water volume of 41m³ ha⁻¹ was applied at the frequencies of 0, 21, 14, and 7 days, counting at the end of the cycle a cumulative of 0.0, 1.458,34, 2.208.35 and 4.375.035 m³ and performed cuts being 1 every 12 months to which were added the productivities and compares to a cut at the end of 24 months. At the occasion of the cuts, the yields of green and dry matter, height and width of the plant, water use efficiency and dry matter content, yield of cladodium, weight per cladodium, number, length, width, thickness and perimeter, the area and index of primary, secondary, tertiary and quaternary cladodium area, respectively. It was verified that the supplementary irrigation in the frequencies of 0, 21, 14 and 7 days reduced the yield of the forage cactus clone Orelha de Elefante Mexicana, independent of one or two cuts in 24 months. Therefore, supplementary irrigation negatively influences the growth and productivity of the forage cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana in the soil and climate conditions of the Southern Agreste of Pernambuco, independent of the cut frequencies, presenting better results for cutting frequencies with longer planting time.

Keywords: Water; biomass; EWU; Harvest time.

4.3 INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia e Nopalea* sp.) possui características de desenvolvimento, que a elevam para situação de destaque em muitas regiões no mundo. As cactáceas, especificamente a palma forrageira, tornam-se cultura de grande relevância para o século XXI, neste aspecto, estima-se que o Brasil tenha 500.000 a 600.000 ha cultivados com esta forrageira (DUBEUX Jr., 2016), todavia, possui capacidade de aumento de área e produtividade.

A elevada produtividade da palma forrageira em regiões Semiáridas, como a região Nordeste do Brasil, é possível devido à persistência, às chuvas escassas e erráticas e a altas temperaturas (NEFZAOUÍ et al., 2014). Destacando-se de culturas tradicionalmente cultivadas nesta região, como milho e o feijão, expressando parte do seu potencial produtivo à medida que práticas de cultivo simples são adotadas (NEFZAOUÍ et al., 2014), tais como: correção e adubação do solo, densidade de plantio, controle de plantas daninhas, manejo da colheita (OLIVEIRA et al., 2010), intensidades de corte (LIMA et al., 2016) e irrigação (PEREIRA et al., 2015).

As práticas agrícolas como capinas, controle de praga e doenças, adubação, irrigação, entre outras, proporcionam melhores condições para o desenvolvimento pleno das culturas, sendo mais relevante quando há a interação entre essas técnicas. As respostas produtivas da palma forrageira ficam evidentes ao elevar a produtividade quando bem manejada (RAMÍREZ-TOBIÁS et al., 2012). Embora seja uma planta adaptada às condições edafoclimáticas de regiões Áridas e Semiáridas, eventos de irrigação, em algumas oportunidades, são benéficos aos sistemas de cultivos (SÁ et al., 2018), reagindo positivamente a baixas quantidades de precipitação ou irrigação durante as fases críticas de crescimento (POTGIETER, 2007).

Segundo Dantas (2015), em regiões de elevada temperatura noturna, associada aos períodos de secas, é comum a ocorrência de murchas e mortes das plantas. Segundo Inglese et al. (2017), dois a três eventos de irrigações (60-100 mm), aplicadas durante os primeiros estágios de desenvolvimento dos frutos, dentro de 40 dias após a floração, aumentam a produtividade e o tamanho dos frutos. Santos et al. (2017) observaram redução na mortalidade das plantas. Pereira et al. (2015), verificaram que a precipitação pluvial em conjunto com a irrigação, promoveram melhores incrementos biométricos dos cladódios.

Segundo Inglese et al. (2017), surpreendentemente, as atividades fisiológicas como as trocas gasosas e as atividades fotossintéticas, continuam 60 dias após a irrigação sem

interrupção, mesmo quando o teor de água no solo é menor que 5%, até esse período, não há necessidade de irrigação garantindo a mesma produção de plantas com alta disponibilidade hídrica (LIGOURI et al., 2013), neste caso, quando realizada a irrigação, deve ser em menor quantidade ao longo da temporada para que as raízes generalizadas possam utilizá-la eficientemente (SNYMAN, 2004).

Santos et al. (2017) observaram, que aplicando, aproximadamente, 1 L de água por planta, por semana, há aumento no número e área dos cladódios. O suprimento hídrico também elevou a produtividade em condições de disponibilidade hídrica de 1048 a 1096 mm ano⁻¹ (QUEIROZ et al., 2017), essa quantidade de água é acima do que é considerado como ideal para a palma forrageira, que fica entre os limites inferiores e superiores de 368,4 mm e 812,4 mm, respectivamente (MOURA et al., 2011), demonstrando flexibilidade das condições de cultivos, podendo elevar a produtividade da cultura da palma forrageira, por meio da irrigação.

Uma outra técnica a ser considerada na produção da cultura é a frequência de colheita (intervalo de corte), pois a depender do intervalo entre uma colheita e outra, as características produtivas e estruturais da palma forrageira são afetadas (ROCHA et al., 2018), assim como a composição química, pois, quando a colheita foi anual, houve melhoras na qualidade nutritiva de cladódios primários e secundários (GOMES et al., 2018), configurando-se na colheita a cada dois anos melhores rendimentos, pois, eleva a persistência e a perenidade da cultura, aumentando a produtividade, em detrimento da colheita anual (FARIAS et al., 2000; LOPES et al., 2018).

Neste aspecto, a palma forrageira, associada a práticas de cultivo, eleva a produtividade de biomassa vegetal, podendo ser uma cultura tanto para a agricultura de subsistência como para a comercialização de cladódios, contribuindo para obtenção de renda e fixação do homem no campo (NEFZAOUÍ et al., 2014).

Assim, objetivou-se estudar o crescimento e produtividade da palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) sob irrigação suplementar e frequências de cortes.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, conduzido na Fazenda Experimental pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns- (UFRPE/UAG), localizada no município de Garanhuns, situado na mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco, a $8^{\circ} 53' 25''$ de latitude Sul e $36^{\circ} 29' 34''$ de longitude oeste, com 896 metros acima do nível do mar.

O clima da região é classificado como tropical tipo Aw', conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), com temperatura média anual de 21,2 °C e caracterizado por verões quentes e secos e invernos amenos e úmidos, com umidade relativa do ar varia de 75 a 83% (ANDRADE et al., 2008).

Durante o período experimental de 19 de fevereiro de 2016 a 19 de fevereiro de 2018, com duração de 732 dias, foi observado o acumulado de precipitação pluvial de 1572 mm concentrados entre os meses de abril a agosto, temperatura média de 21,9 °C, umidade média de 80% e radiação solar média de 1019,18 kJ/m², conforme são apresentados na Figura 1 e 2.

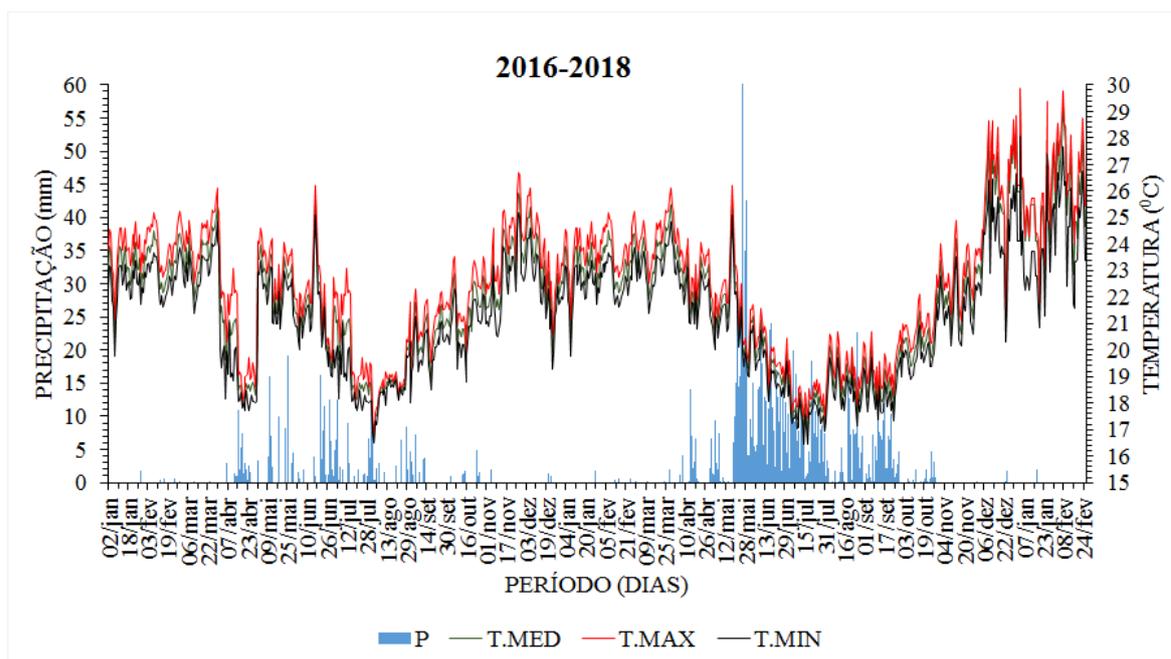


Figura 1. Acumulado diário de precipitação (P.) e médias de temperatura média (T. MED.), temperatura mínima (T. MIN) e temperatura máxima (T. MAX), em Garanhuns-PE, no período de 2016 a 2018. FONTE: INMET/APAC

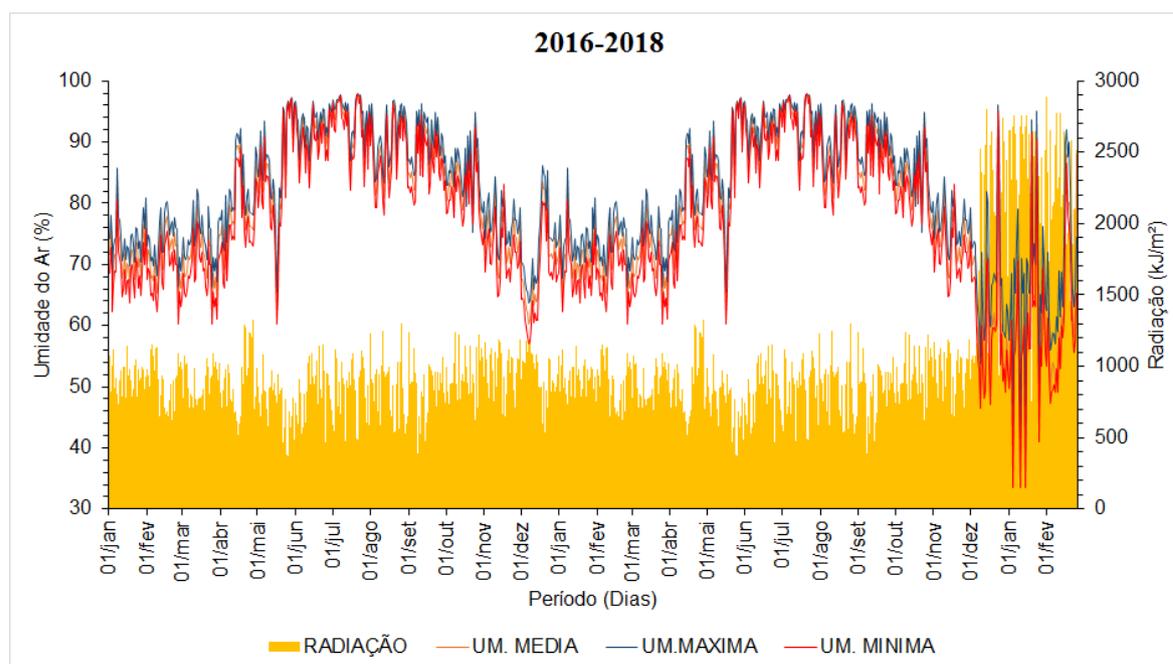


Figura 2. Média diária de radiação (R) e Umidade a média (UM. MEDIA), umidade máxima (UM. MÁXIMA) e umidade mínima (UM. MINIMA), em Garanhuns-PE, no período de 2016 a 2018

FONTE: INMET/APAC

No entanto, durante os 24 meses correspondente ao período de realização do experimento, as precipitações pluviárias concentraram-se entre os meses de abril a agosto, nos demais meses, ocorreram de forma esporádica e incipiente, havendo discrepância na distribuição das chuvas entre os dois anos. No ano de 2016, choveu apenas 408 mm, enquanto no ano de 2017, a precipitação pluvial foi de 1164 mm, conforme médias mensais dos anos de 2016 e 2017, contidas nas tabelas 1.

Tabela 1. Médias mensais de precipitação pluvial dos anos de 2016/17 e 2017/18

2016-2017													
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
P	2,8	3,6	46,8	77,6	82,1	94,5	41,3	40,4	12,7	2	2,4	1,8	1,8
2017-2018													
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	
P	2,4	28,2	334	314,4	233,6	110,8	114,6	16,6	0,2	1,9	2	0,8	

Fonte: INMET/APAC

A água utilizada para irrigação foi classificada como C2S1 (Tabela 2), descrita como de baixa concentração de sódio, apta a ser utilizada para irrigação em quase todas as culturas,

não apresentando restrição ao uso para irrigação, conforme análises do Laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA. O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento, com emissores espaçados a 0,20 m e vazão de 1,5 litros por hora, a cada frequência de irrigação, ligados uma hora por dia, posicionados a uma distância de 0,20 m das plantas.

Tabela 2. Composição química da água utilizada na irrigação do experimento

PARAMETROS	RESULTADOS
Cor Aparente - uH ²	ND
Turbidez – uT	70
Condutividade elétrica - $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C	17,94
Ph	6,55
Sólidos totais dissolvidos-mg/L	241
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO_3 - mg/L	412
Alcalinidade de Carbonatos em CaCO_3 - mg/L	0
Alcalinidade de Bicarbonatos em CaCO_3 - mg/L	0
Dureza total em CaCO_3 - mg/L	24,745
Cálcio em Ca^{2-} - mg/L	24,745
Magnésio em Mg^{2-} - mg/L	35,28
Sódio em Na^+ - mg/L	4,32
Potássio em K^+ - mg/L	5,955
Cloreto em Cl - mg/L	37,25
Sulfato em SO_4^{3-}	9,55
Ferro total em Fe^{2+} mg/L	70,575
Classe da água para irrigação	C2S1

Fonte: Laboratório de planta ração e água - LAPRA, IPA (2018)

O solo da área utilizada para a realização do experimento foi caracterizado como franco argilo-arenoso, com boa retenção de água na subsuperfície. Com teor de areia e argila de 0-20 cm de 65 e 27 g/dm^3 , respectivamente, já, para 20-40cm, os teores de areia e argila foram de 57 e 34 g/dm^3 nessa ordem. Foram coletadas 3 amostras por repetição, homogeneizadas por tratamento e encaminhadas para análise química (Tabelas 3). Antes do plantio, foi realizada aração e gradagem do solo.

Tabela 3. Análise química e fertilidade do solo da área do experimento

PARAMETROS	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO			
	0	21	14	7
	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
pH (CaCl ₂)-um	4,4	4,4	4,4	4,3
Ca-cmolc/dm ³	1,2	1,2	1,2	1,1
Mg- cmolc/dm ³	0,4	0,4	0,5	0,3
Ca+Mg-cmoc/dm ³	1,6	1,6	1,7	1,4
Al-cmoc/dm ³	0,30	0,20	0,20	0,30
H+Al-cmoc/dm ³	3,6	1,7	1,7	1,4
CTC-cmoc/dm ³	5,30	5,0	4,90	4,77
P(Melhich I)-cmoc/dm ³	5,0	6,0	3,0	3,0
K-mg/dm ³	40,0	40,0	40,0	28,0
Mat.Org.-g/kg	23,0	16,0	20,0	16,0
Sat. Al (M%)-%	15,0	11,0	10,0	17,0
Sat. Base (V%)- %	32,0	34,0	37,0	31,0
Ca/Mg	3,0	3,4	2,4	3,7
Mg/CTC-%	7,5	8,0	10,2	6,3
(H+Al)/CTC-%	67,9	66,0	63,3	68,8
K/CTC-%	1,9	2,0	2,1	1,5

Para reposição de nutrientes, foram aplicados 500 Kg ha⁻¹ de N-P-K a formulação 20-10-20, e 40 t ha⁻¹ de esterco bovino, o que corresponde à quantidade de 15,2 t ha⁻¹ de matéria orgânica.

O clone de palma forrageira utilizado foi a Orelha de Elefante Mexicana, IPA-200016 (OEM), da espécie *Opuntia stricta* Haw. Os tratamentos experimentais utilizados foram irrigação suplementar nas frequências de 0 (sem irrigação); e intervalos de irrigação de 21; 14 e 7 dias, aplicando um volume de 41 m³ ha⁻¹, o que corresponde ao volume de 7,5 L por metro linear ou 3 litros de água por planta.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo as parcelas formadas pela irrigação suplementar nas frequências de 0, 21, 14 e 7 dias, que corresponde a um volume de 0; 1.458,3; 2.208,3 e 4.375,0 m³, durante o período de 24 meses (19 de fevereiro de 2016 a 19 de fevereiro de 2018), a estes valores foi somada a quantidade de água recebida pela precipitação pluvial (P). De forma que a quantidade de água disponibilizada por frequência de irrigação foi de 15.700, 17.100, 17.900 e 20.000 m³ ha⁻¹, respectivamente, durante os 24 meses de realização do experimento.

As colheitas da palma foram realizadas em dois ciclos produtivos, o primeiro, aos 12 meses após o plantio, preservando-se o cladódio basal para a rebrota e continuidade de um novo ciclo produtivo, ocorrendo uma segunda colheita aos 12 meses após o primeiro corte,

também preservado o cladódio basal, totalizando dois cortes no período de dois anos. Quando realizado um corte, as plantas cresceram sem interferência, ocorrendo o corte apenas ao final do período de 24 meses, após o plantio, sendo deixado também o cladódio basal.

A palma forrageira foi propagada, através de cladódios, em linha simples, com espaçamento de 1,8 m entre linhas e 0,4 m entre planta, resultando em uma densidade estimada de 13.889 plantas ha⁻¹. As parcelas de 10 metros de comprimento e 9 metros de largura, totalizando 90m², compostas por seis linhas de 10 metros com 25 plantas cada, estas por sua vez foram subdivididas em duas subparcelas, cada uma, contendo 10 m de comprimento por 4,5 m de largura, totalizando 45 m², com três linhas, sendo utilizada a linha central como área útil para avaliação das plantas, considerado bordadura uma linha de cada lado da linha central e uma planta no início e final da linha central, contabilizando 23 plantas para avaliação figura 2.

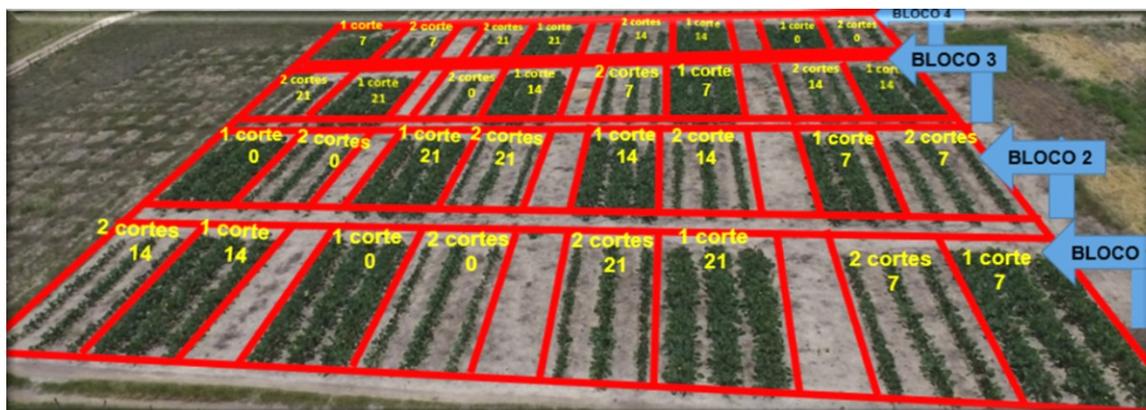


Figura 3. Delineamento experimental

Para avaliação dos efeitos dos tratamentos, foram avaliadas, na área útil, as seguintes características agronômicas:

Produtividade de Matéria Verde (PMV): Foram colhidas todas as plantas da área útil, pesadas em balança digital, sendo a produtividade obtida pela média dos tratamentos e transformados para Mg ha⁻¹. Para a **Produtividade de Matéria Seca (PMS)**, foram colhidas amostras representativas (seguindo o padrão de crescimento da planta), sendo os cladódios fracionados, acondicionados e levados para estufa de circulação a 55 °C até obter o peso constante, para obtenção do teor de matéria seca. Levando-se em consideração a produtividade de matéria verde, calculou-se a produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹);

Eficiência do uso da água (EUA): Foi calculado através da quantidade de matéria seca produzida por hectare, por volume de água recebido, por precipitação pluvial ou precipitação mais irrigação (kg MS m⁻³);

Altura da Planta (AP), foi determinada levando em consideração a maior distância vertical entre a superfície do solo e a extremidade do cladódio mais alto e a Largura da planta (LP), pela maior largura horizontal entre cladódios das extremidades. Foram determinadas com fita métrica no final de cada ciclo produtivo (na colheita), em 23 plantas da área útil (cm);

As características morfológicas avaliadas do cladódio foram: Número (NC), Comprimento (CC), Largura (LC), Perímetro (PC), Espessura (EC), Área de cladódio (AC) e Índice de Área (IAC) de Cladódio primário, secundário, terciário e quaternário. O Comprimento, Largura e o Perímetro de cladódio foram mensurado com fita métricas (cm), já a espessura foi mensurada, com paquímetro digital na região mediana do cladódio (mm). A área de cladódio foi determinada, segundo Silva et al. (2014) e o índice de área dos cladódios dividido pela área de solo ocupada pela planta ($m^{-2} m^{-2}$).

O controle das plantas invasoras foi realizado através de capinas e de modo manual, e realizado o monitoramento de pragas e doenças, ocorrendo incidência da cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*), a qual necessitou de controle, aplicando-se óleo mineral a 2% em 3 aplicações.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados quantitativos foram avaliados pela regressão polinomial, empregando-se o software estatístico SAS[®].

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de crescimento da palma forrageira foram influenciados pela irrigação suplementar, em que os comprimentos dos cladódios apresentaram efeito linear, crescente para os cladódios primários dos cortes aos 12 meses, e decrescente para os demais cladódios nos cortes aos 12 e 24 meses, exceto para os cladódios secundários, de ambos os cortes, que não sofreram efeito da irrigação suplementar. Na comparação de média das frequências de cortes, o crescimento dos cladódios foi igual para os cladódios primários, e o corte com 24 meses apresentou comprimento superior aos cortes com 12 meses para os demais cladódios (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.) cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
CC1	1° e 2ª (12 meses)	25,7 ^a	25,9 ^a	27,6 ^a	27,7 ^a	$\hat{y} = 18,381 + 0,0045x$	0,76	*
(cm)	1° (24 meses)	32,5 ^a	29,7 ^a	28,6 ^a	29,9 ^a	$\hat{y} = 42,757 - 0,0068x$	0,72	*
CC2	1° e 2ª (12 meses)	17,7 ^b	16,0 ^b	18,2 ^b	15,5 ^b	$y = 16,8$		NS
(cm)	1° (24 meses)	29,8 ^a	30,4 ^a	29,9 ^a	29,2 ^a	$y = 29,8$		NS
CC3	1° e 2ª (12 meses)	17,7 ^b	16,0 ^b	16,2 ^b	15,5 ^b	$\hat{y} = 24,488 - 0,0044x$	0,86	*
(cm)	1° (24 meses)	29,8 ^a	29,6 ^a	29,4 ^a	29,1 ^a	$\hat{y} = 31,95 - 0,0013x$	0,88	*
CC4	1° e 2ª (12 meses)	0,0	0,0	0,0	0,0			
(cm)	1° (24 meses)	26,1	24,2	23,9	24,1	$\hat{y} = 32,912 - 0,0045x$	0,83	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS - Não significativo

CC-Comprimento de cladódio, 1-primário, 2-secundário, 3-terciário e 4-quaternário.

O comprimento de cladódio é pouco variável, pois, os cladódios possuem crescimento relativamente rápido, apresentando dimensões semelhantes, entre os tratamentos.

Na análise de largura de cladódios, observa-se efeito linear crescente para o corte aos 24 meses, exceto para os cladódios quaternários, por serem mais jovens ainda, não foram influenciados pela irrigação suplementar. O mesmo ocorreu para os cortes anuais, com exceção do cladódio terciário, que foi influenciado negativamente. Na comparação de média das frequências de cortes, a irrigação suplementar foi igual para os cladódios primários e secundários, diferenciando apenas no terciário, com maiores larguras para o corte com 24 meses (Tabela 5).

Tabela 5. Largura de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
LC1	1° e 2ª (12 meses)	18,9 ^b	20,2 ^a	20,6 ^a	21,0 ^a	$\hat{y} = 12,249 + 0,0043x$	0,99	*
(cm)	1° (24 meses)	23,0 ^a	22,9 ^a	23,9 ^a	23,9 ^a	$\hat{y} = 19,434 + 0,0022x$	0,66	*
LC2	1° e 2ª (12 meses)	20,5 ^b	22,0 ^a	22,3 ^a	22,5 ^a	$\hat{y} = 13,996 + 0,0043x$	0,95	*
(cm)	1° (24 meses)	23,2 ^a	23,3 ^a	23,4 ^a	23,7 ^a	$\hat{y} = 21,621 + 0,001x$	0,78	*
LC3	1° e 2ª (12 meses)	15 ^b	14,7 ^b	14,2 ^b	14,5 ^b	$\hat{y} = 17,14 - 0,0014x$	0,75	*
(cm)	1° (24 meses)	22,7 ^a	22,8 ^a	23,2 ^a	23,5 ^a	$\hat{y} = 20,136 + 0,0016x$	0,77	*
LC4	1° e 2ª (12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
(cm)	1° (24 meses)	19,7	17,5	19,9	21,1	$\hat{y} = 19,6$		NS

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS - Não significativo

LC-Largura de cladódio, 1-primário, 2-secundário, 3-terciário e 4-quaternário.

O dimensionamento de cladódio estar diretamente relacionado com o desenvolvimento da planta, assim, plantas com cladódios de maiores larguras são potencialmente plantas com maior área fotossintetizante conseqüentemente maior potencial de produção de biomassa.

Na análise de espessura de cladódios, em função da irrigação suplementar, observa-se efeito linear crescente, tanto nos cortes aos 12 meses quanto aos 24 meses, em relação aos cladódios primários e secundários, já, em relação aos cladódios terciários, houve efeito linear decrescente. Para o cladódio quaternário a irrigação suplementar não apresentou efeito significativo. Em relação às frequências de cortes a irrigação suplementar diferiram para os cladódios primários, secundários e terciários, exceto para suplementação zero. Apresentando maiores espessuras quando realizado um corte aos 24 meses.

Tabela 6. Espessura de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA - 200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
EC1 (mm)	1° e 2°(12 meses)	16,7 ^a	16,9 ^b	16,8 ^b	16,9 ^b	$\hat{y}=16,067 + 0,0004x$	0,87	*
	1° (24 meses)	20,2 ^a	21,8 ^a	21,7 ^a	21,7 ^a	$\hat{y}=15,486 + 0,0032x$	0,77	*
EC2 (mm)	1° e 2°(12 meses)	11,3 ^a	11,5 ^b	11,8 ^b	11,9 ^b	$\hat{y}=9,2849 + 0,0013x$	0,98	*
	1° (24 meses)	13,9 ^a	14,3 ^a	15,1 ^a	14,9 ^a	$\hat{y}=9,9509 + 0,0025x$	0,88	*
EC3 (mm)	1° e 2°(12 meses)	3,5 ^b	2,6 ^b	2,5 ^b	2,2 ^b	$\hat{y}=7,5745 - 0,0026x$	0,97	*
	1° (24 meses)	10,3 ^a	9,8 ^a	9,6 ^a	9,7 ^a	$\hat{y}=12,312 - 0,0013x$	0,91	*
EC4 (mm)	1° e 2°(12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
	1° (24 meses)	8,8	8,5	9,8	8,1	$\hat{y} = 8,85$		NS

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey (p<0,05).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

LC-Espessura de cladódio, 1-primario, 2-secundario, 3-terciario e 4-quaternario.

É possível que a suplementação hídrica tenha ocasionado pressão na parede celular através da quantidade de água nos vacúolos.

Considerando o perímetro do cladódio, houve efeito linear decrescente para os primários aos 24 meses e terciário aos 12 e 24 meses, em função da irrigação suplementar, por sua vez não foi significativa, quando realizados cortes aos 12 meses para o cladódio primário e aos 12 e 24 meses para o secundário, o mesmo ocorreu para o cladódio quaternário. Um corte, em 24 meses, não diferiu para o cladódio primário e secundário em relação a dois cortes nesse período, já para o cladódio terciário, os maiores valores foram observados para o corte aos 24 meses (Tabela 7).

Tabela 7. Perímetro de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA 2000-16 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
PC1	1° e 2º(12 meses)	75,7a	73,6a	74,7a	74,8a	$\hat{y} = 74,72$		NS
(cm)	1° (24 meses)	95,4a	91,0a	83,3a	87,2a	$\hat{y} = 130,28 - 0,0221x$	0,77	*
PC2	1° e 2º(12 meses)	80,4a	76,6a	75,5a	78,5a	$\hat{y} = 77,82$		NS
(cm)	1° (24 meses)	83,0a	84,3a	79,7a	82,3a	$\hat{y} = 82,3$		NS
PC3	1° e 2º(12 meses)	59b	52b	44b	38,2b	$\hat{y} = 127,62 - 0,0428x$	0,94	*
(cm)	1° (24 meses)	84,5a	83,2 ^a	83,0a	80,9a	$\hat{y} = 95,079 - 0,0065x$	0,79	*
PC4	1° e 2º(12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
(cm)	1° (24 meses)	71,7	72,7	78,5	68,0	$\hat{y} = 72,75$		NS

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

PC-Perímetro de cladódio, 1-primário, 2-secundário, 3-terciário e 4-quaternário.

Da mesma forma Pereira et al. (2015) também não observaram diferença, quando avaliado o perímetro de cladódio nas frequências de irrigação 7; 14 e 28 dias com uma lâmina de irrigação de 7,5 mm, reafirmando que essas características de crescimento da planta pouco são influenciadas pela água da irrigação.

Ao estudar a área de cladódio, verificou-se efeito linear decrescente em função da irrigação suplementar para o cladódio terciário nos cortes aos 12 e 24 meses e o quaternário aos 24 meses. A irrigação suplementar não apresentou efeito significativo para área dos cladódios primário e secundário. As frequências de cortes aos 12 ou 24 meses não diferiram para o cladódio primário e secundário, já para o cladódio terciário, os maiores valores foram observados para o corte aos 24 meses (Tabela 8).

Tabela 8. Área de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA 2000-16 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
AC1	1° e 2º(12 meses)	389,6a	404,0a	428,5a	423,6a	$\hat{y} = 411,4$		NS
(cm ²)	1° (24 meses)	552,4a	490,7a	472,6a	500,6a	$\hat{y} = 504,1$		NS
AC2	1° e 2º(12 meses)	423,8a	424,7a	431,8a	445,6a	$\hat{y} = 431,5$		NS
(cm ²)	1° (24 meses)	434,0a	469,2a	448,3a	475,9a	$\hat{y} = 456,9$		NS
AC3	1° e 2º(12 meses)	234,9b	205,4b	208,4b	204,9b	$\hat{y} = 330,5 - 0,0632x$	0,81	*
(cm ²)	1° (24 meses)	481,8a	480,1a	473,3a	468,5a	$\hat{y} = 525,7 - 0,0268x$	0,81	*
AC4	1° e 2º(12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
(cm ²)	1° (24 meses)	362,2	356,6	343,1	349,7	$\hat{y} = 416,48 + 0,0343x$	0,72	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

AC-Área de cladódio, 1-primário, 2-secundário, 3-terciário e 4-quaternário.

Segundo Pinheiro et al. (2014), as características morfológicas comprimento, largura, espessura e perímetro dos cladódios apresentaram correlação com o índice de área do cladódio, com destaque para o efeito direto do número total de cladódios, neste aspecto, plantas com maior número de cladódios proporcionam melhor cobertura do solo, melhor otimização da área utilizada.

Durante o período experimental, de fevereiro de 2016 a fevereiro de 2018, as médias de temperatura do ar foram de 21,2°C para a mínima, e 22,5°C para a máxima (INMET, 2018), havendo pequena amplitude térmica entre seus limites inferiores e superiores, estando estes valores dentro do intervalo de temperaturas ótimas de cultivo da cultura, que são de 16,1°C e 25,4°C para a mínima e máxima, respectivamente (MOURA et al., 2011).

A precipitação pluvial durante o período experimental foi de 1.569,3 mm, em sua maior parte concentrados entre os meses de abril a agosto dos anos 2016 e 2017 (INMET, 2018). As médias da umidade do ar e radiação foram de 80% e 1009,18kJ/m², respectivamente (INMET, 2018). A precipitação pluvial e umidade relativa do ar durante o período experimental (Tabela 1 e 2) estão dentro dos limites ótimos para cultura da palma forrageira, que são de 300 a 800 mm anuais de precipitação pluvial e umidade do ar maior que 40% (MOURA et al., 2011).

O acumulado de precipitação pluvial durante os 24 meses de condução do experimento foi de 1572 mm, foram distribuídos, sendo 408 mm em 2016, correspondendo a 25% do total da precipitação pluvial, concentrada entre os meses de abril a agosto; e no ano de 2017, a precipitação pluvial foi de 1164 mm correspondendo 75% do total, também, concentrada nos meses de abril a agosto. Considerando o ano de 2016, a precipitação pluvial

foi próxima ao limite mínimo, para crescimento da palma forrageira, que é 300 mm, já, no período de 2017, a precipitação observada estava acima do limite máximo que a palma requer para o máximo crescimento, que é de 800 mm por ano (MOURA et al., 2011), todavia, é importante mencionar que a precipitação pluvial se concentrou predominantemente entre os meses de abril a agosto, sendo 83%, em 2016, e 88%, em 2017, da precipitação pluvial anual.

Como observado anteriormente, o volume de água que incidiu na área experimental, por meio da precipitação pluvial, atendia a necessidade da cultura para seu crescimento e desenvolvimento, podendo ter influenciado nos componentes de crescimento e produção da cultura, não sendo necessária suplementação hídrica por meio da irrigação. No entanto, a suplementação hídrica via irrigação foi baseada, nos primeiros trabalhos com irrigação realizados no Rio Grande do Norte, onde as condições climáticas extremas da região não permitem o cultivo da palma em sistema de sequeiro, ocorrendo murchas acentuadas e alta mortalidade das plantas (REGO et al., 2014; DANTAS, 2015).

Dantas (2015) cita além destes motivos a alta transpiração noturna, baixa captação de CO₂ e morte das raízes como causas do baixo rendimento da palma forrageira em regiões climáticas desfavoráveis como o Rio Grande do Norte. Lima et al. (2016) avaliaram as características morfológicas e produtivas da palma forrageira irrigada submetida a diferentes intensidades de corte, na mesma localidade e definiram estes aspectos como alternativas de manejo com vistas à sustentabilidade da palma forrageira.

Portanto, condições edafoclimáticas distintas poderão levar a resultados diferentes, permitindo a avaliação da frequência zero de irrigação suplementar nas condições edafoclimáticas do Agreste Meridional de Pernambuco.

O índice de área de cladódio apresentou efeito linear decrescente em função da irrigação suplementar para o cladódio primário, secundário e quaternário aos 24 meses, e também para o secundário aos 12 meses, já para índice de área de cladódio primário houve efeito linear crescente. O cladódio terciário não foi influenciado. O índice de área de cladódio primário não diferiu, quando realizado um ou dois cortes em 24 meses, no entanto, os cladódios secundários e terciários foram superior ao realizar um corte aos 24 meses (Tabela 9).

Tabela 9. Índice de área de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig	
	0	21	14	7				
IAC1	1º e 2º(12 meses)	0,38a	0,39a	0,39a	0,40a	$\hat{y} = 0,3358 + 3E-05x$	0,96	*
(cm ² cm ²)	1º (24 meses)	0,61a	0,35a	0,39a	0,39a	$\hat{y} = 1,3327 - 0,0005x$	0,70	*
IAC2	1º e 2º(12 meses)	0,70b	0,68b	0,68b	0,65b	$\hat{y} = 0,8439 - 9E-05x$	0,75	*
(cm ² cm ²)	1º (24 meses)	1,3a	1,0a	1,0a	1,0a	$\hat{y} = 2,2692 - 0,0006x$	0,74	*
IAC3	1º e 2º(12 meses)	0,016b	0,016b	0,015b	0,013b	$\hat{y} = 0,015$		NS
(cm ² cm ²)	1º (24 meses)	1,29a	1,14a	1,16a	1,18a	$\hat{y} = 1,19$		NS
IAC4	1º e 2º(12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
(cm ² cm ²)	1º (24 meses)	0,30	0,19	0,17	0,19	$\hat{y} = 0,697 - 0,0003x$	0,7787	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

IAC-Índice de Área de cladódio, 1-primario, 2-secundario, 3-terciario e 4-quaternario.

O índice de área de cladódio reflete o número de cladódio, pois juntamente com as maiores dimensões dos cladódios, formam a área de captação da radiação solar para realização da fotossíntese, e formação da matéria seca e verde, havendo um incremento da produtividade de massa verde da palma forrageira com o aumento do índice de área do cladódio (SILVA et al., 2014).

Para índice de área de cladódio primário, não houve diferença entre um e dois cortes, conforme apresentado na tabela 9, ocorrência possível devido à realização de cortes a cada 12 meses, por apresentar nesta ordem duas áreas de cladódios, pois a soma das áreas destas repercute no quanto esta área recobre a área de solo que a planta está inserida, enquanto para o índice de área de cladódio quaternário, apenas colheita bianual apresentava esta ordem de cladódios.

Lima et al. (2016) avaliaram as características morfológicas e produtividade da palma forrageira cv. Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) irrigada, submetida a diferentes intensidades de corte e não observaram interação entre os tratamentos, mostrando que o índice de área foliar foi maior quando realizado um corte aos 24 meses, enfatizando os resultados em função da disponibilidade hídrica do presente trabalho.

Segundo Pinheiro et al. (2014), o índice de área do cladódio do clone Orelha de Elefante Mexicana apresenta correlação alta e positiva com o número total de cladódios, sendo esta a variável que mais influencia variabilidade do rendimento da palma forrageira, o que está de acordo com os resultados de produtividade de matéria verde e seca encontrados no presente trabalho.

Para o peso de cladódio observou-se comportamento linear decrescente para os cladódios secundários nos cortes aos 12 meses e para o quaternário aos 24 meses, enquanto houve efeito linear crescente para o cladódio secundário aos 24 meses, não sendo constatado diferença significativa para os cladódios primário e secundário em função da irrigação suplementar. Com relação às frequências de cortes os maiores valores foram observados aos 24 meses para o cladódio primário, secundário e terciário (Tabela 10).

Tabela 10. Peso de matéria verde de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
PCL1 (kg/cl)	1° e 2º(12 meses)	1,2b	1,1b	1,1b	1,1b	$\hat{y} = 1,1$		NS
	1° (24 meses)	1,9a	1,9a	1,9a	1,9a	$\hat{y} = 1,9$		NS
PCL2 (kg/cl)	1° e 2º(12 meses)	0,7a	0,6a	0,7a	0,7a	$\hat{y} = 0,9279 - 0,0001x$	0,58	*
	1° (24 meses)	0,8a	1,0a	1,1a	1,0a	$\hat{y} = 0,0865 + 0,0006x$	0,80	*
PCL3 (kg/cl)	1° e 2º(12 meses)	0,05b	0,04b	0,04b	0,04b	$\hat{y} = 0,043$	0,73	NS
	1° (24 meses)	0,6a	0,6a	0,6a	0,6a	$\hat{y} = 0,61$	0,87	NS
PCL4 (kg/cl)	1° e 2º(12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
	1° (24 meses)	0,6	0,5	0,5	0,4	$\hat{y} = 1,3802 - 0,0005x$	0,92	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

PCL=Peso por cladódio, 1-primario, 2-secundario, 3-terciario e 4-quaternario.

A palma forrageira apresentou cladódios, nas ordens iniciais, mais pesados, pois são os primeiros a serem formados necessitando de boa quantidade de nutrientes para a sustentar e nutrir a formação dos cladódios das ordens seguintes, apresentando peso médio de cladódio primário de 1,2 kg, para dois cortes, e 1,9 kg, para um corte com 24 meses, enquanto os cladódios terciários pesam, quando realizados dois cortes, apenas 0,05 kg e, quando um corte 0,6 kg, é constituído significativo percentual da produção ao final do período dos 24 meses.

Os cladódios primários e secundários configuram maior peso por cladódio, representando quase a totalidade do corte aos 12 meses, sendo os cladódios mais pesados também para um corte aos 24 meses. O peso por cladódio terciário foi superior, quando ocorreu apenas um corte em 24 meses, diferindo em relação a dois cortes em toda as frequências de irrigação.

Isso ocorre em virtude do tempo de desenvolvimento, pois, os cladódios terciários, aos 24 meses encontravam-se plenamente desenvolvidos, enquanto, aos 12 meses, encontravam-se, no início do desenvolvimento, de forma que eram poucos e não

completamente formados, tendo aparência ainda de brotação, na sua maioria. Quanto ao peso por cladódio quaternário, encontrava-se apenas no corte aos 24 meses e com o aumento no volume de água houve redução no peso por cladódio, todavia, semelhante ao que ocorreu no corte aos 12 meses com os cladódios terciários, os cladódios quaternários estavam em formação.

Segundo Nobel et al. (1992), as diferenças na produção de biomassa refletiram diferenças no número dos cladódios, pois, os cladódios apresentam pesos semelhantes, no entanto, à medida que a planta aumenta o número de cladódio tornar-se-á de maior produtividade.

Os cladódios primários e secundários são os primeiros a serem formados, consistindo quase a totalidade da produção, quando a palma é cortada a cada 12 meses, já, quando cortada aos 24 meses, há o surgimento de novos cladódios. No presente trabalho encontrava-se em pleno desenvolvimento a quarta ordem.

Também observado por Farias et al.(2000), que independentemente da intensidade de corte, houve maior produção de cladódio da palma forrageira, com o aumento no período de colheita, conferindo a colheita bianual uma opção viável, para o manejo da palma forrageira no Agreste pernambucano, segundo Barbosa et al. (2017), não há correlação da produtividade de matéria verde e seca com o suprimento de água e evapotranspiração real, quando analisados clones de palma forrageira ($p > 0,05$), o mesmo ocorreu no presente trabalho, em que o aumento no volume de água disponível não aumentou a produtividade de cladódio da palma forrageira.

Para o número de cladódios observou-se efeito linear decrescente em todas as ordens e nos cortes aos 12 ou 24 meses. O corte aos 24 meses foi maior para os cladódios secundários e terciários, não diferindo para o primário, exceto na frequência 21 dias de irrigação (Tabela 11).

Tabela 11. Número de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA 2000-16 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
NC1	1° e 2º(12 meses)	9,0a	8,05a	8,4a	8,0a	$\hat{y} = 12,148 - 0,0019x$	0,83	*
	1° (24 meses)	7,6a	5,8b	5,6a	5,5 ^a	$\hat{y} = 14,658 - 0,0046x$	0,90	*
NC2	1° e 2º(12 meses)	12,1b	11,8b	11,5b	10,8b	$\hat{y} = 16,012 - 0,0024x$	0,79	*
	1° (24 meses)	20,2a	15,3a	14,2a	15,8a	$\hat{y} = 36,984 - 0,0111x$	0,74	*
NC3	1° e 2º(12 meses)	2,1b	1,8b	1,3b	1,0b	$\hat{y} = 5,9258 - 0,0023x$	0,91	*
	1° (24 meses)	22,7a	16,8a	17,9a	17,2 ^a	$\hat{y} = 40,106 - 0,0116x$	0,74	*
NC4	1° e 2º(12 meses)	0,00	0,00	0,00	0,00			
	1° (24 meses)	6	3,8	3,4	2,8	$\hat{y} = 16,166 - 0,0066x$	0,97	*
Total	1° e 2º(12 meses)	23,2	21,65	21,2	19,8			
	1° (24 meses)	56,5	41,7	41,1	41,3			

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

NC=Número de cladódio, 1-primario, 2-secundario, 3-terciario e 4-quaternario.

Provavelmente, estes resultados sejam consequência da preservação da área fotossintética da planta, que teve crescimento pleno durante os 24 meses, pois, a cada nova ordem há o surgimento de um maior número de cladódios do que a anterior, visto que, a maior quantidade são para os cladódios secundários e terciários, todavia, o corte a cada 12 meses apresenta apenas cladódios primários e secundários bem formados e, quando apresentou terciários, estes eram incipiente, não havendo tempo hábil para formação dos mesmos e assim concentrando-se todo os cladódios nas primeiras ordens.

De acordo com o número de cladódios (Tabela 11), a cada nova ordem há o surgimento de um número de cladódio muito maior que a ordem anterior, neste sentido, o número de cladódio primário para o tratamento sem suplementação hídrica em dois cortes foi de 9 cladódios por planta e, quando realizado um corte, foi de 7,6, todavia, o número de cladódios secundário foi de apenas 12,1 para dois cortes, e 20,2, para um corte, respectivamente, com isso, o acúmulo de matéria verde e seca é crescente ao longo do tempo, seguindo a produção proporcionalmente ao surgimento de cladódios.

É possível que as maiores quantidades de água, além de ter inibido a brotação de novos cladódios, tenham atrasado a emissão e a formação dos mesmos, retardando o desenvolvimento. Situação semelhante ocorre, quando avaliado o uso da irrigação na floração de três variedades de palma para frutos, quando houve maior disponibilidade hídrica, aumentou a fase de floração e maturação dos frutos, no entanto, não modificando a

quantidade de frutos final e reduziu a quantidade de novas brotações de cladódios (ARBA et al., 2018), também Amorim et al. (2017) observaram que as maiores entradas de água aumentaram a fenofase II, o que também reduziu a emissão de novos brotos, tendo como consequência, menor área fotossintética ativa, menor produtividade de biomassa e número de cladódio total.

A emissão de novas brotações de cladódios está associado à maturidade dos cladódios e ao ganho de peso seco (NERD e MIZRAHI, 1994), ocorrendo que, após o cladódio alcançar um determinado nível de armazenamento de água, são suficientes para a formação de matéria seca, deixando de haver resposta regular na maior disponibilidade de água, sugerindo que uma manutenção regulada pela irrigação não resulta em maior biomassa vegetal (SCALISI et al., 2016), assim, a palma é tolerante à seca e talvez não seja necessariamente limitada pela água da superfície (SNYMAN, 2014). Desde que atendida a necessidade hídrica mínima que é de 300 mm (MOURA et al., 2011)

O volume de precipitação pluvial possivelmente não contribuiu para que as irrigações suplementares respondessem positivamente, devido à palma forrageira ser altamente eficiente no uso da água deve ter armazenamento em quantidade para manutenção das atividades metabólicas e fixação de CO₂.

O que pode explicar o ocorrido na presente pesquisa para o número total de cladódios (Tabela 11), em que a menor irrigação suplementar apresentou maior número de cladódios, 23,2 e 56,5 unidades e apenas 19,8 e 41,3 cladódios para o maior e menor volume de água suplementar, respectivamente, correspondentes às frequências de corte aos 12 e 24 meses.

Neste sentido, a irrigação deverá ser em menor quantidade ao longo do ciclo para que as raízes generalizadas na porção de solo entre 0 a 30 cm possam utilizá-la eficientemente (SNYMAN, 2004). A disponibilidade hídrica elevada pode ser prejudicial ao desenvolvimento da palma, segundo Bajgain et al. (2015), o excesso de água, mesmo por curto período, reduz o desenvolvimento das plantas, ao proporcionar um ambiente desfavorável ao crescimento, proporcionando baixo índice de área foliar, baixo crescimento vegetativo e retardo na recuperação do sistema radicular, resultando em fraca acumulação de biomassa. De igual modo Oliveira et al. (2010) atribui a precipitação pluvial acima de 1000 mm ano⁻¹ à redução na produtividade da cultura devido ao excesso hídrico, também Parker, (1988) observou que precipitação de inverno diminuía taxa de crescimento de cactos.

Neste aspecto é importante considerar a interação de fatores climáticos para os resultados de redução de biomassa nos tratamentos com maiores volumes de água, através da irrigação, encontrados no presente trabalho, pois, além da precipitação concentrada entre

os meses de abril a agosto, as médias de temperatura neste período foram de 20,3°C, em 2016, e 20,1°C, em 2017, (INMET, 2018), ocorre que temperaturas acima de 25°C produzem novos cladódios, enquanto temperatura menor que 20 °C não resulta em brotações de cladódios, podendo resultar, na emissão de flores, em vez de novos cladódios (INGLESE et al., 2017).

Segundo Bowers, (1996), a proporção de flores é maior em anos úmidos, demonstrando que altos investimentos em flores dificultarão o desenvolvimento de novos cladódios, pois, períodos de alta incidência de botões florais, nas *Opuntia*, devem alternar com períodos de alto crescimento vegetativo. Neste aspecto, novos cladódios, flores ou raízes surgirão do tecido meristema das aréolas (INGLESE et al., 2017) e estas produzirão um botão floral ou um broto vegetativo, uma vez diferenciado em um botão floral, não haverá produção vegetativa (GIBSON E NOBEL, 1986), segundo Nerd e Mizrahi, (1994), além do que, a produção de cladódios foi induzida quando as flores foram removidas.

No que tange ao tratamento com menor volume de água disponível, ou seja, com frequência zero de irrigação, é possível que a associação com as demais condições climáticas, que foram de baixa temperatura e alta umidade do ar, principalmente durante o período noturno, tenha contribuído para o crescimento pleno da palma forrageira. Resultando em maior produtividade de biomassa, uma vez que, a produtividade da planta CAM é predominantemente impulsionada pela temperatura do ar durante a noite (quando ocorre a troca gasosa), e não pela diurna (quando os estômatos estão fechados) (ANDRADE et al., 2007; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Dessa forma a produção de cladódios está intimamente relacionada à temperatura (FLORES-HERNÁNDEZ et al., 2004), reduzindo as perdas de água durante a captação do CO₂. Ainda é válido mencionar que, além da manutenção do crescimento dos cladódios, estes são extremamente responsivos à reidratação, após longos períodos de seca, sugerindo que reduções reguladas da irrigação não afetam significativamente a biomassa vegetal (FAO, 2017).

Possivelmente, isto ocorre em função de que a redução de água no solo aumenta significativamente a quantidade e o tamanho das raízes finas, principalmente de forma horizontal, incrementando o volume de solo que pode ser explorado. E neste caso como o suprimento de nutrientes e água ocorre a partir do volume de solo abrangido pelo sistema radicular, para atender à necessidade hídrica, constituindo-se em uma adaptação à seca, já que, essas raízes conseguem absorver água do solo em níveis muito baixos (SNYMAN,

2014), ocorrendo como consequência aumento na quantidade de nutrientes que pode ser interceptados e utilizados.

Segundo Scalisi et al. (2015), o diâmetro de cladódios de *Opuntias* cultivadas em ambientes com elevada restrição hídrica e intermitência de precipitação pluvial, apresentam flutuação concomitante à presença de água, todavia, não foram encontradas diferenças nas atividades metabólicas dos cladódios e na produção de biomassa, em comparação com cladódios irrigados, também, observaram que o crescimento do cladódio foi altamente responsivo à reidratação, após longos períodos de seca, além disso, Luo e Nobel (1993) acrescentam que as raízes de *O. ficus indica* não irrigadas, com 18 meses, incorporam 23% mais carbono do que quando bem regadas, o que pode ter ocorrido no presente trabalho, em que o maior acúmulo de biomassa foi observado no tratamento com menor volume de água disponível, dessa forma, é possível que a produção de biomassa da palma tenha sido influenciada pelos fatores climáticos incidentes, durante o período experimental, pois, no tratamento com menor volume de água disponível, ou seja, frequência zero de irrigação, é possível que se tenha condições hídricas suficientes para a máxima produção, além de explorar melhor o solo absorvendo nutrientes e os armazenando.

Segundo Pereira et al. (2015), na aplicação de uma lâmina de 7,5 mm nas frequências de 7, 14 e 21 dias, a palma não apresentou efeito significativo sobre as variáveis de crescimento, mesmo, recebendo apenas 211 mm via precipitação, e Queiroz et al. (2015) observaram que o acumulado de água oriunda da precipitação pluvial mais irrigação de 976, 1048, 1096, 1152 e 1421 mm, distribuído durante o ciclo da cultura, não promoveram alterações significativas nas características morfofisiológicas nem na produtividade da palma forrageira, reafirmado os achados do presente estudo.

Neste sentido o número de cladódios influenciou a altura e largura das plantas (Tabela 12). O que também foi causa de influência para maiores alturas da planta, pois, quando observado em função da água disponível também apresentou comportamento linear decrescente, do menor para o maior volume de água disponível. Dessa forma foi observado que, para a altura e largura da palma, foi apresentado um comportamento linear decrescente, tanto nos cortes aos 12 meses quanto aos 24, já o corte aos 24, foi superior aos de 12 meses (Tabela 12).

Tabela 12. Altura e largura da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
	0	21	14	7			
ALT 1° e 2°(12 meses)	70,0b	69,9b	69,5b	69,2b	$\hat{y} = 72,632 - 0,0016x$	0,72	*
(cm) 1° (24 meses)	100,5a	93,2a	92,9a	93,9a	$\hat{y} = 123,71 - 0,0154x$	0,76	*
LARG 1° e 2°(12 meses)	114,4b	110,5b	110,9b	110,7b	$\hat{y} = 126,37 - 0,0079x$	0,78	*
(cm) 1° (24 meses)	177,8a	168,5a	167,8a	167,3a	$\hat{y} = 212,69 - 0,0228x$	0,88	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

ALT-altura da planta e LRG-largura da planta

O comportamento de desenvolvimento da planta, em altura e largura, assevera o quanto o meio em que a planta está inserida é benéfico ou não para a produção da cultura, neste aspecto, na seleção de variedades de palma forrageira, deve-se priorizar a seleção de clones de maior altura e largura da planta, pois esses resultam em maiores produtividades de matéria verde e seca (SILVA et al., 2010).

Essas diferenças na altura e largura das plantas entre os cortes são referentes ao período em que a planta permanece em desenvolvimento no campo, pois, as plantas referentes a um corte em 24 meses, tiveram 12 meses a mais em campos para expandir sua área fotossintética, com aumento no número de cladódio, ocorrendo ordens superiores, conforme a presença de cladódios, quaternários, que estavam presentes apenas quando realizado um corte em 24 meses.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com Queiroz et al. (2015), que observaram que no aumento da lâmina de água aplicada e da disponibilidade hídrica houve redução, na capacidade de utilização da água, para o crescimento da palma forrageira.

De forma análoga também são as respostas da palma forrageira, para disponibilidade hídrica, em relação à produção de biomassa, expressa em matéria verde (MV) e matéria seca (MS), da mesma forma apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com o aumento dos volumes de água disponíveis por meio das frequências de irrigação.

Provavelmente, este fato esteja relacionado ao incomum regime hídrico ocorrido, principalmente, no segundo ano do experimento, inibindo respostas positivas para produção de biomassa pelas frequências de irrigação, uma vez que, segundo Bowers (1996), o excesso

de água leva a maior produção de flores, competindo com brotação de cladódio, pois, anos de alto investimento em flores desencorajam o surgimento de novos cladódios pela palma.

Para a produtividade de matéria verde e seca e eficiência do uso da água, ocorreu efeito linear decrescente, de acordo com as frequências de irrigação, nos cortes com 12 ou 24 meses, já quanto ao teor de matéria seca, a irrigação suplementar não apresentou efeito significativo. Num corte aos 24 meses a produtividade e a eficiência do uso da água foram superiores à soma de dois cortes.

Tabela 13. Produtividade e eficiência do uso da água da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 sob irrigação suplementar e frequências de cortes

	CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
PMV (Mg ha ⁻¹)	1º (12 meses)	245,5	211,2	195,7	205,4			
	2º (12 meses)	196,4	174,6	172,4	166,5			
	Soma 1º e 2º	442,1b	385,8b	368,1b	371,9b	$\hat{y} = 688,13 - 0,1598x$	0,92	*
	1º (24 meses)	519,8a	486,2a	468,9a	487,3a	$\hat{y} = 652,73 - 0,0875x$	0,72	*
PMS (Mg ha ⁻¹)	1º (12 meses)	22,8	19,3	17,6	18,1			
	2º (12 meses)	13,5	11,7	11,8	10,9			
	Soma 1º e 2º	36,4b	31,0b	29,5b	29,1b	$\hat{y} = 61,11 - 0,016x$	0,96	*
	1º (24 meses)	47,1a	43,6a	41,9a	41,2a	$\hat{y} = 67,259 - 0,0128x$	0,99	*
TMS (g/kg)	1º (12 meses)	88,8	86	89	88,6			
	2º (12 meses)	66,5	63	63	63,9			
	Soma 1º e 2º	77,6b	74,5b	76,0b	76,2b	$\hat{y} = 76,3$		NS
	1º (24 meses)	90,7a	89,7a	89,6a	92,7a	$\hat{y} = 90,7$		NS
EUA (Kg MS m ⁻³)	1º (12 meses)	6,5	3,8	3,2	2,6			
	2º (12 meses)	2,3	1,4	1,4	1,0			
	Soma 1º e 2º	8,9b	5,6b	4,6b	3,4b	$\hat{y} = 0,0012x - 12,978$	0,86	*
	1º (24 meses)	11,5a	7,8a	6,6a	5,3a	$\hat{y} = 0,0014x - 16,201$	0,86	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey (p<0,05).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

PMV-peso de matéria verde, PMS-peso de matéria seca, TMS- teor de matéria seca, EUA- eficiência do uso da água.

A eficiência no uso da água pela palma forrageira é fundamental para a garantia de produtividade de biomassa nas regiões Áridas e Semiáridas, pois, devido aos longos períodos de estiagem, as plantas com estratégia eficiente de uso da água elevam a produção de biomassa com o menor volume de água disponível, fazendo com que os efeitos da estiagem sejam de baixa magnitude.

De forma análoga Queiroz et al. (2016) observaram que a eficiência, no uso de água, pela palma forrageira, tendeu a diminuir, com o aumento das lâminas de água aplicadas, e Morais et al. (2017) constataram que os valores de eficiência do uso da água obtidos, para

palma forrageira irrigada, foram inferiores aos da condição de sequeiro, que recebeu 471 mm ano⁻¹ e em relação ao período de colheita. Snyman, (2013) observou que a eficiência é maior em ciclos mais longos (no terceiro e quarto ano), em relação a ciclos mais curtos (primeiro ano de crescimento).

Dados semelhantes foram encontrados no presente trabalho para a produtividade de matéria verde e seca (Mg ha⁻¹), teor de matéria seca (g/kg) e a eficiência do uso da água (Kg MS m⁻³), no menor volume de água disponível, notando-se os melhores resultados com exceção do teor de matéria seca, que não diferiu com a irrigação suplementar.

Neste aspecto é possível que devido a palma ser altamente eficiente do uso da água, os volumes de água disponíveis, quando irrigada nas maiores frequências, sejam acima do necessário para a máxima fixação de matéria seca. Segundo Snyman (2014), Scalisi et al. (2016) e Sá et al. (2018), a irrigação pode ser uma estratégia importante para maior produção, durante períodos secos, no entanto, baixas quantidades de água, distribuídas uniformemente, ao longo do período, são suficientes para encher os cladódios, por outro lado, a palma, talvez, não necessariamente, seja limitada pela água da superfície, necessitando de reposição hídrica apenas em condições extremas e baixa quantidade de água.

O que não foi o caso do presente trabalho, que apresentou significativo volume de água, através da precipitação pluvial, o que possivelmente influenciou, para que os maiores volumes de água disponíveis, por meio das frequências de irrigação, não apresentassem repostas positivas ao incremento de matéria verde e seca (Tabela 13).

Segundo Snyman (2004), a reação rápida à água da precipitação pluvial faz com que a palma seja adaptável a condições de precipitação muito baixas. Segundo Inglese et al. (2017), período seco, mas não muito quente: este poderia ser o lema da palma, ou seja, conforme condições climáticas apresentadas durante o período experimental, sugere-se que as temperaturas baixas e a alta umidade, associadas ao padrão de precipitação incidentes, durante o experimento, contribuíram fortemente para a máxima produtividade, no menor volume de água disponível, na frequência zero de irrigação, conforme tabela 13.

Para os cortes é válido recordar que as plantas referentes a um corte passaram 24 meses em crescimento pleno, com boa área fotossintética, para interceptação da radiação solar, em detrimento de dois cortes, que tinham sua área de captação da radiação solar retirada a cada 12 meses, não tendo tempo para formação e fixação dos carboidratos, podendo ser observado maior teor de matéria seca presente quando realizado apenas um corte.

A maior produção de matéria verde e seca ocorreu quando as plantas apresentaram características morfológicas mais pronunciadas, com maior altura e largura, conforme apresentado na tabela 12, corroborando com essa afirmação, Silva et al. (2010), ao realizar seleção de clones de palma forrageira, concluiu que se deve levar em consideração as plantas de maior altura e largura, pois, ao avaliar 50 clones de palma forrageira, houve correlação significativa para essas características da planta, com a produção de matéria seca, assim, no desenvolvimento das plantas, é fundamental que altura e largura sejam mais elevadas, para que apresentem maior produtividade de matéria verde e seca.

A maior produção de matéria verde e seca também ocorreu quando as plantas apresentaram maior número de cladódio (Tabela 11), constituindo-se um dos principais fatores no acúmulo de matéria verde e seca, neste caso, ao possuir maior número de cladódio, as plantas apresentaram maior área de cladódio (Tabela 8). Segundo Amorim et al. (2017), tanto a baixa quanto a alta disponibilidade de água no solo pode dificultar a ocorrência de cladódios, sendo estes os principais componentes da produção de matéria verde e seca.

Os resultados referentes às produtividades de matéria verde e seca, tabela 13, são semelhantes aos observados também por Queiroz et al. (2015), em Serra Talhada- PE, levando-se em consideração, para calcular as lâminas de irrigação: 0; 8,75; 17,5; 26,35 e 35% da evapotranspiração de referência, sendo o acumulado ao final do ciclo de 976, 1048, 1096, 1152 e 1421 mm, também não foi observada diferença entre as lâminas de água aplicadas, as quais não promoveram alterações significativas, nas características morfofisiológicas, da mesma forma para a produtividade da palma forrageira.

A irrigação também não melhorou o número final de frutos de variedades com e sem espinhos (ARBA et al., 2018), o que mostra a elevada adaptabilidade e eficiência do uso da água da palma forrageira, no caso da variedade Orelha de Elefante Mexicana (SILVA et al., 2014), verificando-se que a produtividade da palma esteve mais associada a peculiaridades das características morfológicas dos seus clones do que aos diferentes suprimentos de água no solo (BARBOSA et al., 2017), pois o clone Orelha de Elefante Mexicana, em condições de maior disponibilidade de água no solo, não a utiliza plenamente (QUEIROZ et al., 2016).

Já os intervalos de corte, conforme o presente trabalho, afetam a produtividade da palma forrageira, elevando, à medida que aumenta o período de corte, quando realizado um corte em 24 meses, a produtividade de matéria seca e verde e o teor de matéria seca, que foram superiores à realização de um corte a cada 12 meses, ou seja, a soma de dois cortes em 24 meses foi inferior a um corte para essas características.

Segundo Rocha et al. (2018), o crescimento na produtividade da palma forrageira é linear ao aumento no tempo de corte, pois quando realizados cortes aos 4, 8, 12 e 16 meses, apresentaram-se produtividades crescentes, com valores entre 208 a 763 Mg ha⁻¹, do menor ao maior período de corte. Sendo recomendado o momento de corte ideal para a palma irrigada aos 19 meses (AMORIM et al., 2017), momento de maior produção de matéria seca e verde, quando a palma é colhida com maior período de corte, em relação aos menores períodos (FARIAS et al., 2000), da mesma forma, ocorreu para o presente trabalho, em que a produtividade foi maior, quando realizado um corte em 24 meses, em detrimento a dois.

Assim, visando acréscimo na produção de matéria seca em toneladas por hectare, a colheita, a cada dois anos, é uma forma eficiente de elevar a capacidade fotossintética da planta (SILVA et al., 2010; SÁ et al., 2018), pois, a produtividade de biomassa dos cactos está diretamente relacionada a interceptação dos fótons incidentes (CORTÁZAR e NOBEL, 1992).

No presente estudo o primeiro ano de cultivo da palma forrageira apresentou área de cladódios incipiente, sendo um fator limitante a produção de biomassa, diferentemente ao que ocorre, após os 12 meses, em que a palma forrageira apresenta boa área de cladódio, para captação da maior parte da radiação solar, pois, segundo Nobel, (2009), a área dos cladódios é fundamental para captação dos fótons incidentes.

Dessa forma, foi constatado que a palma eleva a produção ao permanecer em campo, ou seja, se não colhida, preserva-se e eleva sua produtividade ao longo do tempo, além de ser altamente eficiente no uso da água, utilizando pequeno volume para conseguir a máxima produção, além de reduzir os custos com mão de obra, consistindo em uma cultura de sucesso na disponibilidade de biomassa para alimentação animal no Semiárido.

Não sendo a produção limitada pela disponibilidade hídrica na microrregião do Agreste Meridional de Pernambuco, bem como, não apresentando viabilidade na suplementação hídrica, através da irrigação, com a finalidade de elevar a biomassa da palma forrageira, principalmente levando-se em consideração os custos de aquisição, instalação e manutenção de equipamentos e a disponibilidade de um recurso primordial conforme a água, já escassa em algumas épocas. Neste aspecto, não se recomenda a suplementação hídrica para a cultura de palma forrageira na microrregião de Garanhuns-PE.

4.6 CONCLUSÃO

A irrigação suplementar influencia negativamente o crescimento e produtividade da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana nas condições edafoclimáticas do Agreste Meridional de Pernambuco, independente das frequências de corte, apresentando melhores resultados para frequências de corte com maior tempo de plantio.

4.7 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J.L.M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

AMORIM, D.M; SILVA, T.G.F; PEREIRA, P.C; SOUZA L.S.B; MINUZZI, R.B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

ANDRADE, A.R.S; PAIXÃO, F.J.R; AZEVEDO, C.A.V; GOUVEIA, J.P.G; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.S. Estudo dos comportamentos de períodos secos e chuvosos no município de Garanhuns-PE, para fins de planejamento agrícola. **Revista tecnologia aplicada a ciências agrarias**, v.1, p. 54-61, 2008.

ANDRADE, J.L; BARRERA, E.L; REYES-GARCÍA, C; RICALDE, M.F; VARGAS-SOTO, G; CERVERA, Y.J.C. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, v.1, n.81, p. 37-50, 2007.

ARBA, M; FALISSE, A; CHOUKR-ALLAH, R; SINDIC, M. Effect of irrigation at critical stages on the phenology of flowering and fruiting of the cactus *Opuntia* spp. **Brasilizam Jornal Biologia**, vol. 78, no. 4, p. 653-660, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.170086>.

BAJGAIN, R; KAWASAKI, Y; AKAMATSU, Y; TANAKA, Y; KAWAMURA, H; KATSURA, K; SHIRAIWA, T. Biomass production and yield of soybean grown under converted paddy fields with excess water during the early growth stage. **Field Crops Research**, v.180, n.2, p.221–227, (2015). DOI:10.1016/j.fcr.2015.06.010.

BARBOSA, M.L; SILVA, T.G.F; ZOLNIER, S; SILVA, S.M.S; MORAIS, J.E.F; ASSIS, M.C.S. Association of morphological and water factors with irrigated forage cactus yield. **R. Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.21, n.9, p.60-605, 2017. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n9p600-605.

BOWERS, J.E. More flowers or new cladodes? Environmental correlates and biological consequences of sexual reproduction in a Sonoran Desert prickly pear cactus, *Opuntia engelmannii*. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**. v.123, n.1, pp. 34-40, 1996.

CORTÁZA, V.G; NOBEL, P.S. Biomass and Fruit production for the prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, n.4, p.558-562, 1992.

CORTÁZAR, V.G; NOBEL, P.S. Biomass and Fruit Production for the Prickly Pear Cactus, *Opuntia ficus-indica*. **Journal America Society Horticulture Science**, v.117, n. 4, p.558–562. 1992.

DANTAS, F.D.G. **Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma miúda adensada no semiárida**. Dissertação (Mestrado), Produção Animal. Macaíba, 2015.

DUBEUX, JR., J.C.B. **Cactus: a crop for the dry áreas**. University of Florida. n. 28. 2016.

FARIAS, I; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; TAVARES FILHO, J.J; SANTO, M.V.F; FERNANDES, A.P.M; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento de palma forrageira em consorcio com sorgo-granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FLORES HERNÁNDEZ, A; CASTILLO, I.O; MARTÍNEZ M., J.M., RIVERA G., M. & HERNÁNDEZ M., J.G. Productividad del nopal para verdura (*Opuntia spp*) bajo riego por goteo subterráneo en la Comarca Lagunera. **Revista Chapingo Series Zonas Aridas**, v.3, n.2, p.99–104, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **CROP ECOLOGY, CULTIVATION AND USES OF CACTUS PEAR**. IX INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL CAM crops for a hotter and drier world Coquimbo, Chile, p. 26-30, 2017.

GIBSON, A.C; NOBEL, P.S. **The cactus primer**. Cambridge, MA, USA, Harvard University Press. 1986.

GOMES, G.M.F; CÂNDIDO, M.J.D; LOPES, M.N; MARANHÃO, T.D; ANDRADE, D.R; COSTA, J.F.M; SILVEIRA, W.M; NEIVA, J.N.M. Chemical composition of cactus pear cladodes under different fertilization and harvesting managements. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.53, n.2, p.221-228, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018000200011.

INGLESE, P; LIGUORI, G; BARRERA, E. **Ecophysiology and reproductive biology of cultivated cacti**. IN: Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear. IX international congress on cactus pear and cochineal cam crops for a hotter and drier world Coquimbo, Chile, 2the Food and Agriculture Organization of the United Nations and, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA- INMET. Estações automáticas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>Acessado em 16 de dez. De 2018.

LIGOURI, G; INGLESE, G; PERNICE, F; SORTINO, G; INGLESE, P. CO₂ uptake of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. whole trees and single cladodes, in relation to plant water status and cladode age. **Italian Journal of Agronomy**, n.8, v.3, 2013.

LIMA, G.F.C; REGO, M.M.T; DANTAS, F.D.G; LÔBO, R.N.B; SILVA, J.G.M; AGUIAR, E.M. Características morfológicas e produtividade da palma forrageira irrigada submetida a diferentes intensidades de corte. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 481 – 488, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n226rc>.

LOPES, M.N; CÂNDIDO, M.J.D; GOMES, E.C. POMPEU, R.C.F.F; SILVA, R.G. Biomass flow and water efficiency of cactus pear under different managements in the Brazilian Semiarid. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 2, p. 324-333, 2018.

LUO, Y; NOBEL, P.S. Growth characteristics of newly initiated cladodes of *Opuntia ficus-indica* as affected by shading, drought and elevated CO₂. **Physiology Plante**, v. 2, n.87, 467–474, 1993.

MACEDO, M.R; GOMES, G.M.F; SILVA, C.R; GOMES¹, F.M.S; SOUSA NETO; RODRIGUES, M.V.B. **Avaliação da brotação de cladódios de palma forrageira sob diferentes manejos de plantio e colheita**. Congresso brasileiro de zootecnia. 2018.

MORAIS, J.E.F; SILVA, T.G.F; QUEIROZ, M.G; ARAUJO, G.G.L; MOURA, M.S.B; ARAÚJO JÚNIO, G.N. Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.273-278, 2017.

MOURA, M.S.B; SOUZA, L.S.B; SILVA, T.G.F; SÁ, I.I.S. **zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado de Pernambuco**. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE 2011.

NEFZAOU, A; LOUHAICHI, M; BEN SALEM, H. Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. **Journal of Arid Land Studies**, v. 24, n. 1. p. 121-124, 2014.

NERD, A E MIZRAHI, Y. Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. **Scientia Horticulturae**, n.59, v.1, p.115-122, 1994.

NOBEL P.S. **Desert wisdom, agaves and cacti, co₂, water, climate change**. Universe, New York, Bloomington. v. 978, n.1, pp.0. 198, 2009.

NOBEL, P, S; GARCIA-MOYAI, E; QUERO, E. High annual productivity of certain agaves and cacti under cultivation. **Plant, Cell and Environment**, v.15, p.329-335, 1992.

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

PARKER, K.C. Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the northern Sonoran Desert. **Vegetatio**. v.78, p.125 140, 1988.

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, n. 3, p. 184 – 195, 2015.

PINHEIRO, K.M; SILVA, T.G.F; CARVALHO, H.F.S; SANTOS, J.E.O; MORAIS, J.E.F; ZOLNIER, S; SANTOS, D.C. Correlações do índice de área do cladódio com características

morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.49, n.12, p.939-947, dez. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014001200004.

POTGIETER, J.P. **The influence of environmental factors on spineless cactus pear (*Opuntia* spp.) fruit yield in Limpopo Province, South Africa**. Dissertation (Agrometeorology/Horticulture), Bloemfontein. 2007.

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p931-938>.

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

RAMÍREZ-TOBIÁS; H.M; LÓPEZ-PALACIOS, C; AGUIRRE-RIVERA, J.R; REYES-AGÜERO, J.A. Hydroponic cactus pear production, productivity and quality of nopalito and fodder. *Standard Methodology for Plant Biological Researches*, **InTech**, Ed. 2, v.1, chapter 10, p.199–224, 2012.

REGO, M.M.T; LIMA, G.F.C; SILVA, J.G.M; 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v16n2p118-130>.

ROCHA, R.S; VOLTOLINI, T.V; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, n. 66, v.255, p. 363-371, 2017. DOI: 10.21071/az.v66i255.2512.

SÁ, W.C.C.S; SANTOS, E.M; OLIVEIRA, J.S; PERAZZO, A.F. Production of spineless cactus in Brazilian semiarid. **INTECH open science**, V.2, n. 3, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.69614.

SANTOS, D.C; SILVA, S.M.S; SILVA, M.C; SILVA, T.G.F; PEREIRA, V.L.A; MELO, A.C. **Sobrevivência no plantio de cultivares de palma forrageira sob irrigação em**

Ibimirim, PE. 2017. Disponível em: <<http://www.agropecnata.com.br/Anais/T104702.pdf>> Acessado em 09 de dez. de 2017.

SANTOS, M.R; SILVA, A.J.P; FONSECA, V.A; CAMPOS, A.R.F; LISBOA, M.L. Irrigação na palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v.38, n.296, p.00-00, 2017.

SCALISI, A; MORANDI, B; INGLESE, P; LO BIANCO, R. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**, 122, 158–167, 2016. doi:10.1016/j.envexpbot.2015.10.003.

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

SILVA, R.R; SAMPAIO, E.V.S.B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **Revista GEAMA**, v.2, n.1, 2015.

SILVA, T.G.F; ARAÚJO PRIMO, J.T; SILVA, S.M.S; MOURA, M.S.B; SANTOS, D.C; SILVA, M.C; ARAÚJO, J.E.M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia, Campinas**, v. 73, n. 2, p.184-191, 2014. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.017>.

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

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

SNYMAN, H. A. A Case study on in situ rooting profiles and water-use efficiency of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.7, n.2, p. 1-21, 2005.

SNYMAN, H. A. Growth rate and water-use efficiency of cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Arid Land Research and Management**, v.27, n.1, p.337–348, 2013. DOI: 10.1080/15324982.2013.771232.

SNYMAN, H.A. Influence of water stress on root development of *Opuntia ficus-indica* and *O. Robusta*. **Arid Land Research and Management**, v.28, n.4, p.28:447–463, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15324982.2013.862317>.

CAPÍTULO 3

CULTIVO E RENDIMENTO FORRAGEIRO DO ALGODÃO ARBÓREO SOB IRRIGAÇÃO SULEMENTAR

5.1 RESUMO

A produção de algodão no Semiárido deve-se à adaptabilidade e às características edafoclimáticas da região, todavia, a produção com uso da irrigação pode elevar o crescimento e produção de biomassa da cultura. Assim, objetivou-se avaliar o cultivo e rendimento da biomassa forrageira do algodão arbóreo sob irrigação suplementar em dois períodos (seco e chuvoso). O experimento foi conduzido entre fevereiro de 2016 a outubro de 2018, na Fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-PE, Unidade Acadêmica de Garanhuns-PE. O delineamento foi em blocos, casualizados, com quatro repetições, em parcelas e subparcelas. Sendo as parcelas formadas pelas frequências de irrigação, já as subparcelas foram os períodos (seco e chuvoso). Foi aplicado um volume de água de $62,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, nas frequências de 0, 21, 14, e 7 dias, contabilizado, ao final do ciclo, um acumulado de 4.490, 4.847, 5.025 e 5.561 m^3 , quando somado à precipitação pluvial mais irrigação, respectivamente. Na ocasião das colheitas, foram realizadas análises referentes à temperatura máxima e mínima da folha, umidade máxima e mínima da folha, teor de clorofila a e b, área foliar e índice de área foliar, número de ramos e folhas, espessura do caule, altura da planta, condutância estomática, eficiência do uso da água, teor de matéria seca, produtividade de matéria verde e seca e mortandade das plantas. Verificou-se, no período chuvoso, as melhores respostas para a maioria das variáveis, as quais se elevaram com o incremento do volume de água disponível em ambos os períodos produtivos (seco e chuvoso). O algodão arbóreo produz boa quantidade de biomassa forrageira sem irrigação, entretanto, a produção é crescente quando irrigado tanto no período seco quanto chuvoso.

Palavras-chave: Água, biomassa, eficiência do uso da água.

5.2 ABSTRACT

Cotton production in the semi-arid region is due to the adaptability of the region's soil and climatic characteristics, however, irrigation production can increase the growth and biomass production of the crop. The objective of this study was to evaluate the cultivation and yield of the forage biomass of the tree cotton under supplementary irrigation and two periods (dry and rainy). The experiment was conducted between February 2016 and October 2018, at the experimental farm of the Federal Rural University of Pernambuco-PE, Academic Unit of Garanhuns-PE. A water volume of 62.5 m³ ha⁻¹ was applied in the frequencies of 0, 21, 14 and 7 days, accounted for at the end of the cycle an accumulated of 4,490, 4,847, 5,025 and 5,561 m³, when added to rainfall more irrigation, respectively. At the time of harvesting, analyzes were carried out regarding maximum and minimum leaf temperature, leaf maximum and minimum humidity, chlorophyll a and b content, leaf area and leaf area index, number of branches and leaves, stem thickness, plant height, stomatal conductance, water use efficiency, dry matter content, fresh matter yield and dry matter, and plant mortality. In the rainy season, the best responses were obtained for most vats, which increased with the increase in the volume of water available through irrigation frequencies in both dry and rainy periods. The arboreal cotton produces good amount of forage biomass without irrigation, however, the production is increasing when irrigated in the dry and rainy periods.

Keywords: Water, biomass, water use efficiency.

5.3 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma cultura é associado ao ambiente em que está sendo cultivada, assim, em regiões como o Semiárido brasileiro, poucas são as culturas que têm possibilidade de sucesso, entre estas, destaca-se o cultivo do algodão arbóreo (*Gossypium hirsutum* L. var. marie-galante Hutch), também conhecido como algodão mocó (BELTRÃO, 1996) devido à adaptabilidade da cultura às condições edafoclimáticas do Nordeste, levando esta região a ser uma das pioneiras no cultivo, respondendo nos anos de 1975 até 1980 por 83% da área cultivada de algodão no Brasil (BELTRÃO, 1996).

As custas das adaptações, como gemas latentes, sistema radicular capaz de extrair água das camadas mais profundas e folhas caducas, garantiram a sobrevivência da planta de algodão, mesmo nos anos de seca de maior magnitude (MOREIRA et al., 1989), o algodoeiro arbóreo (*Gossypium hirsutum* L. var. marie-galante Hutch), associado à pecuária, tornou possível a ocupação da zona mais seca do Brasil, sem grandes problemas (MOREIRA et al., 1989).

É uma cultura perene, cultivada no Semiárido do Brasil. Sua importância econômica esteve relacionada a tolerância à seca e possibilidade de cultivo das plantas por quatro a seis anos, em média, bem como, o uso de suas folhas para alimentar o gado (MENEZES et al., 2017).

Em regiões onde a água é o principal fator limitante para a produção vegetal, culturas que persistam sob condições de estresse hídrico e tenham a máxima eficiência no uso da água, são fundamentais para o desenvolvimento agropecuário local.

O algodoeiro apresenta tolerância ao estresse hídrico (ONDER et al., 2009), no entanto, reduz seu crescimento, a depender da duração e intensidade do estresse, ocorrendo efeitos negativos no crescimento da planta (SILVA et al., 1998), da mesma forma, a elevada umidade do solo é prejudicial ao crescimento do sistema radicular, ocasionando baixo desenvolvimento do algodoeiro (HU et al., 2009), neste aspecto, lâminas de irrigação adequadas favorecem o desenvolvimento da cultura proporcionando plantas de maior altura (BATISTA et al., 2010), ocorrendo que a reposição da necessidade hídrica do algodão abaixo de 45% da evapotranspiração é necessário para o máximo crescimento da cultura (YANG et al., 2015).

A irrigação é de elevada importância para o desenvolvimento da cultura algodoeira, resultando em maior produção, em relação ao crescimento vegetativo ou reprodutivo, pois, quando o algodão foi irrigado obteve uma produção de 339% maior, em comparação com o

não irrigado (CORDÃO SOBRINHO et al., 2007), demonstrando que sistemas de cultivos com uso adequado da irrigação podem ser usados para as condições climáticas semiáridas sem escassez de água (DAGDELEN et al., 2006).

A irrigação disponibiliza água de forma uniforme durante todo o período de crescimento do algodão, com isso, há um favorecimento da produção de biomassa de algodão irrigado em relação ao não irrigado, em que o algodão irrigado chega a produzir três vezes mais biomassa (WANJURA et al., 2014), a prática da irrigação de culturas reflete o fato de que a água é um recurso-chave que limita a produtividade agrícola (TAIZ et al., 2017).

Apesar do favorecimento da irrigação aos componentes produtivos do algodão, como a maior produção de plumas, caroço e biomassa, o produtor deve levar em consideração os custos de implementação (WANJURA et al., 2014), manutenção do sistema e a disponibilidade de água (ZONTA et al., 2015).

Neste sentido, ao estabelecer culturas em regiões de baixa disponibilidade hídrica, fazem-se necessárias estratégias, visando suprir a necessidade, sendo de maior sucesso culturas que tenham estratégias, como formação de reservas e, dessa forma, permaneçam em crescimento, mesmo em períodos de ausência de precipitação pluvial.

Não apenas a suplementação hídrica é importante, mas diversas práticas agronômicas tornam-se necessárias, com a finalidade de melhor desenvolvimento das culturas, ocorrendo manejo específico para cada cultura ou para cada fase das culturas, como desbaste, desponte, raleio (frutos, flores, ramos etc.), poda, entre outras práticas fundamentais para o bom crescimento e produção, com a finalidade de produzir o que é de interesse econômico. No algodoeiro arbóreo, a prática da poda é indispensável, seja, com a finalidade de reduzir o porte da planta, ou com o objetivo da regeneração (AZEVEDO, 1978), além de reduzir o número de estruturas não produtivas, ao final da safra, que são utilizadas como hospedeiras de pragas e doenças (NEVES et al., 2010)

Deve-se efetuar uma poda de limpeza, após a colheita, tendo-se o cuidado de deixar a planta com aproximadamente 1,50 m de altura, bem como os ramos vegetativos de 0,2 m a 0,30 m (EMBRAPA, 1976), pois, segundo Beltrão (1995), a poda deve ser acima de 0,2 m. Na primeira poda, esse comprimento também deve ser considerado ao podar os ramos nas podas seguintes, neste sentido, a prática da poda é um exemplo que sustenta a retirada da parte aérea do algodoeiro sem prejuízo para o mesmo, consistindo esta técnica numa oportunidade de produção de biomassa oriunda de uma cultura reconhecidamente tolerante às condições edafoclimáticas de regiões semiáridas.

A poda no algodoeiro é uma boa opção para o desenvolvimento produtivo, uma oportunidade de obtenção de biomassa, consistindo na retirada dos ramos, assegurando resistência da planta ao estresse biótico e abiótico, uma excelente oportunidade de cultivo, visando maior eficiência produtiva da agropecuária nordestina.

Objetivou-se avaliar o cultivo e o rendimento forrageiro do algodoeiro arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante (Hutch)], sob irrigação suplementar e ciclos produtivos.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, conduzido na Fazenda Escola pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns- (UFRPE/UAG), localizada no município de Garanhuns, situado na mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco, a 8° 53' 25'' de latitude Sul e 36° 29' 34'' de longitude oeste, com 896 metros acima do nível do mar.

O clima da região é classificado como tropical tipo Aw', conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), com temperatura média anual de 21,2°C e caracterizado por verões quentes e secos e invernos amenos e úmidos, com umidade relativa do ar variando de 75 a 83% (ANDRADE et al., 2008).

A implantação do experimento ocorreu em 19 de fevereiro de 2016, sendo as plantas conduzidas em crescimento pleno até fevereiro de 2017, momento que ocorreu o corte de uniformização. Após o corte de uniformização, foram realizadas as colheitas, levando-se em consideração o estágio fenológico das plantas, que foram do primeiro botão floral ao crescimento da primeira maçã (do estágio R1 ao R3), o que ocorreu aproximadamente aos 120 dias de cada ciclo produtivo. As colheitas realizadas, no período de fevereiro a junho de 2017 e no mesmo período de 2018, foram consideradas do período seco, transformadas em média desse período, e as colheita realizadas no período de junho a outubro de 2017 e 2018, foram consideradas de período chuvoso, transformadas em média desse período.

Foi estabelecido como período seco o ciclo produtivo em que o crescimento inicial das plantas ocorreu, no mês de fevereiro, devido à ausência ou incipiente precipitação pluvial neste período, vindo a ocorrer precipitações significativas apenas no final deste ciclo produtivo, que ocorreu em junho, também, foi estabelecido como período chuvoso, o ciclo produtivo em que o crescimento inicial das plantas ocorreu, no mês de junho, durante a época de maior concentração de precipitação pluvial, e foi até o mês de setembro.

Na colheita de uniformização as plantas foram seccionadas a uma altura de 0,5 m do solo e entre 0,20 e 0,30 m, nos ramos laterais, o mesmo ocorreu nas demais colheitas.

Foi observado acumulado de precipitação pluvial semelhante, correspondente aos ciclos produtivos fevereiro-junho e junho-outubro, para os dois anos 2017 e 2018, com uma média do acumulado de 449 mm, temperaturas média de 20,4 °C, umidade média de 84,5% e radiação de 1022 kJ/m² para os dois ciclos produtivos (INMET, 2018), (Tabela 1 e Figura 1).

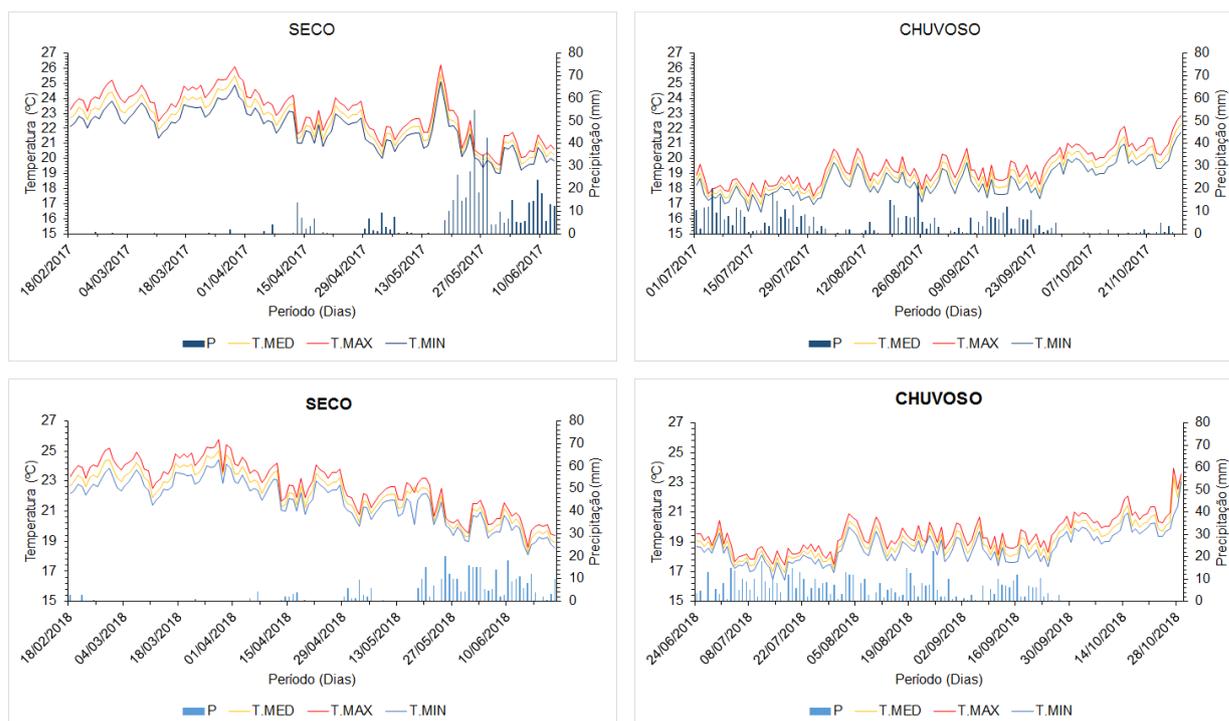


FIGURA 1. Acumulado de precipitação pluvial (P) e média de temperatura média (T.MED.) Máxima (T. MAX) e mínima (T. min), no período seco e chuvoso para os anos de 2017 e 2018

Tabela 1. Médias mensais de precipitação pluvial dos anos de 2016/17, 2017/18 e 2018/2019, da área experimental

2016-2017													
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Total
P	2,8	3,6	46,8	77,6	82,1	94,5	41,3	40,4	12,7	2	2,4	1,8	408,0
2017-2018													
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Total
P	1,8	2,4	28,2	334	314,4	233,6	110,8	114,6	16,6	0,2	1,9	2	1160,5
2018-2019													
P	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Total
	0,8	32,6	156	102,8	57	61,2	39	32,9	5,4	6,2	40,4	34,2	568,5

Nos ciclos produtivos o acumulado de precipitação foi semelhante, todavia, apresentaram diferença quanto à distribuição, enquanto o ciclo que ocorreu no período seco apresentou picos de precipitação elevados no terço final, o período chuvoso apresentou distribuição uniforme durante todo o ciclo produtivo (Tabela 1 e Figura 1).

A água utilizada para irrigação foi captada de manancial superficial, com classificação C2S1 (Tabela 2), descrita como de baixa concentração de sódio, apta a ser utilizada para irrigação em quase todas as culturas, não apresentando restrição ao uso para irrigação, conforme análises do Laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA.

O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento, com emissores espaçados a 0,20 m, posicionados a uma distância de 0,10 m das plantas e vazão de 1,5 litros por hora.

Tabela 2. Composição química da água utilizada na irrigação do experimento

PARAMETROS	RESULTADOS
Cor Aparente- uH^2	ND
Turbidez – uT	70
Condutividade elétrica - $\mu S/cm$ a $25^\circ C$	17,94
pH	6,55
Sólidos totais dissolvidos- mg/L	241
Alcalinidade de hidróxidos em $CaCO_3$ - mg/L	412
Alcalinidade de Carbonatos em $CaCO_3$ - mg/L	0
Alcalinidade de Bicarbonatos em $CaCO_3$ - mg/L	0
Dureza total em $CaCO_3$ - mg/L	24,745
Cálcio em Ca^{2-} - mg/L	24,745
Magnésio em Mg^{2-} - mg/L	35,28
Sódio em Na^+ - mg/L	4,32

Potássio em K ⁺ - mg/L	5,955
Cloreto em Cl - mg/L	37,25
Sulfato em SO ₄ ³	9,55
Ferro total em Fe ²⁺ mg/L	70,575
Classe da água para irrigação	C2S1

Fonte: Laboratório de planta ração e água - LAPRA, IPA (2018)

O solo da área utilizada para a realização do experimento foi caracterizado como franco argilo-arenoso, com boa retenção de água na subsuperfície. Com teor de areia e argila de 0-20 cm de 66 e 27 g/dm³, respectivamente, já, para 20-40 cm, os teores de areia e argila foram de 55 e 36 g/dm³, nessa ordem. Foram coletadas 3 amostras por repetição, homogêneas por tratamento e encaminhadas para análise química (Tabelas 3). Antes do plantio, foi realizada aração e gradagem do solo.

Tabela 3. Análise química e fertilidade do solo da área experimental

PARAMETROS	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO			
	0	21	14	7
	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
pH (CaCl ₂)-um	5	4,6	4,5	4,8
Ca-cmolc/dm ³	1,7	1,2	0,8	1,1
Mg- cmolc/dm ³	0,6	0,6	0,3	0,3
Ca+Mg-cmolc/dm ³	2,3	1,8	1,1	1,4
Al-cmolc/dm ³	0,02	0,10	0,10	0,15
H+Al-cmolc/dm ³	1,8	1,8	2,8	2,4
CTC-cmolc/dm ³	4,44	4,75	4,06	4,11
P(Mellich I)-cmolc/dm ³	5	3	4	4
K-mg/dm ³	132	60	110	120
Mat.Org.-g/kg	16	16	16	10
Sat. Al (M%)-%	2	5	7	6
Sat. Base (V%)- %	60	41	31	42
Ca/Mg	2,8	2	2,7	3,7
Mg/CTC-%	38,6	25	20,5	26,8
(H+Al)/CTC-%	13,6	12,5	7,3	7,3
K/CTC-%	40,9	58,3	68,3	58,5

A adubação seguiu recomendação para cultura do algodão, de acordo com o manual de recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (Cavalcante et al., 2008), aplicando nitrogênio, fosforo e potássio na quantidade de 34, 50 e 69 Kg ha⁻¹, nas formulações ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, também foi aplicada matéria orgânica, na forma de esterco bovino curtido, na quantidade de 40.000 Kg ha⁻¹ e 650 kg de calcário, além de repor 50 Kg ha⁻¹ de nitrogênio, na formulação ureia, após cada colheita.

Foi utilizado algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante (Hutch)] e os tratamentos experimentais utilizados foram ciclos produtivos e irrigação suplementar, nas

frequências de irrigação, sendo 0 (sem irrigação); e aplicando um volume estimado de 62,5 m³ ha⁻¹, nas frequências de 21, 14, e 7 dias, o que corresponde a um volume de 7,5 L por metro linear, considerando o espaçamento entre linhas de 1,2 m por 0,9 m entre plantas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo as parcelas formadas pelas frequências de irrigação 0, 21, 14, e 7 dias. Durante os ciclos produtivos, nos períodos secos (fevereiro-junho) e chuvoso (junho-outubro), foram somadas as quantidades de água total, recebido em cada tratamento precipitação pluvial (P) mais irrigação (I) m³. A soma do acumulado de P+I, nas frequências de 0, 21, 14 e 7, resultaram, ao final dos ciclos, na quantidade de água total recebidas iguais a 4.490, 4.847, 5.025 e 5.561 m³, respectivamente. As subparcelas foram formadas pelos ciclos de cultivo, seco (fevereiro-junho) e chuvoso (junho-outubro).

O algodão arbóreo foi estabelecido por sementes, com espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, em uma densidade estimada de 9.259 plantas ha⁻¹, consistindo nos tratamentos que formarão as parcelas, sendo as parcelas constituídas por 10 metros de comprimento e 12 metros de largura, totalizando 120 m², compostas por 11 linhas de 10 metros com 11 plantas cada, desconsiderando uma linha lateral mais uma planta no início e final de cada linha para fins de avaliação, considerando como área útil para avaliação, apenas a área central, de 78.72 m², conforme distribuição dos tratamentos (Figura 2)

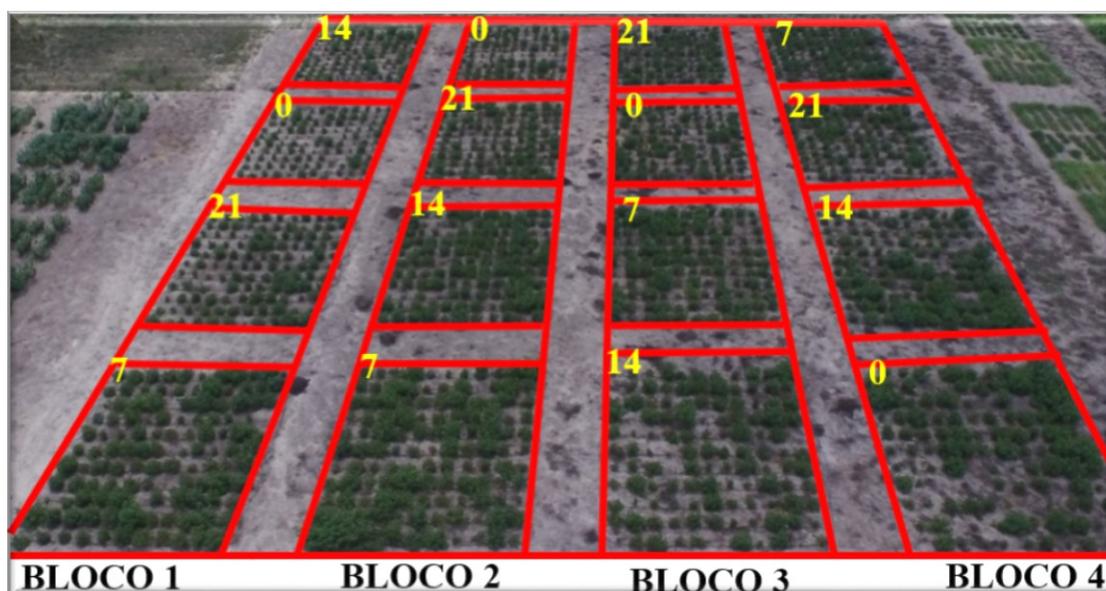


FIGURA 2. Delineamento da área experimental

Foi realizado o corte de uniformização em 20/02/2017 e posteriormente realizadas as colheitas em 23/06/2017, 05/10/2017, 26/02/2018, 13/06/2018 e 05/10/2018. Foram

consideradas como ciclo seco as colheitas ocorridas em 23/06/2017 e 13/06/2018, e chuvoso, as que ocorreram 05/10/2017 e 05/10/2018. Foram considerados os valores médios de dois ciclos produtivos para cada período (seco e chuvoso).

Foram realizados o controle de plantas invasoras e o monitoramento de pragas e doenças. O controle das plantas invasoras foi realizado de modo manual através de capinas, e através do monitoramento de pragas e doenças, não foi detectado ocorrência de ambas.

Para fins de verificação de efeitos dos tratamentos, as avaliações do algodão arbóreo foram realizadas na área útil, por meio das seguintes características agrônômicas:

A Condutância estomática, temperatura máxima e mínima, umidade máxima e mínima: Foram realizadas leituras utilizando o aparelho da Decagon Devices[®], modelo “Leaf Porometer - SC-1 e a Clorofila foi realizada utilizando o aparelho da Falker[®], modelo “cloroflog CFL1030”, determinando-se clorofila A e B.

A altura da planta (AP): Foi mensurada com fita métrica da superfície do solo até o ponto mais alto da planta (cm), enquanto o número de ramos (NR) e Folhas (NF) Foi contabilizado pela quantidade de ramos e folhas presentes em cada planta (Ramos e Folhas Planta⁻¹). E a espessura dos ramos (ER) foi mensurada com um paquímetro digital, entre a segunda e terceira folha (mm), já a área foliar (AF) foi estimada através da formula $y = 0,4322 x^{2,3002}$ proposta por Grimes & Carter (1969), em que y é área foliar folha⁻¹ e X é o comprimento da nervura principal da folha (cm²cm²) e o índice de área foliar (IAF) foi estimado através da relação da área foliar (m²), por área de solo (m²) correspondente à planta.

Produtividade de Matéria Verde (PMV): Foram colhidas todas as plantas da área útil, pesadas em balança digital, sendo a produtividade obtida pela média dos tratamentos e transformados para Kg ha⁻¹ para a **Produtividade de Matéria Seca (PMS)**. Foram colhidas amostras representativas, acondicionadas e levadas para estufa de circulação a 55 °C, até obter o peso constante, para obtenção do teor de matéria seca. Levando-se em consideração a produtividade de matéria verde, calculou-se a produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹), enquanto a **Eficiência do uso da água (EUA)** foi calculado através da quantidade de matéria seca produzida por hectare, por milímetro de água recebido, por precipitação pluvial ou precipitação mais irrigação (kg MS ha⁻¹mm⁻¹) e a **mortandade da planta (MT)** foi contabilizada pela quantidade de plantas que morreram ao final dos 4 ciclos produtivos e transformados em percentual de plantas mortas (%).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados quantitativos foram avaliados pela regressão

polinomial, empregando-se o software estatístico SAS (Statistical analyses system), (SAS Institute INC., 2000).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em resposta aos níveis de água disponíveis para a planta, a condutividade estomática apresentou efeito linear crescente, enquanto a temperatura máxima e mínima e a clorofila *a* e *b* reduziram significativamente, apresentando comportamento linear decrescente, ao elevar a água disponível tanto no período seco quanto chuvoso, já para a umidade máxima e mínima, apresentou comportamento linear crescente nos dois períodos. Ao analisar os períodos seco e chuvoso em cada frequência de irrigação, não se verificou diferença significativa para a temperatura máxima e mínima, por outro lado, no período chuvoso, a umidade máxima e mínima e o teor de clorofila *a* e *b* o foram sempre superiores (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros fisiológicos da folha do algodoeiro arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante (Hutch)], em frequências de irrigação e períodos de (Seco e chuvoso)

	Período	FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
COND ES (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Seco	187,0a	232,0b	297,2a	313,7b	$\hat{y} = - 468,57 - 1,484x$	0,84	*
	Chuvoso	189,8a	286,4a	311,8a	360,8a	$\hat{y} = - 632,12 - 1,8789x$	0,90	*
TMAX (°C)	Seco	29,2a	28,2a	27,7a	26,6a	$\hat{y} = 42,128 - 0,0289x$	0,99	*
	Chuvoso	28,9a	28,0a	27,1a	26,5a	$\hat{y} = 41,497 - 0,0282x$	0,92	*
TMIN (°C)	Seco	28,6a	27,7a	27,1a	26,1a	$\hat{y} = 41,245 - 0,0282x$	0,98	*
	Chuvoso	28,5a	27,7a	26,6a	26,1a	$\hat{y} = 41,304 - 0,0286x$	0,91	*
UMAX (%)	Seco	74,8b	77,6b	79,8b	85,3a	$\hat{y} = 19,80 + 0,1218x$	0,99	
	Chuvoso	81,6a	83,2a	84,6a	85,5a	$\hat{y} = 61,37 + 0,0458x$	0,91	
UMIN (%)	Seco	65,4b	65,1b	70,1b	70,3b	$\hat{y} = 36,926 + 0,063x$	0,65	*
	Chuvoso	70,9a	73,2a	74,6a	77,0a	$\hat{y} = 40,197 + 0,0691x$	0,98	*
CLA <i>a</i>	Seco	37,3a	34,3a	34,8a	32,8b	$\hat{y} = 54,305 - 0,0039x$	0,85	*
	Chuvoso	38,0a	35,3a	35,0a	34,6a	$\hat{y} = 50,138 - 0,0029x$	0,71	*
CLB <i>b</i>	Seco	11,03b	10,0b	9,8b	9,4b	$\hat{y} = 18,189 - 0,0166x$	0,82	*
	Chuvoso	12,0a	11,08a	11,0a	10,6a	$\hat{y} = 18,839 - 0,0156x$	0,85	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

TMAX-Temperatura máxima, TMIN-Temperatura mínima, UMAX-Umidade máxima, UMIN-Umidade máxima, CLA-Clorofila *a*, CLB-Clorofila *b*, COND ES-Conduância estomática.

A distribuição da precipitação durante o período seco (fevereiro- junho) apresentou-se de forma irregular, com valores incipientes e espaçados do meio do ciclo em diante, vindo a ocorrer picos concentrados, no final do ciclo produtivo, comportamento semelhante para os dois anos de avaliações 2017 e 2018, já, no período chuvoso (junho-outubro), a

distribuição da precipitação pluvial ocorreu de forma uniforme durante a maior parte do ciclo produtivo (Figura 2).

Este comportamento da precipitação pluvial possivelmente influenciou o crescimento do algodão no período chuvoso, ainda respondendo aos volumes de água disponíveis através da irrigação.

Com relação aos resultados observados na condutância estomática, observa-se que os melhores valores foram obtidos no período chuvoso, diferindo do período seco, nas frequências de irrigação 21 e 7 dias (Tabela 4), possivelmente isto ocorreu em função da mínima disponibilidade hídrica, pois, ao apresentar déficit hídrico, as plantas fecham os estômatos, interrompendo a assimilação de CO₂, e por consequência a produção de fotoassimilados (TAIZ et al., 2017), já, ao elevar o suprimento hídrico, facilitou a condutância estomática para captação de CO₂ pelas plantas.

Segundo Chastain et al. (2014), uma das principais respostas do algodão (*G. hirsutum*) ao déficit hídrico é redução da condutância estomática, à medida que diminui a quantidade de água na folha, sugerindo uma redução na reação de carboxilação da Rubisco, em resposta a uma falta de substrato. Fato observado para as variáveis de crescimento e produção no presente trabalho, a exemplo da produtividade de matéria verde e seca, em que, o tratamento com menor entrada de água, que foi apenas via precipitação pluvial, associado ao período seco, consiste nas menores produtividades.

Essas respostas da planta em relação ao volume de água disponível são o esperado para um melhor desempenho fisiológico, pois, conforme ocorrência para a temperatura em planta de algodão, que passa a usar pelo menos 95% da água absorvida para resfriamento da folha, visando manutenção de uma temperatura no limite ideal e favorável para a atividade enzimática (ECHER, 2014), assim temperaturas da folha elevadas prejudicaram o desenvolvimento do algodão, reduzindo o crescimento e consequentemente, a produção e biomassa. Sendo uma possível explicação para as menores respostas produtivas no presente trabalho, com menores suprimentos de água.

Um dos principais influenciadores do aumento da condutividade estomática é temperatura da folha (TAIZ et al., 2017), todavia, não foi observada diferença estatística entre os períodos (seco e chuvoso). Para a condutância os maiores volumes de água, que correspondem linearmente ao crescimento da condutância estomática, pois, altas temperaturas associadas aos déficits hídricos fecham os estômatos, impedido qualquer troca gasosa (TAIZ et al., 2017), o que pode ter ocorrido, pois, no período seco associado ao

tratamento com menor entrada de água, ou seja, na frequência zero de irrigação, foi observada a menor condutância estomática e a maior temperatura da folha.

É provável que, ao elevar o volume de água disponível, a folha tenha empregado na transpiração, ocasionando um microclima na superfície da folha, proporcionando maiores valores de umidade, conforme Tabela 4. A umidade da folha está diretamente relacionada com a disponibilidade de água e a temperatura foliar, pois, altas temperaturas da folha proporcionam elevada transpiração, com a finalidade de resfriar a folha e proporcionar temperaturas de trabalho adequadas, neste intuito, as folhas do algodão elevaram a umidade à medida, em que houve as maiores entradas de água, tanto no período seco quanto chuvoso, sendo ainda maior no período chuvoso. À medida que a folha perde água por transpiração, a água sobe pela planta, saindo do solo, impulsionada por forças físicas (TAIZ et al., 2017).

O teor relativo de água na folha tem sido enfatizado como um melhor indicador do estado hídrico de uma planta (SINCLAIR e LUDLOW, 1985), esses autores dividem o conteúdo de água em três estágios, em que, o estágio três começa quando o solo seca ao ponto da absorção de água da raiz diminuir e os estômatos perdem a capacidade de manter a taxa de transpiração, aproximadamente igual à taxa de absorção. Nesse estágio o conteúdo de água da folha fica abaixo de 55 %, com riscos de perda da folha. Configurando-se a água como um fator determinante para a manutenção de uma boa área fotossintética.

A concentração da clorofila *a* e *b* em plantas com menor disponibilidade de água é um fato recorrente, consistindo em estratégias desenvolvidas pelas plantas sob escassez de água, que desenvolveram mecanismos para se proteger contra fotodanos (JABEEN et al., 2008), constituindo-se em uma ação com finalidade de reduzir a extensão da luz absorvida, ainda, havendo compartimentação do componentes do fotossistema II, associado à alta atividade de enzimas de fosforilação, ocorrendo a concentração de componentes do fotossistema e um rápido rearranjo, quando reidratado o tecido (GIARDI et al., 1996), sendo de ocorrência comum plantas com reduzida disponibilidade de água apresentarem elevada concentração de clorofila *a* e *b* (JABEENN et al., 2008).

Houve efeito linear crescente para a área foliar, índice de área foliar, número de ramos, número de folhas, altura das planta e espessura do caule, em função das frequências de irrigação, tanto no período seco quanto no chuvoso. Em relação aos períodos, o chuvoso foi superior ao seco, para área foliar, exceto na frequência de irrigação zero e 21 dias, no índice de área foliar, número de folhas e espessura do caule, não diferiram apenas na frequência zero do período seco, já quanto ao número de ramos, não diferiram do período chuvoso para o seco, em todas as frequências de irrigação (Tabela 5)

Tabela 5. Parâmetros morfológicos do algodoeiro arbóreo (*Gossypium hirsutum* L.r. mariegalante Hutch), em frequências de irrigação e períodos de crescimento (Seco e chuvoso)

	Período	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
AF (cm ²)	Seco	37602,3a	40801,2a	67267,4b	73989,9b	$\hat{y} = 165683+450,84x$	0,79	*
	Chuvoso	52061,9a	62072,9a	91935,9a	103527,1a	$\hat{y} = - 226311+620,7x$	0,86	*
IAF (m ² m ⁻²)	Seco	3,4a	3,7b	6,2b	6,8b	$\hat{y} = - 15,341+0,0417x$	0,79	*
	Chuvoso	4,8a	5,7a	8,5a	10,0a	$\hat{y} = - 23,738+0,0634x$	0,90	*
NR	Seco	30,7a	32,2a	38,5a	45,7a	$\hat{y} = - 37,238+0,0149x$	0,93	*
	Chuvoso	30,4a	32,9a	40,45a	46,8a	$\hat{y} = - 42,786+0,0162x$	0,93	*
NF	Seco	306,1a	326,2b	424,6b	474,7b	$\hat{y} = - 623,97+2,0578x$	0,87	*
	Chuvoso	388,8a	455,8a	491,3a	662,6a	$\hat{y} = - 788,34+0,2586x$	0,97	*
ALT (cm)	Seco	88,8b	91,1b	101,8b	109,6b	$\hat{y} = - 25,95+0,2531x$	0,90	*
	Chuvoso	102,7a	106,2a	125,1a	125,9a	$\hat{y} = - 25,4+0,287x$	0,72	*
ESPC (mm)	Seco	6,03a	6,6b	6,6b	7,4b	$\hat{y} = - 2,2736+0,0019x$	0,85	*
	Chuvoso	6,3a	7,8a	8,9a	9,8a	$\hat{y} = - 5,1544+0,0072x$	0,97	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

AF-Área foliar, IAF-Índice de área foliar, NR-Número de ramos, NF-Número de folhas, ALT-Altura da planta, ESPC-Espessura do caule.

Para a máxima produção de uma planta, é fundamental uma adequada área foliar, consistindo na principal estrutura de interceptação da radiação solar para formação dos fotoassimilados, para isso são necessárias condições nutricionais e hídricas adequadas, neste aspecto, os volumes de água, através das maiores frequências de irrigação, beneficiaram o aumento de área foliar, conforme Tabela 5. Corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho, Alves et al. (2009) observaram crescimento da área foliar de plantas de algodão com o aumento das lâminas de água, correspondem a produtividade de matéria verde e seca, ou seja, a medida que aumentou a área foliar da planta, também se elevou produtividade da biomassa verde e seca do algodão, estando em acordo com os dados relatados no presente trabalho.

Por essa razão, a produtividade de uma lavoura em geral está relacionada à quantidade total de luz recebida durante a estação de crescimento, e não à capacidade fotossintética de uma única folha (TAIZ et al., 2017).

De forma semelhante aos resultados deste trabalho, Cordão Sobrinho et al. (2007) observaram menores valores de área foliar, nas plantas que receberam a menor lâmina de irrigação, influenciando, provavelmente, em número e tamanho de folhas e no somatório da área foliar. Da mesma forma, foi observado maior área foliar para o tratamento com maior entrada de água.

Em relação ao índice de área foliar, foi observado que as plantas, com maiores volumes de água disponíveis, foram beneficiadas para o máximo aproveitamento da radiação solar em relação às plantas que receberam os menores acumulados de água, ou seja, a água impulsiona a planta a acentuar suas atividades metabólicas que, por sua vez, respondem ao maior consumo de água, nutrientes, e interceptação da radiação solar com a produção de seus componentes (biomassa). Também observado por Onder et al. (2009), que ao avaliarem o índice de área foliar em dois anos agrícola, com suprimentos de água correspondendo de 25 a 100% da evapotranspiração de referência, verificaram que o crescimento foi proporcional ao suprimento hídrico, ou seja, a medida que se aumentou a quantidade de água, elevou-se o índice de área foliar.

Da mesma forma, segundo Freire (2008), o efeito de diferentes lâminas de irrigação, no número de folhas de algodão, foi positivo, ocasionando um crescimento significativo, ocorrendo que o crescimento é mais acentuado nos tratamentos que receberam a maior lâmina. Da mesma forma, no presente trabalho, à medida que aumentou o volume de água disponível, houve aumento na área foliar da planta, tornando-a com uma maior produtividade de biomassa final.

Já o período chuvoso, apesar de não diferenciar do período seco em relação ao volume de água disponível, via precipitação, apresentou melhor distribuição, ocorrendo eventos de precipitação pluvial durante todo ciclo de crescimento da cultura em relação ao período seco, que teve ocorrência de precipitações pluviais concentradas no último mês antes da colheita, não havendo tempo hábil para a fixação dos carboidratos. Segundo Araújo et al. (2013), a espessura do caule e a altura da planta são influenciadas pelas lâminas de água aplicadas, obtendo valores crescentes, à medida em que aumenta a lâmina de irrigação. Portanto, são aceitáveis os menores valores para altura e largura referentes ao menor volume de água disponível no presente trabalho.

Também segundo Yang et al. (2015), o efeito da irrigação, no desenvolvimento do algodão, foi claramente evidenciado, quando houve redução, na altura das plantas, e menor espessura do caule, com a diminuição da irrigação. Possivelmente, as plantas de algodão economizam água para sobrevivência, em detrimento de investimentos em crescimento, refletindo na menor produtividade de matéria verde e seca conforme observado na Tabela 6.

Além de ser responsável por toda conformação da parte aérea de uma planta, como sustento das folhas, condução de água e minerais, o número de ramos de algumas culturas representa o quanto a planta tem potencial de produção, ou seja, o maior número representa maior produtividade. A exemplo das culturas como café, ocorrendo o sustento dos frutos,

ou, no algodão, em que as plumas são sustentadas, o principal produto de interesse comercial na maioria dos casos, é quando as plantas apresentam um maior número de ramos, todavia, para que isso ocorra, é vital que sejam cultivadas com o adequado suprimento hídrico, o café apresentou um número significativamente maior de ramos plagiotrópicos, quando irrigado (COSTA et al., 2010).

O número de ramos simpodiais do algodão aumentou no tratamento com menor quantidade de água recebida, ou seja, 25% da evapotranspiração de referência, para o tratamento que recebeu a maior quantidade de água, 100 % da evapotranspiração de referência, em dois anos agrícolas. Onder et al. (2009) observaram também que os números de ramos simpodiais foram diretamente afetados com os níveis de irrigação e aumentaram com o aumento da quantidade de água de irrigação, da mesma forma, foi observado, no presente trabalho, que à medida que aumentou o volume de água, através das frequências de irrigação, aumentou o número de ramos.

A melhora no número de ramos e folhas por planta foi acarretada pe maior disponibilidade de água do período chuvoso (Tabela 5), o que corresponde a maior altura da planta (Tabela 5), e está diretamente relacionada com o aumento concomitante na produção de biomassa (Tabela 6), que respondeu linearmente ao aumento nos volumes de água disponíveis por meio das frequências de irrigação.

O bom crescimento vegetativo do algodão foi constatado na resposta aos volumes de água disponíveis, através da precipitação pluvial mais irrigação, ocorrendo maior produção de matéria seca por m^3 , ou seja, o maior volume proporcionou a maior eficiência do uso da água, apresentando uma eficiência de $1,8 \text{ Kg MS ha}^{-1}$, no período seco e $1,2 \text{ Kg MS ha}^{-1}$ no período chuvoso, a mais, quando comparado à frequência zero de irrigação (Tabela 6).

A eficiência do uso da água, e produtividade de matéria verde e seca, apresentaram comportamento linear crescente, com o aumento na disponibilidade hídrica. Para a eficiência do uso da água e produção de matéria seca, o período chuvoso diferiu do período seco, nas frequências de irrigação zero e 14, quanto à condutância estomática diferiu, nas frequências 21 e 7 dias, já para a produtividade de matéria verde, o período chuvoso diferiu do período seco, em todas as frequências de irrigação, exceto na frequência 7 dias (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetro produtivos do algodoeiro arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.var. mariegalante (Hutch)], em frequências de irrigação e períodos de crescimento (seca ou chuvoso)

	Período	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
EUA (kg MS m ³)	Seco	3,5b	3,9a	4,3b	5,3a	$\hat{y} = -3,9164 + 0,0017x$	0,984	*
	Chuvoso	4,4a	4,4a	5,2a	5,6a	$\hat{y} = -0,8244 + 0,0012x$	0,791	*
TMS (g/kg)	Seco	326,1a	323,0a	326,4a	327,1a	$y = 326,1$		NS
	Chuvoso	333,2a	320,5a	329,6a	329,5a	$y = 32,8$		NS
PMV (Kg ha ⁻¹)	Seco	4.959,0b	5.857,3b	6.600,9b	8.736,6a	$\hat{y} = -149604 + 3,937x$	0,987	*
	Chuvoso	6.059,4a	6.561,4a	7.825,0a	9.129,4a	$\hat{y} = -10577 + 36,726x$	0,948	*
PMS (Kg ha ⁻¹)	Seco	1.613,9b	1.898,2a	2.155,9b	2.855,8a	$\hat{y} = -4952,5 + 14,477x$	0,98	*
	Chuvoso	2.017,5a	2.106,3a	2.570,4a	3.008,2a	$\hat{y} = -3464,1 + 12,037x$	0,918	*
MT (%)	Seco							
	Chuvoso	6,5	4,8	3,8	4,1	$\hat{y} = 4,8$		NS

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

EUA-Eficiência do uso da água, TMS-Teor de matéria seca, PMV-Produtividade de matéria verde, PMS-Produtividade de matéria seca, MT-Mortandade.

Possivelmente, a quantidade de água precipitada não foi suficiente para promover a saturação de uso pela planta, fato este que, mesmo durante o período chuvoso, gerou respostas positivas às maiores frequências de irrigação, neste aspecto, ao atender as necessidades hídricas da cultura do algodão, proporcionando melhores resultados para os parâmetros produtivos (Tabela 6). De acordo com os resultados do presente trabalho, Dagdelen et al. (2006) observaram que a eficiência de uso da água aumentou, de acordo com o incremento da lâmina de irrigação aplicada até 90 mm, ou seja, quanto maior a lâmina de irrigação aplicada maior a eficiência de uso da água da cultura do algodão na produção de matéria seca.

É provável que a menor eficiência do uso da água observada, quando o algodão tem menor volume disponível, seja uma estratégia de redução no metabolismo da planta, com a finalidade de economia, garantindo a permanência das atividades vitais para sobrevivência, por maior tempo possível, na ausência de disponibilidade hídrica. Prova disso está desenvolvido, pela ação da seleção natural, um sistema radicular capaz de extrair a água das camadas mais profundas do solo, além de folhas caducas e gemas latentes nas épocas secas (MOREIRA et al., 1989).

As maiores produtividades de matéria seca e verde mostram o quanto a disponibilidade hídrica é favorável ao crescimento das plantas de algodoeiro, com maior produção de parte aérea. Os acréscimos de produção de biomassa verde e seca, nas maiores

entradas de água, evidenciam o quanto o algodão é efetivo na fixação de CO₂, com o devido suprimento hídrico, pois, um bom suprimento de água e radiação solar incidente nas folhas favorece a alta atividade fotossintética e a elevada demanda por CO₂ dentro da folha (TAIZ et al., 2017).

No período de fevereiro-junho, a menor produção de biomassa verde e seca pode estar relacionada com a insolação diária, que está em decréscimo, ao contrário do que acontece, no segundo período junho-setembro, em que os dias estão em acréscimo. Também foi observada concentração da precipitação pluvial, no final do desenvolvimento das plantas, coincidindo com a baixa insolação e ocorrência das menores temperaturas registradas, o que pode ter contribuído para a redução na fixação de CO₂.

Sugere-se que esse comportamento da precipitação pluvial, com distribuição uniforme, durante todo o ciclo produtivo, no período chuvoso, seja um dos componentes de maior acúmulo de matéria verde e seca, em relação ao período seco, pois, o mesmo apresentou irregularidade na distribuição pluvial, constatando-se que, na frequência zero de irrigação, o período seco produziu 4.959 Kg MV ha⁻¹ corte, enquanto, no período chuvoso, a produtividade foi de 6.059,4 Kg MV ha⁻¹ corte, correspondendo a uma produtividade 20% maior no período chuvoso (Tabela 6).

Em relação ao aumento do volume de água via irrigação, foi observado aumento na produtividade de biomassa, nos dois períodos produtivos (seco e chuvoso), quando comparado à frequência zero de irrigação, desta forma, quando aplicado um volume de 62,5 m³ ha⁻¹, na frequência de sete dias, constatou-se uma produtividade 44% maior de matéria verde, produzida, no período seco, e 34 %, no período chuvoso, em relação ao nível zero de irrigação.

É provável que o acúmulo de matéria verde e seca esteja relacionado à necessidade hídrica da cultura, que apresentou baixa produção na frequência zero, que foi de 5052 kg ha⁻¹, pois, um dos processos que é mais afetado pelo déficit hídrico é o da expansão celular, ocorrendo que as reduções no suprimento hídrico inibem crescimento do caule (TAIZ et al., 2017), reduzindo a quantidade de matéria verde e seca produzida no período seco.

Este fato também é explicado pela maior altura das plantas e espessura do caule (Tabela 5) no período chuvoso, que apresentou melhor distribuição da água via precipitação pluvial, otimizando a disponibilidade e o uso da água durante o ciclo, constatando-se 14 cm de altura e 0,3 mm de espessura de caule maior, em relação ao período seco.

Em trabalho realizado por Wanjura et al. (2014), em que analisaram a biomassa total pós colheita do algodão, em distintos sistemas de cultivo (irrigado por pivô central, irrigação

por gotejamento sub-superficial e sem irrigação), observaram que as maiores quantidades de biomassa pós colheita foram nos sistemas irrigados, com produção de biomassa de 8.643, 6.456 e 3.227 kg de MS ha⁻¹, respectivamente, por ciclo da cultura (150 dias), o que também foi verificado por Batista et al. (2010), que observaram uma produção de massa seca maior, quando irrigado em relação ao cultivo em sequeiro, com produtividades de 7.139 e 5.052 Kg ha⁻¹ por ciclo de 120 dias, referente aos cultivos irrigados por gotejamento e sequeiro, respectivamente.

Resultados que corroboram os contidos foram neste trabalho, observados por Cordão Sobrinho et al. (2007), em diferentes lâminas de irrigação, ocorrendo que, na menor lâmina utilizada, foi reduzido drasticamente o acúmulo de matéria fresca e seca, devido, principalmente, à forte redução da área foliar; enquanto, nas plantas irrigadas com a maior lâmina, aumentou o acúmulo de biomassa. Segundo Hu et al. (2018), os efeitos do déficit hídrico são facilmente observados com a redução dos parâmetros produtivos e do acúmulo de biomassa na cultura do algodão e a variação do rendimento e da qualidade induzida pela água pode ser explicada por contribuições de componente de rendimento em algodão, uma vez que, a baixa disponibilidade hídrica altera a morfologia da planta, em virtude de reduzir a sua altura, o diâmetro do caule, a área foliar e a biomassa (CORDÃO SOBRINHO et al., 2007).

Neste sentido, a produtividade de matéria verde e seca do algodoeiro arbóreo, no menor volume de água disponível, que foi na frequência zero de irrigação, ou seja, recebendo água apenas via precipitação pluvial, é semelhante a outras plantas cultivadas, que são consideradas de boa adaptabilidade nas condições semiáridas, como, por exemplo, a leucena (*Leucaena leucocephala*), que apresenta produtividade média de matéria seca de 5.000 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ (DRUMOND e RIBASKI, 2010), gliricídia, *Gliricidia sepium*, Jacq., Walp, com produtividade de matéria seca de 4.600 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ (SOUSA E PICANÇO, 2007), enquanto a produtividade média de matéria seca do algodão, quando não irrigado, foi de 4.841,7 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ e 6.052,5 Kg ha⁻¹ ano⁻¹, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

A planta de algodão arbóreo tornou-se potencialmente produtiva de matéria verde e seca, nas condições edafoclimáticas do Semiárido, respondendo ao emprego de técnicas agrônômicas como a irrigação suplementar, sendo uma alternativa para disponibilidade de forragem em regiões Semiáridas.

Além de boa produtividade de biomassa, a planta de algodão arbóreo persiste, ciclo após ciclo, caracterizando a perenidade da cultura, com incipiente mortandade de plantas, mesmo depois de três anos de cultivo e seis ciclos produtivos e, quando produzido em função

da água disponível, apresentou mortandade semelhantes (Tabela 6), conforme foi observado no auge do cultivo do algodão arbóreo que a prática da poda é imprescindível para o bom desenvolvimento do algodão arbóreo (AZEVEDO, 1978; BELTRÃO, 1995), esta técnica tinha a finalidade de formação, limpeza e regeneração (AZEVEDO, 1978), no entanto, o principal objetivo era de elevar a quantidade de ramos “produtivos”, condicionando um redirecionamento do fluxo de nutrientes e hormônios com a finalidade de desencadeamento de gemas dormentes.

Neste caso a quantidade de gemas que se desenvolvem tem relação com os nutrientes disponíveis, ou seja, as quantidades de caule a ser formados são fortemente afetadas pela nutrição da planta, o que é possível para plantas, com bom suprimento hídrico, que tiveram a possibilidade do máximo acumulado de reservas. Segundo Taiz et al. (2017), plantas bem nutridas são bastante ramificadas, ao passo que as plantas crescendo sob condições nutricionais pobres tendem a ser pouco ramificadas, além disso, plantas com bom suprimento hídrico possuem maior área fotossintetizante ativa, maior assimilação de carboidratos, maior produção de biomassa, ocasionada por fatores ambientais, temperatura, luz, fotoperíodo, nutrientes e água (TAIZ et al., 2017).

Neste aspecto a planta é capaz de concentrar seus recursos, no desenvolvimento do caule principal e dos ramos existentes, em vez de promover o crescimento de ramos adicionais, que não podem ser sustentados pelo suprimento de nutrientes (TAIZ et al., 2017), sendo que a produção de biomassa é assegurada pela disponibilidade hídrica, eventos de irrigação em algumas ocasiões favorecem o crescimento e desenvolvimento das plantas. O que corrobora os achados, no presente trabalho, em que a maior disponibilidade hídrica elevou a produtividade de biomassa.

5.6 CONCLUSÃO

As irrigações suplementares, nas maiores frequências, elevam a produtividade de biomassa, entretanto, o ciclo produtivo, no período chuvoso, proporciona maior crescimento das plantas de algodão arbóreo.

O algodão arbóreo produz boa quantidade de biomassa forrageira sem irrigação, entretanto, a produção é crescente, quando irrigado tanto no período seco quanto chuvoso.

5.7 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J.L.M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, W.W.A; AZEVEDO, C.A.V; DANTAS NETO, J; LIMA, V.L.A. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde**. v.4, n.1, p.41 – 46, 2009.

ANDRADE, A.R.S; PAIXÃO, F.J.R; AZEVEDO, C.A.V; GOUVEIA, J.P.G; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.S. Estudo dos comportamentos de períodos secos e chuvosos no município de Garanhuns-PE, para fins de planejamento agrícola. **Revista tecnologia aplicada a ciências agrárias**, v.1, p. 54-61, 2008.

ARAÚJO, W.P; PEREIRA, J.R; ALMEIDA, E.S.A.B; ZONTA, J.H; GUERRA, H.O.C; BEZERRA J. R. C. Rendimento e eficiência de uso da água de cultivares de algodoeiro herbáceo sob diferentes lâminas de irrigação. **II INOVAGRI International Meeting**, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a108>.

ARAÚJO, W.P; PEREIRA, J.R; ALMEIDA, ÉRICA S.A.B; GUERRA, H.O.C; BEZERRA, J.R.C; ZONTA, J.H. resposta fitotécnica do algodoeiro herbáceo BRS 8h, BRS araripe e BRS aroeira sob lâminas de água. **Revista Educação Agrícola Superior**. v.28, n.1, p.67-72, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a11>.

AZEVEDO, D.M.P. A poda em algodoeiro arbóreo. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. **Comunicado técnico**. v.1, n.93, 1978.

BATISTA, C.H; AQUINO, L.A; SILVA, T.R; SILVA, H.R.F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.4, n.4, p.197-206, 2010.

BELTRÃO, N.E.M. Breve diagnostico do algodão no Brasil e no nordeste brasileiro. **Comunicado técnico**, v.43, n.1, p.1-5, 1996.

BELTRÃO, N.E.M. Técnicas de poda na cultura do algodoeiro arbóreo (mocó) precoce. **Comunicado técnico**, v.2, n.39, p. 1-4, 1995.

CAVALCANTI, F. J.A; SANTOS, J.C.A; PEREIRA, J.R; LEITE, J.P; SILVA, M.C.L; FREIRE, J.F; SILVA, D.J; SOUZA, A.R; MESSIAS, A.S; FARIA, C.M.B; BURGOS, N; JUNIOR LIMA, M.A; GOMES, R.V; CAVALCANTE, A.C; LIMA, J.F.W.F. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação.** Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, 2008. 212p.

CHASTAIN, D.R; SNIDER, J.L; COLLINS, G.D; PERRY, C.D; WHITAKER, J; BYRDA, S.A. Water deficit in field-grown *Gossypium hirsutum* primarily limits net photosynthesis by decreasing stomatal conductance, increasing photorespiration, and increasing the ratio of dark respiration to gross photosynthesis. **Journal of Plant Physiology.** v.171, n.17, p.1576–1585, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2014.07.014>.

CORDÃO SOBRINHO, F.P; FERNANDES, P.D; BELTRÃO, N.E.M; SOARES, F.A.L; TERCEIRO NETO, C.P.C. Crescimento e rendimento do algodoeiro BRS-200 com aplicações de cloreto de mepiquat e lâminas de irrigação. **Revi Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.3, p.284–292, 2007.

COSTA, A.R; REZENDE, R; FREITAS, P.S.L; FRIZZONE, J.A; JÚNIOR, C.H. Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica.** v. 41, n. 4, p. 571-581, 2010.

DAĞDELEN, N; YILMAZ, E; SEZGIN, F; GÜRBÜZ, T. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. **Agricultural Water Management.** v.82, n.1, p.63–85, 2006. DOI:10.1016/j.agwat.2005.05.006.

DRUMOND, M.A; RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. **Embrapa, Comunidade técnico.** v. 1, n. 142, 2010.

ECHER, F.R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes.** Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMAmt. v.2, n.1, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Sistemas de produção para algodão arbóreo Mossoró – RN. **Boletim técnico**, v.2, n.40, p.43, 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistemas de produção para algodão arbóreo.** Boletim técnico. v.2, n.40, 1976.

FREIRE, S.A.B. **Efeito da lâmina de irrigação no crescimento e na produção do algodão herbáceo irrigado por gotejamento, no semiárido do rio grande do Norte.** Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). UFERSA, 2008.

GIARDI, M.T; CONA, A; GEIKEN, B; KUCERA, T; MASOJÍDEK, J; MATTOO, A.K. Long-term drought stress induces structural and functional reorganization of photosystem II. *Planta*, v.199, n.1, p.118-125, 1996.

GRIMES, D.W; CARTER, L.M.A. Linear rule for direct nondestructive leaf área measurements. *Agronomy journal*, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

GUERRA, M.G; MAIA, M.O; MEDEIROS, H. R; LIMA, G.F.C.; AGUIAR, E.M; GARCIA, L.R.U.C. Produção de novos genótipos de palma forrageira no Estado do Rio Grande do Norte. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 42., 2005, Goiânia-GO. Anais...Goiânia, 2005.

HU, W; SNIDER, J.L; WANG, H; ZHOU, Z; CHASTAIN, D.R; WHITAKER, J; PERRY, C.D; BOURLAND, F.M. Water-induced variation in yield and quality can be explained by altered yield component contributions in field-grown cotton. *Field Crops Research*. v.1, n.224, p.139–147, 2018. DOI:10.1016/j.fcr.2018.05.013.

HU, X., CHEN, H., WANG, J., MENG, X., & CHEN, F. Effects of Soil Water Content on Cotton Root Growth and Distribution Under Mulched Drip Irrigation. *Agricultural Sciences in China*. v.8, n.6, p.709-716, 2009. DOI:10.1016/S1671-2927(08)60269-2.

JABEEN, F; SHAHBAZ, M; ASHRAF, M. Discriminating some prospective cultivars of maize (*zea mays* l.) For drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. *Pakistan Journal of Botany*, v. 40, n.6, p.2329-2343, 2008.

MENEZES, I.P.P; HOFFMANN, L.V; LIMA, T.H; SILVA, A.R; LUCENA, V.S; BARROSO, P.A.V. Genetic diversity of arboreal cotton populations of the Brazilian semiarid: a remnant primary gene pool for cotton cultivars. *Genetics and Molecular Research*. v.16, n.3, p.1-13, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039659>.

MOREIRA, J.A.N; FREIRE, E.C; SANTOS, F.S; BARREIRO NETO, M. **Algodoeiro mocó: uma lavoura ameaçada de extinção**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. v.9, n,36, 1989.

NEVES, R.C.S; TORRES, J.B; SILVA, M.N.B. Época apropriada para a poda apical do algodoeiro para o controle de pragas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.12, p.1342-1350, 2010.

ONDER, D; AKISCAN, Y; ONDE, S; MERT, M. Effect of different irrigation water level on cotton yield and yield components. **African Journal of Biotechnology**. v. 8, n.8, p. 1536-1544, 2009.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT, USER´S GUIDE: v.80, CARY NC, 2000.VI.

SILVA, B.B; SOUZA, C.B; RAO, T.V.R; AZEVEDO, P.V; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. R. Efeitos do déficit hídrico sobre a fonometria e a tecnologia de fibra do algodoeiro herbáceo. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.42-46, 1998.

SINCLAIR, T.R; M.M. LUDLOW. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.33, n.12, p.213-217, 1985. DOI:<https://doi.org/10.1071/PP9850213>.

SOUSA, S.G.A; PICANÇO, P. Avaliação de biomassa e de nutrientes de *Gliricida sepium* como fonte de adubo verde em sistemas agroflorestais na amazônia ocidental. IN: **III Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental**. v.3, n.1, p.113-118, 2007.

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

WANJURA, J.D; BARNES, E.M; KELLEY, M.S; HOLT, G.A; PELLETIER, M. G. Quantification and characterization of cotton crop biomass residue. **Industrial Crops and Products**, v.56, n.1, p.94–104, 2014. doi:10.1016/j.indcrop.2014.02.019.

YANG, C; LUO, Y; SUN, L; WU, N. Effect of deficit irrigation on the growth, water use characteristics and yield of cotton in arid Northwest China. **Pedosphere**. v.25, n.6, p.910–924, 2015. DOI: 10.1016/s1002-0160(15)30071-0.

ZONTA, J.H; BEZERRA, J.R.C; SOFIATTI², V; FARIAS, F.J.C; CARVALHO, L.P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p.43 – 52, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n405rc>.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO BROMATOLÓGICA DA BIOMASSA DE ALGODÃO ARBÓREO E PALMA FORRAGEIRA

6.1 RESUMO

A qualidade nutricional das forragens eleva a produção animal, por isso, é importante fornecer alimentos, em uma dieta equilibrada, contudo, não apenas a disponibilidade é importante, mas também a concentração nutricional das forragens. Em regiões de clima Árido e Semiárido, são restritas as opções disponíveis, no entanto, podem ser encontradas plantas potencialmente produtivas e com elevado potencial nutritivo, a exemplo da palma forrageira e da biomassa do algodão arbóreo. Objetivou-se realizar a caracterização químico bromatológica da biomassa da palma forrageira e do algodão arbóreo produzidos sob irrigação suplementar. Foram conduzidos dois experimentos entre fevereiro de 2016 a fevereiro de 2018, na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural de Pernambuco-PE, Unidade Acadêmica de Garanhuns-PE. Foi realizada a irrigação suplementar, aplicada a um volume de água de $41\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, para a palma forrageira, e $62,5\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, para o algodão, nas frequências de 0, 21, 14, e 7 dias. Para a palma foram realizados cortes ao final de 12 meses e ao final de 24 meses e o algodão foi em ciclos de 120 dias. A biomassa colhida da palma e do algodão foi seca em estufa de circulação a 55°C e determinadas as concentrações de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e ácido, lignina digerida em ácido, proteína insolúvel em detergente neutro e ácido, carboidratos totais, degradabilidade e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e produção de gás. Para a biomassa da palma, a irrigação suplementar nas frequências de 0, 21, 14 e 7 dias, pouco influenciaram a concentração de nutrientes. Sendo significativo apenas para as concentrações de proteína bruta, degradabilidade e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da mesma forma para os cortes. As frequências de irrigação aumentaram a concentração de carboidratos totais, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina digerida em ácido na biomassa do algodão arbóreo, e a proteína bruta da palma em dois cortes. A palma forrageira apresentou maior concentração de matéria seca e extrato etéreo em um corte aos 24 meses. A biomassa da palma forrageira é uma fonte rica em carboidratos e nutrientes digestíveis totais, enquanto a biomassa do algodão é rica em proteína e fibras, o que possibilita a associação destes dois alimentos no balanceamento de dietas para ruminantes.

Palavras-chave: Água; alimentação animal; nutrientes.

6.2 ABSTRACT

The nutritional quality of fodder to raise animal production so it is important to provide food in a balanced diet not only availability is important but also the nutritional concentration of fodder. In arid and semi-arid regions, the available options are restricted; however, potentially productive plants with high nutritional potential can be found, such as forage cactus and arboreal cotton biomass. The objective was to carry out the chemical characterization of biomass of forage cactus and arboreal cotton produced under supplementary irrigation. Two experiments were conducted between February 2016 and February 2018, at the school farm of the Federal Rural University of Pernambuco-PE, Academic Unit of Garanhuns-PE. The supplemental irrigation applied a volume of water of 41m³ ha⁻¹ for the forage cactus and 62.5m³ ha⁻¹ for the cotton, in the frequencies of 0, 21, 14, and 7 days. For the cactus were cut at the end of 12 months and at the end of 24 months and the cotton was in cycles of 120 days. The biomass harvested from the forage cactus and the cotton was dried in a circulating oven at 55°C and determined the concentrations of dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, neutral and acid detergent fiber, acid digested lignin, neutral detergent insoluble protein and acid, total carbohydrates, in vitro degradability and digestibility of dry matter and gas production. For cactus biomass, supplemental irrigation at 0, 21, 14 and 7 days had little influence on nutrient concentration. Being significant only for crude protein concentrations, in vitro degradability and digestibility of the dry matter, in the same way for cuts. Irrigation frequencies increased the concentration of total carbohydrates, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and acid digested lignin in the arboreal cotton biomass, and the crude protein of the cactus in two cuts. The forage cactus presented higher concentration of dry matter and ether extract in a cut at 24 months. Forage cactus biomass is a source rich in carbohydrates and total digestible nutrients while the cotton biomass is rich in protein and fiber. This allows the association of these two foods in the balance of diets for ruminants.

Keywords: Water; animal feed; nutrients.

6.3 INTRODUÇÃO

A produção de biomassa pelas plantas depende dos recursos presentes no ambiente. Com água e nutrientes suficientes, quanto mais luz a lavoura receber, mais alta é a biomassa produzida (TAIZ et al., 2017). Assim, plantas em ambientes com alta incidência de radiação solar, tem potencial de produção de biomassa elevado, neste sentido, o Semiárido brasileiro é adequado para alta produção de biomassa pelas culturas, todavia, apresenta, nos recursos hídricos, a maior limitação.

Neste aspecto, culturas com eficiência no uso da água são promissoras, no que tange à produção de biomassa, assim, a palma forrageira é um valioso recurso, pois, é mais adaptado a estas regiões do que as culturas anuais, produzindo mais biomassa, por unidade de área terrestre, com menor risco, devido às incertezas climáticas (DUBEUX, Jr. 2015), desempenhando um papel estratégico no desenvolvimento agrícola e econômico, particularmente em áreas desfavorecidas, em vista de suas oportunidades de geração de renda, produção de alimentos e conservação de ecossistemas (NEFZAOUY et al., 2014).

Observando no cultivo da palma forrageira, associado à aplicação de técnicas agronômicas, excelentes oportunidades, de produção de biomassa (FARIAS et al., 2000; DUBEUX Jr et al., 2010; REGO et al., 2014; LIMA et al., 2016; ROCHA et al., 2017), e embora seja uma planta adaptada às condições edafoclimáticas de regiões áridas e semiáridas, eventos de irrigação, em algumas oportunidades, são benéficos aos sistemas de cultivos de palma forrageira (SÁ et al., 2018; LOPES et al., 2018; ARBA et al., 2018).

As técnicas agronômicas não apenas elevam a produção de biomassa da palma forrageira, mas podem influenciar os componentes presentes na planta, visto que o incremento das doses de esterco aplicadas ao solo, melhora o valor nutritivo da forragem de palma (DONATO et al., 2014).

A adubação nitrogenada aumenta a concentração de nitrogênio em plantas de *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck (SOUZA et al., 2017), quanto aos períodos de colheita. Foram observados maiores teores de matéria orgânica, carboidratos totais e fibra em detergente neutro na colheita bianual (GOMES et al., 2018). Neste aspecto, a palma forrageira merece atenção especial pela sua grande adaptação, valor nutritivo e produtividade (FERREIRA et al., 2009).

Apresentando uma gama de utilidade, conforme demonstrado com polissacarídeos extraídos da epiderme de *Opuntia stricta* haw, que foram eficientes antioxidantes naturais, podendo ser usados como aditivos alimentares naturais, substituindo os antioxidantes

sintéticos (KOUBA, et al., 2015), ou substrato de flores de *Opuntia*, pois mostram não apenas atividade antifúngica, mas também atividade antibacteriana significativa (AMMAR et al., 2012), é de uso consagrado na alimentação humana (frutos e/ou brotos), em alguns países, como no México e Tunísia e, no Semiárido brasileiro, na alimentação animal (FAO, 2017).

A palma forrageira apresenta elevados níveis de carboidrato não fibroso (CFN) (51%), matéria orgânica (MO) (90%), nutrientes digestíveis totais (NDT) (65%) e carboidratos totais (CHT) (82%) (MELO et al., 2003; MELO et al., 2005; BISPO et al., 2006), embora seja uma excelente fonte de carboidrato não fibroso (CFN), matéria orgânica (MO), nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos totais (CHT), apresenta baixos teores de matéria seca (MS) (10%), fibras em detergente neutro (FDN) 25% e proteína bruta (PB) 5%, o que exige a maior inclusão de ingredientes proteicos e com elevado teor de fibra nas formulações (MELO et al., 2003; MELO et al., 2005; BISPO et al., 2007; ALMEIDA, 2012; MARQUES et al., 2017), visando uma adequada e balanceada alimentação para os ruminantes.

A palma forrageira, quando fornecida isoladamente, provoca distúrbios metabólicos, tais como, diminuição da ruminação e diarreias (ALMEIDA, 2012), não sendo recomendado o seu fornecimento exclusivo aos animais, com isso, deve ser fornecida juntamente com fontes de proteína e de fibra (OLIVEIRA et al., 2011; ALMEIDA, 2012).

Também é necessário que o tamanho de partícula seja suficiente para estimular a ruminação, evitar a redução do pH e reter por mais tempo as partículas menores no rúmen para fermentação (RAMOS et al., 2013). Os coprodutos e resíduos da agroindústria apresentam potencial para serem utilizados como suplementos para vacas leiteiras no semiárido (FERREIRA et al., 2009).

Alternativas de fibras, associadas à palma forrageira, devem apresentar características que proporcionem um bom desempenho ruminal, uma alternativa é o bagaço de cana-de-açúcar, que tem elevados teores de fibra de alta efetividade, imprescindível para garantir a ruminação, manutenção do pH ruminal e a digestão dos nutrientes; o que pode ser definido como fonte de fibra íntegra, já que, de forma geral, é composto basicamente por componentes da parede celular (MISSIO, 2016) Dietas completas com silagem de milho podem ser substituídas por dietas, contendo palma forrageira, associada ao bagaço de cana-de-açúcar, em confinamento de ovinos, sem efeitos no desempenho, componentes do peso corporal ou qualidade da carne (RIBEIRO et al., 2017). Para o suprimento da fração proteica, são usados principalmente fontes de elevado teor (concentrados), como farelo de trigo, farelo

de soja, farelo de semente de algodão ou caroço de algodão integral (MELO et al., 2003; PESSOA et al., 2017), todavia, o uso destas fontes fibrosas ou proteicas deve ocorrer dependendo da disponibilidade e preço do produto na região.

Neste aspecto há possibilidades de cultivo e uso de plantas tolerantes às condições edafoclimáticas do semiárido, com potencialidades de suprir a deficiência de fibra e proteína existente na palma forrageira. Entre as alternativas cultivadas com sucesso encontram-se os fenos, as silagens e/ou consumo *in natura*, de *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Crotalaria ternatea* (Cunhã), *Stylosanthes humilis* (Erva-de-ovelha) e *Cajanus cajan* (Feijão guadu), *Cenchrus ciliaris* (Capim Buffel), *Cynodon dactylon* (Capim Gramão), *Andropogon gayanus* (Capim Andropogon) (PEREIRA FILHO et al., 2013), entre outras plantas, como algodão arbóreo (*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante Hutch) que, após a colheita das plúmulas, era aproveitado para colocação do gado bovino, servindo como uma forrageira nos anos de secas intensas, utilizada pelos animais para alimentação (BELTRÃO et al., 2010), demonstrando assim mais um potencial a ser explorado e o seu uso como forrageira, com potencial de contribuir na alimentação do rebanho.

Segundo Embrapa (1975), o consumo da biomassa de algodão pelos animais ocorria na época seca (verão), logo após a colheita, em culturas do primeiro ao quinto ano, sendo retirado antes do início da estação chuvosa (inverno), com uma capacidade de suporte de 2 cabeças ha⁻¹ e, na época de inverno, colocava-se a partir do terceiro ano de exploração e retirava-se logo que ocorria a primeira floração, com um suporte de 4 cabeças/ha.

O cultivo de algodão arbóreo revestia-se das características de um sistema agrícola que se fundamentava na produção do algodão e exploração da pecuária, esta, ao mesmo tempo, viabilizada pelo cultivo do algodoeiro que, sendo colhido, no período mais seco do ano, tem sua "rama" utilizada como alimento para o gado (MOREIRA et al., 1989), sendo um destino também da biomassa oriunda das podas (AZEVEDO et al., 1980).

Neste aspecto, o aproveitamento dos componentes vegetativos do algodão arbóreo, na alimentação animal, fundamenta-se, no seu amplo uso, contribuindo na nutrição dos rebanhos, dessa forma, a biomassa do algodão é potencialmente uma fonte de alimento e pode complementar alimentos com baixa quantidade de fibras e proteína, pois, apresenta aproximadamente 70% de FDN e 16% de proteína (WANJURA et al., 2014), ocorrendo que a biomassa do algodão arbóreo, quanto ao seu valor nutricional na alimentação animal, tem potencial como alimento complementar à palma forrageira, no que tange a quantidade de proteína e fibras.

Assim, objetivou-se avaliar as características químico bromatológicas e degradativas da biomassa da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) e do algodão arbóreo (*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante Hutch), cultivados em diferentes frequências de irrigação.

6.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos simultaneamente entre os anos de 2016 e 2018, conduzidos na Fazenda Escola, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns- (UFRPE/UAG), localizada no município de Garanhuns, com 896 metros acima do nível do mar e está situada na mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco, a 80 53' 25'' de latitude Sul e 360 29' 34'' de longitude Oeste.

O clima da região é classificado como tropical tipo Aw', conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), com temperatura média anual de 21,2 °C, e caracterizado por verões quentes e secos e invernos amenos e úmidos, com umidade relativa do ar que varia de 75 a 83% (ANDRADE et al., 2008).

Foi utilizado o clone Orelha de Elefante Mexicana, IPA-200016 (OEM), da espécie *Opuntia stricta* Haw e o algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante (Hutch)]. Os tratamentos experimentais utilizados foram as diferentes frequências de irrigação, sendo, 0 (sem irrigação); e intervalos de irrigação de 21;14 e 7 dias, aplicando um volume de 41 m³ ha⁻¹, para a palma, e 62,5 m³ ha⁻¹, para o algodão, o que corresponde ao volume de 7,5 L por metro linear. Foi utilizado sistema de irrigação por gotejo, com emissores espaçados a cada 0,2 m e vazão de 1,5 litros por hora.

Os tratamentos foram em delineamento de blocos casualizados com 4 repetições, onde as parcelas foram as frequências de irrigação 0, 21, 14 e 7 dias. Para a palma foi dividido em subparcelas, que foram um ou dois cortes em 24 meses. Foram realizados cortes da palma com 12 e 24 meses, após o plantio; e no algodão as subparcelas foram os períodos (seco e chuvoso), com ciclos de 120 dias, sendo colhida das plantas toda parte aérea, triturada, homogeneizada e coletadas amostras por repetição para o processamento. As amostras da palma para serem trituradas foram coletadas seguindo o padrão de crescimento da planta, enquanto para a biomassa do algodão foi triturada toda área útil por parcela e homogeneizada, para serem retiradas as amostras de processamento em laboratório.

As amostras de palma e do algodão arbóreo *in natura* foram pré-secas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55 °C, até atingirem o peso constante. Posteriormente, foram moídas em moinho de facas (tipo micro – Wiley® – Marconi), com peneiras de crivos

de 2 mm e 1mm. Sendo utilizado o tamanho de partícula de 1 mm para as análises químico-bromatológicas e de 2 mm para produção de gás e DIVMS.

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), localizado no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), onde foram realizadas as análises químico-bromatológicas das amostras de palma forrageira e da parte aérea do algodão.

Após a pré-secagem e moagem das amostras, foram realizadas as avaliações químico-bromatológicas tanto da palma forrageira, como das amostras de algodão *in natura*. Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e lignina digerida em ácido (LDA) foram determinados de acordo com os métodos descritos pela AOAC (1990).

O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (PIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinados conforme metodologia descrita por Licitra et al. (1996), por sua vez, os carboidratos totais (CHOT) foram calculados, conforme Sniffen et al. (1992), em que: $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$ e para estimativa dos carboidratos-não-fibrosos (CNF), foi determinado segundo Hall et al. (1999): $CNF = \%CHOT - \%FDNCcp$, sendo a FDN corrigida para cinza e proteína (FDNcp)

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo as marchas analíticas descritas por Tilley e Terry (1963), com as modificações descritas por Holden (1999). Para a técnica de produção de gases *in vitro* conforme (THEODOROU et al., 1994). Enquanto a degradabilidade *in vitro* foi realizada de acordo com o primeiro estágio da metodologia de Tilley e Terry (1963).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade por meio do programa *Statistical Analysis System* (SAS®) versão 9.1.3 (SAS INSTITUTE, 2003).

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise estatística um corte ou dois cortes em 24 meses pouco influenciaram a composição químico bromatológica da palma forrageira, ocorrendo diferença significativa ($p < 0,05$), para um corte em relação a dois cortes, para o teor de matéria seca e extrato etéreo em todas as frequências de irrigação, já, para fibra em

detergente ácido, proteína insolúvel em detergente neutro e ácido e lignina digerida em ácido, apenas na frequência zero de irrigação diferiram entre os cortes (Tabela 1).

Os valores de proteína bruta foram superiores, quando realizados dois cortes, na palma, aos 24 meses, em detrimento de um corte, nas frequências de irrigação 14 e 7 dias e para a degradabilidade e digestibilidade na frequência zero e 14 dias (Tabela 1). É fundamental suprir a quantidade adequada de proteína, pois, é um dos componentes interligados à digestibilidade, segundo Cavalcante et al. (2005). A digestibilidade aparente aumentou linearmente com a concentração proteica das dietas.

As plantas que passaram apenas por um corte, no final do período de 24 meses, tiveram tempo suficiente para fixação de carboidrato transformando em matéria seca e diferenciação em outros compostos como o extrato etéreo, em contrapartida o corte aos 12 meses não permitiu que as plantas de palma ampliassem sua área fotossintetizante para grandes fixações de matéria seca, com isso o corte aos 12 meses apresentou reduzida concentração de matéria seca em relação ao corte aos 24 meses.

As frequências de irrigação foram significativas em um e dois cortes para proteína, degradabilidade e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, quando realizado apenas um corte em 24 meses, para matéria orgânica, lignina digerida em ácido e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína insolúvel em detergente ácido (Tabela 1).

A matéria orgânica, proteína bruta, lignina digerida em ácido, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, apresentaram comportamento linear decrescente, quando submetidas às diferentes frequências de irrigação em um corte, já, ao realizar dois cortes para proteína insolúvel em detergente neutro, digestibilidade e degradabilidade (Tabela 1).

Apresentaram comportamento linear crescente quando realizado dois cortes, para proteína bruta, quando realizado um corte para digestibilidade e degradabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Característica químico bromatológica da biomassa de palma forrageira em diferentes frequências de irrigação e um e dois cortes em 24 meses

	CORTE	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
		0	21	14	7			
MS (g/kg) ¹	1° e 2ª (12 meses)	77,6b	74,5b	76,0b	76,2b	y = 76,3		ns
	1° (24 meses)	90,7a	89,7a	89,6a	92,7a	y = 90,7		ns
MO (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	901,2a	889,2a	885,0a	898,2a	y = 893		ns
	1° (24 meses)	892,0a	889,3a	890,7a	888,2a	y = 901,85 - 0,0063x	0,6302	*
PB (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	77,7a	77,1a	82,3a	87,2a	y = 46,067 + 0,0185x	0,4564	*
	1° (24 meses)	74,2a	77,1a	65,5b	59,2b	y = 125,05 - 0,0302x	0,5796	*
EE (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	19,5b	20,5b	20,0b	19,8b	y = 20,00		ns
	1° (24 meses)	22,6a	24,5a	23,3a	23,2a	y = 23,41		ns
FDN (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	240,0a	242,3a	247,7a	244,2a	y = 245,3		ns
	1° (24 meses)	280,7a	269,4a	279,6a	241,9a	y = 267,9		ns
FDNcp (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	218,8a	224,6a	217,4a	217,5a	y = 219,6		ns
	1° (24 meses)	249,7a	229,2a	239,5a	208,3a	Y = 356,33 - 0,0672x	0,6142	*
FDA (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	148,4b	139,6a	156,3a	145,9a	y = 147,60		ns
	1° (24 meses)	177,7a	158,7a	162,0a	148,9a	y = 161,8		ns
PIDA (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	14,3b	16,8a	16,5a	21,0a	y = 68,507 - 0,0215x	0,721	*
	1° (24 meses)	20,0a	21,2a	20,6a	16,6a	y = 28,7		ns
PIDIN (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	33,4b	32,9a	23,7a	24,6a	y = 28,7		ns
	1° (24 meses)	24,4a	33,1a	32,0a	25,4a	y = 28,7		ns
LDA (g/kg) ²	Média 1° e 2ª	12,8b	14,0a	15,0a	13,5a	y = 13,8		ns
	1° (24 meses)	23,7a	16,8a	19,2a	14,9a	y = 48,348 - 0,016x	0,7447	*
CNF (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	583,3a	569,9a	546,4a	573,5a	y = 568,3		ns
	1° (24 meses)	545,4a	558,4a	562,3a	597,4a	y = 565,9		ns
CHOT (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	802,2a	794,5a	763,8a	791,1a	y = 787,9		ns
	1° (24 meses)	795,2a	787,6a	801,8a	805,8a	y = 797,6		ns
DE (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	898,6a	879,0a	876,9a	883,5a	y = 955,79 - 0,0384x	0,65	*
	1° (24 meses)	834,6b	864,2a	853,8a	870,3a	y = 734,91 + 0,0652x	0,73	*
DIVS (g/kg) ²	1° e 2ª (12 meses)	906,4a	875,7a	840,5b	876,2a	y = 1105,8 - 0,1274x	0,8544	*
	1° (24 meses)	841,1b	887,1a	905,6a	864,0a	y = 645,55 + 0,1276x	0,8664	*

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem para cada variável de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Significativo a 0,05%, NS-Não significativo

¹ g/kg de matéria natural, ² g/kg de matéria seca, ³ g/kg de proteína bruta, MS- Matéria seca, MO- Matéria orgânica, PB- Proteína bruta, EE-extrato Etéreo, FDN-Fibra em detergente neutro, FDA- Fibra em detergente ácido, LDA-Lignina digerida em ácido, PIDA-Proteína insolúvel em detergente ácido, PIDIN- Proteína insolúvel em detergente neutro, FDNcp-Fibra em detergente neutro, corrigido para cinzas e proteína, DE-Degradabilidade, DIVMS- Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, CNF- Carboidrato não fibroso, CHOT-carboidrato total

As frequências de irrigação não foram significativas em um e dois cortes, para a concentração de matéria seca, apresentando valores médios de 76,3 g/ kg, quando realizados dois cortes e de 90,7 g/ kg, quando realizado um corte, o mesmo ocorre para os carboidratos totais, em que os valores da média dos tratamentos foram de 787,9 g/ kg, em dois cortes, e de 797,6 g/ kg, em um corte, (Tabela 1). Santos et al. (2018), observaram valor médio para

a Palma Orelha de Elefante mexicana, após dois anos de 81 g/kg de matéria seca e 780 g/kg de carboidrato total, os quais são próximos aos encontrados no presente trabalho.

Para a produção cumulativa de gás, em dois cortes, a frequência zero irrigação destaca-se em relação às demais frequências, 21, 14 e 7 dias (Figura 1 A), já, em um corte ao final do período de 24 meses, as frequências zero e sete se equivalem, enquanto a produção cumulativa de gás, nas frequências 14 e 21 dias, foram menores (Figura 1 B).

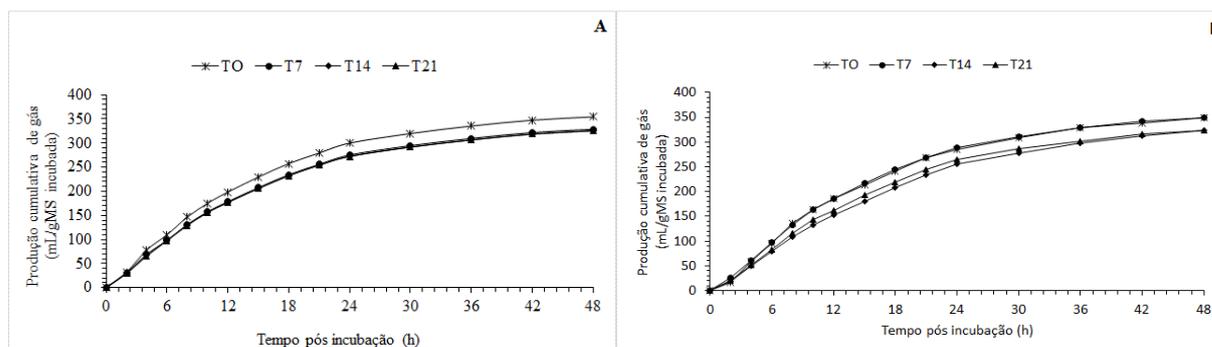


Figura 1. Produção cumulativa de gás de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) com um (A) e dois (B) cortes em 24 meses, em diferentes frequências de irrigação

É possível que os resultados para a frequência zero de irrigação, em dois cortes, (Figura 1 A) seja em decorrência do maior teor de matéria orgânica que apresentou maior valor médio de 901 g/kg de matéria seca, também, confirmando estas inferências, os valores de degradabilidade e digestibilidade da matéria seca foram superiores aos demais, com 898 e 906 g/kg de matéria seca respectivamente (Tabela 1).

Quando realizado um corte em 24 meses da palma forrageira, as frequências de irrigação zero e sete dias destacam-se em relação às frequências 21 e 14 dias, com maior produção de gás (Figura 1 B). Entretanto, de modo geral, todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento de rápido acúmulo de produção de gás em pouco tempo, ou seja, chegando ao valor máximo de produção cumulativa de gás em 24 horas, havendo praticamente estabilidade na produção de gás até as 48 horas pós incubação.

Segundo Santos et al. (2018), alta produção de gás e a degradação da matéria seca dos cactos são provavelmente devidas às suas altas concentrações de carboidratos não fibrosos e baixas concentrações de lignina, conforme valores médios de lignina digerida em ácido apresentados, na tabela 1, em que a média dos tratamentos foi de apenas 18,6 e 13,8 g/kg de matéria seca em um e dois cortes, respectivamente.

O estímulo ao uso da palma forrageira na alimentação animal deve-se as suas peculiaridades, desde alcançar alta produção de biomassa por área, até fornecer uma

forragem rica em energia e água (BEN SALEM et al., 1996), em geral possui baixa concentração de proteína, 44 g/kg (ARAÚJO et al., 2008), 59 g/kg (MELO et al., 2006), valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho, que ficaram entre 87 e 59 g/kg de matéria seca, em geral, os maiores valores de proteína bruta foram observados na frequência 7 dias de irrigação, por outro lado, foram notados os habituais elevados valores de carboidratos não fibrosos presentes na palma forrageira, conforme valores apresentados na Tabela 1, o que a configura como um alimento de alto valor energético.

Para a composição química bromatológica da biomassa do algodão arbóreo (Tabela 2) as frequências de irrigação não influenciaram o teor de matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo e proteína insolúvel em detergente neutro, apresentando valores médios de 327,1, 927,9, 22,9 e 117,1 g/kg de matéria seca, respectivamente. Para proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, as frequências de irrigação não foram favoráveis, apresentando comportamento linear decrescente, com o aumento das frequências de irrigação. O aumento no volume de água disponível favoreceu o crescimento da planta consequentemente aumentando as concentrações de FDN, FDA e lignina, o que influenciou negativamente a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, bem como a redução dos teores de proteína bruta, que pode estar relacionado ao fato de que plantas maiores possuem parede celular mais espessa, em função do maior acúmulo dos compostos acima citados, diluindo a concentração da proteína bruta do tecido vegetal.

Para Carboidratos totais, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina digerida em ácido, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas as frequências de irrigação influenciaram positivamente, apresentando, para essas variáveis, comportamento linear crescente, com o aumento nas frequências de irrigação.

A água é a molécula primordial para todos os processos biológicos, influenciando a fixação e formação dos carboidratos. Assim, uma vez fixados, são descarregados nas células-dreno, entretanto os açúcares podem permanecer como tal ou podem ser transformados em vários outros compostos ainda nos drenos de reserva, o carbono fixado pode ser acumulado como sacarose ou hexose nos vacúolos ou como amido, já nos drenos em crescimento, os açúcares podem ser utilizados para a respiração e para a síntese de outras moléculas necessárias ao crescimento (TAIZ et al., 2017), necessitando de água para qualquer um desses processos.

Segundo Taiz et al. (2017), de todos os recursos de que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é frequentemente o mais limitante, fato este refletido pela prática da irrigação.

Tabela 2. Composição química bromatológica da biomassa do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L.var. marie-galante (Hutch)] em diferentes frequências de irrigação

	FREQUENCIAS DE IRRIGAÇÃO				Equação	R ²	Sig
	0	21	14	7			
MS (g/kg) ¹	330,13	321,90	328,07	328,35	y = 327,1		NS
MO (g/kg) ²	923,5	931,3	928,2	928,7	y = 927,9		NS
PB (g/kg) ²	161,4	157,0	144,1	142,9	y = 228,81 - 0,0418x	0,869	*
EE (g/kg) ²	23,2	23,2	22,1	23,0	y = 22,92		NS
CHOT (g/kg) ²	738,8	751,0	762,0	762,7	y = 654,12 + 0,0537x	0,9743	*
FDN (g/kg) ²	542,06	552,3	557,1	566,1	y = 466,82 + 0,0473x	0,9453	*
CNF (g/kg)	278,6	266,7	272,7	266,4	y = 270,06		NS
FDA (g/kg) ²	381,9	413,5	440,1	417,1	y = 231,34 + 0,0981x	0,7156	*
LDA (g/kg) ²	164,3	168,6	176,9	179,1	y = 112,2 + 0,0324x	0,9182	*
PIDA (g/kg) ²	73,1	66,3	68,2	62,4	y = 102,64 - 0,0189x	0,7854	*
PIDIN (g/kg) ²	119,0	123,0	107,5	118,8	y = 117,12		NS
PIDIN (g/kg) ³	710,9	663,8	676,1	714,0	y = 691,2		NS
PIDA (g/kg) ³	437,7	410,6	426,1	406,2	y = 517,81 - 0,0527x	0,5637	*
FDNcp (g/kg) ²	460,2	484,2	489,2	496,2	y = 343,43 + 0,0751x	0,9801	*
DE (g/kg) ²	385,1	370,5	347,5	339,1	y = 543,84 - 0,0989x	0,9354	*
DIVMS (g/kg) ²	486,0	466,5	446,4	403,4	y = 736,14 - 0,1541x	0,808	*

¹g/kg de matéria natural, ²g/kg de matéria seca, ³g/kg de proteína bruta, MS-Matéria seca, MO-Matéria orgânica, PB- Proteína bruta, EE-extrato Etéreo, FDN-fibra em detergente neutro, FDA- Fibra em detergente ácido, LDA-lignina digerida em ácido, PIDA-Proteína insolúvel em detergente ácido, PIDIN- Proteína insolúvel em detergente neutro, FDNcp-fibra em detergente neutro, corrigido para cinzas e proteína, DE-Degradabilidade, DIVMS- Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, CNF-Carboidrato não fibroso, CHOT-carboidrato total

Semelhantes aos resultados, encontrados no presente trabalho, para a biomassa do algodão, também foram observados por Wanjura et al. (2014), ao constatarem concentração de proteína bruta mais elevado na biomassa de algodão não irrigado em relação à área em que o algodão teve crescimento sob irrigação por gotejamento. Também observaram valores médios de proteína bruta de 150 g/kg, na matéria seca. No presente trabalho o maior valor médio foi de 161 g/kg, na frequência zero de irrigação, e o menor, de 143 g/kg, na maior frequência de irrigação, esses valores de proteína bruta são potencialmente enriquecedores de uma dieta para ruminantes, levando-se em consideração, como exemplo, a recomendação de 120 g/kg para bovino de corte (NRC, 1984).

Os valores de proteína bruta encontrados na biomassa do algodão arbóreo equivalem aos de algumas plantas cultivadas com a finalidade de banco de proteína, como a leucena. Segundo Scapinello et al. (2003) e Bayão et al. (2016), as concentrações de proteína bruta do feno de leucena variam entre 170 a 177,0 g/kg, enquanto Silva et al. (2015), ao avaliarem silagem, observaram valor médio de 220 g/kg de matéria seca. A concentração de proteína bruta na biomassa do algodão é superior à concentração de outras biomassas utilizadas na alimentação de ruminantes, como a silagem de sorgo, que apresenta concentração em média de 50 g/kg na matéria seca (VASCONCELOS FILHO et al., 2010), ou sorgo *in natura*, que

apresentou média de 88 g/kg de matéria seca (MORAES et al., 2013), consistindo a biomassa do algodão em um potencial alimento para suprir significativa quantidade de proteína bruta da dieta de ruminantes.

Wanjura et al. (2014) avaliaram a biomassa do algodão em três diferentes áreas de cultivo, sob irrigação por pivô central, por gotejamento e sem irrigação, ao realizar análise de fibra em detergente neutro, observaram valores entre 610 g/kg e 350 g/kg, no presente trabalho ficaram entre 566 g/kg (Tabela 2). Esses valores de fibra em detergente neutro são semelhantes aos encontrados em biomassas tradicionalmente utilizadas na alimentação animal, como exemplo, a silagem de milho, que possui em média 500 g/kg de fibra em detergente neutro (PRADO et al., 2003).

Segundo Mertens (2002), a fibra em detergente neutro fisicamente efetiva tenta levar em conta a natureza química e física da fibra, que influencia a atividade mastigatória e a função ruminal, portanto, conforme os valores de fibra em detergente neutro e proteína bruta do algodão, relatados anteriormente, configura-se como características promissoras para a associação com a palma forrageira no balanceamento de dietas para ruminantes.

A produção cumulativa de gás da biomassa de algodão arbóreo apresentou comportamento linear crescente entre as frequências de irrigação. A tendência a estabilizar, na produção cumulativa de gás, segue plenamente até as 48 horas de incubação, ainda assim, após esse período, há uma leve tendência de crescimento. Esse comportamento é tradicionalmente observado em biomassa rica em carboidratos fibrosos, sugerindo boa fermentação do material pelos microrganismos do rúmen, disponibilizando nutrientes na forma de ácidos graxos de cadeia curta e proteína microbiana por um bom período, ao animal (Figura 2).

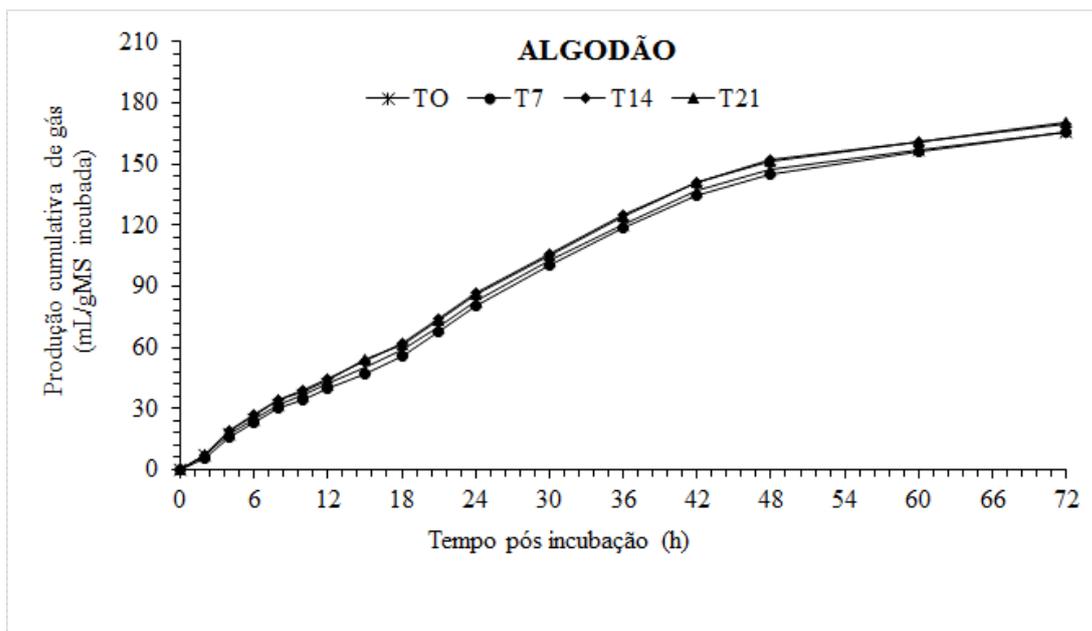


Figura 2. Produções cumulativas de gás da biomassa de algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. var. marie-galante (Hutch)] em diferentes frequências de irrigação

Após 72 horas de incubação da biomassa do algodão, a produção cumulativa de gás chegou ao valor médio de 180 mL/gMS, valores próximos foram encontrados por Lopes et al. (2016), em silagem de sorgo que variaram de 224,03 a 280,02 mL/gMS, incubada no mesmo tempo de incubação.

Segundo Nogueira et al. (2006), a concentração de fibras proporciona maior tempo de fermentação, sendo observado crescimento no acúmulo de produção de gases, após as 48 horas de incubação, ainda segundo o mesmo autor este comportamento deve-se ao menor conteúdo de carboidratos solúveis, o que aumenta o tempo de colonização pelos microrganismos.

Este fato foi observado em análise da produção cumulativa de gás da palma forrageira, com alta concentração de carboidratos solúveis (Tabela 1), apresentou elevado acúmulo de produção de gás e rápida estabilização da produção cumulativa (Figura 1), enquanto para a biomassa do algodão apresentou comportamento oposto, ou seja, os níveis de fibras elevados (Tabela 2) possivelmente influenciaram para ocorrência do baixo acúmulo de produção de gás ao longo das horas, todavia, após 48 horas, foi possível observar crescimento no acúmulo de gás (Figura 2).

Segundo Magalhães et al. (2006), as reduções no tempo de colonização são favorecidas pela presença de substratos prontamente fermentáveis e por características

físicas e químicas da parede celular da amostra, capazes de facilitar a colonização microbiana.

Também observado por Ma et al. (2015), que dietas com maior relação CNF/ FDN proporcionam mais carboidratos fermentáveis aos microrganismos para produzir ácidos orgânicos e, além disso, diminuem a secreção de saliva devido à redução no tempo de ruminação, que coletivamente leva à redução do pH. Segundo Nogueira et al. (2006), a concentração de fibra em detergente neutro e lignina presente na forragem é determinante para o tempo de colonização e produção de gás, o que pode explicar o comportamento da produção de gás (Figura 2), digestibilidade e degradabilidade *in vitro* da matéria seca (Tabela 2) da biomassa do algodão, em que no presente trabalho apresentou valores médios, entre 542 e 566 g/kg de matéria seca, para a concentração de fibra em detergente ácido, e de 164 a 179 g/kg de matéria seca, para concentração de lignina (Tabela 2).

Ao serem observadas as concentrações nutricionais presentes na biomassa da palma e do algodão, assim como a degradabilidade, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Tabela 1 e 2) e a produção cumulativa de gás (Figura 1 e 2), constatam-se na biomassa da palma forrageira, as habituais concentrações médias de nutrientes relatados na literatura, com alta concentração de carboidratos não fibrosos e totais, e também apresentando a baixa concentração de proteína bruta e fibras, conforme dados relatados no presente trabalho. Segundo Andrade et al. (2002), a proteína bruta e os carboidratos são componentes fundamentais, afetando a digestibilidade de nutrientes na dieta à base de palma forrageira de vacas em lactação.

Já a biomassa do algodão arbóreo, não é um ingrediente tradicionalmente utilizado na alimentação animal, havendo apenas alguns registros sobre o consumo *in natura* pelos ruminantes (ALVES et al., 1975; AZEVEDO et al., 1980; MOREIRA et al., 1989; BELTRÃO et al., 2010), todavia, sendo encontrado trabalho realizado por Wanjura et al. (2014), que avaliaram a biomassa do algodão, sendo possível comparar com as concentrações nutricionais encontradas no presente trabalho.

As concentrações nutricionais do algodão arbóreo são equivalentes a outras plantas de uso convencional, na alimentação animal, conforme a leucena, gliricídia, Cunhã. Santos (2017) avaliou espécies forrageiras disponíveis para ruminantes no semiárido, entre as plantas avaliadas encontram-se leucena, gliricídia, cunhã e maniçoba, e observou valor de proteína bruta entre 148 e 242 g/kg, na matéria seca, e para fibra em detergente neutro de 434 a 604 g/kg de matéria seca, sendo plantas potencialmente fornecedoras de nutrientes aos

ruminantes. A biomassa do algodão ficou entre 142 e 161 g/kg de matéria seca e 542 e 566 g/kg de matéria seca para proteína bruta e fibra em detergente neutro, respectivamente.

Neste aspecto a biomassa do algodão pode ser considerada como uma importante fonte de nutrientes a ser utilizada pelos ruminantes, seu uso seria potencializado como complemento de alimentos, a exemplo da palma forrageira, suprimindo parte da proteína e da fibra, pois, considerando a média dos tratamentos, a concentração de nutrientes da palma forrageira encontrados no presente estudo foram de 7,60, 8,10, 24,35 e 56,82 %, para dois cortes, e 9,06, 6,9, 26,79 e 56,58 %, para um corte, em 24 meses, referente às concentrações de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e carboidrato não fibrosos, respectivamente, já para a biomassa do algodão arbóreo, as concentrações foram 32,5, 15,1, 554,3 e 27,1 %, para matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e carboidrato não fibrosos, respectivamente.

Vislumbrando a produção de alimentos em pequenas áreas, pode-se considerar a utilização de um hectare de palma forrageira, na frequência zero de irrigação, com um corte ao final de 24 meses, e produtividade de 47 t ha⁻¹ de matéria seca, em associação a dois ha⁻¹ de algodão, produzido sob suplementação hídrica a cada 7 dias, obtendo uma produtividade de 17,5 t ha⁻¹ de matéria seca, no mesmo período, é possível alimentar 36 vacas em lactação, produzindo 15 litros de leite por dia, durante 180 dias, com uma dieta composta de 50% de palma e 35% de algodão, com base na matéria seca. Levando em consideração as exigências nutricionais preconizadas pelo NRC (2001)

Com todos os aspectos produtivos e nutricionais apresentados no presente trabalho referentes à biomassa da palma forrageira e do algodão arbóreo, pode-se estimular a produção e fornecimento aos animais.

6.6 CONCLUSÃO

A composição química bromatológica da palma pouco foi influenciada pelas frequências de irrigação e cortes, entretanto, a do algodão, foi influenciada.

6.7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 08-14, out-dez, 2012.

ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J.L.M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

AMMAR, I; ENNOURI, M; KHEMAKHEM, B; YANGUI, T; ATTIA, HAMADI. Variation in chemical composition and biological activities of two species of *Opuntia* flowers at four stages of flowering. **Industrial crops and products**. v.37, n.1, p.34-40, 2012. DOI:10.1016/j.indcrop.2011.11.027.

ANDRADE, A.R.S; PAIXÃO, F.J.R; AZEVEDO, C.A.V; GOUVEIA, J.P.G; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.S. Estudo dos comportamentos de períodos secos e chuvosos no município de Garanhuns-PE, para fins de planejamento agrícola. **Revista tecnologia aplicada a ciências agrárias**, v.1, p. 54-61, 2008.

ANDRADE, D.K.B; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; WANDERLEY, W.L; SILVA, L.E; CARVALHO, F.F.R; ALVES, K.S; MELO, W.S. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 1990.

ARAÚJO, L.F; SILVA, F.L.H; BRITO, E.A; OLIVEIRA JÚNIOR, S; SANTOS, E.S. Enriquecimento protéico da palma forrageira com *Saccharomyces cerevisiae* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.401-407, 2008.

ARBA, M; FALISSE, A; CHOUKR-ALLAH, R; SINDIC, M. Effect of irrigation at critical stages on the phenology of flowering and fruiting of the cactus *Opuntia* spp. **Brazilian Journal Biology**, v. 78, n. 4, p.653-660, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.170086>.

AZEVEDO, D.M.P; BELTRÃO, N.E.M; NÓBREGA, L.B. A poda do algodoeiro herbáceo para os vales húmidos do Sertão nordestino. **Comunicado técnico-EMBRAPA**, v.1, n.5, p.05, 1980.

BAYÃO, G.F.V; EDVAN, R.L; CARNEIRO, M.S.S; FREITAS, N.E; PEREIRA, E.S; PACHECO, W.F; BEZERRA, L.R; ARAÚJO, M.J. Desidratação e composição química do feno de Leucena (*Leucena leucocephala*) e Gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal** v.17, n.3, p.365-373 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402016000300004>.

BISPO, S.V; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; BATISTA, Â.M.V; PESSOA, R.A.S; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

CAVALCANTE, M.A.B; PEREIRA, O.G; VALADARES FILHO, S.C; RIBEIRO, K.G; CHIZZOTTI, F.H.M; PEREIRA, D.H. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2200-2208, 2005.

COUTINHO, M.J.F; FONTENELE, R.M. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 571-578, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p571.

DONATO, P.E.R; PIRES, A.J.V; DONATO, S.L.R; SILVA, J.A; AQUINO, A.A. Valor nutritivo da palma forrageira ‘gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 163 – 172, 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B; ARAÚJO FILHO, J.T; SANTOS, M.V.F; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.5, n.1, p.129-135, 2010.

DUBEUX, JR. J.C.B; SANTOS, M.V.F; MELLO, A.C.L; CUNHA, M.V; FERREIRA, M.A; SANTOS, D.C; LIRA, M.A; SILVA, M.C. Forage Potential of Cacti on Drylands. **IN: VIII th IC on Cactus Pear and Cochineal. Acta horticulturae**, v.1067, n.1 p. 161-165, 2015. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1067.24.

EMPRESA BRASILEIRA DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistemas de produção de algodão: Algodão Arbóreo**. EMBRAPA, v.1, n.36, 1975

FARIAS, I; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; TAVARES FILHO, J.J; SANTO, M.V.F; FERNANDES, A.P.M; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento de palma forrageira em consorcio com sorgo-granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FERREIRA, M.A; SILVA, F.M; BISPO, S.V; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.322-329, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **CROP ECOLOGY, CULTIVATION AND USES OF CACTUS PEAR**. IX INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL CAM crops for a hotter and drier world Coquimbo, Chile, p. 26-30, 2017.

GOMES, G.M.F; CÂNDIDO, M.J.D; LOPES, M.N; MARANHÃO, T.D; ANDRADE, D.R; COSTA, J.F.M; SILVEIRA, W.M; NEIVA, J.N.M. Chemical composition of cactus pear cladodes under different fertilization and harvesting managements. **Pesquisa agropecuária brasileiro**, v.53, n.2, p.221-228, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018000200011.

HALL, M.B; HOOVER, W.H; JENNINGS, J.P; WEBSTER, T.K.M. A method for partitioning neutral detergent soluble carbohydrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 9, p. 2079-2086, 1999.

KOUBAA, M. KTATA, A; BARBA, F.J; GRIMI, N; MHEMDI, H; BOUAZIZ, F; DRISS, D; CHAABOUNI, S.E. Water-soluble polysaccharides from *Opuntia stricta* Haw. fruit peels: recovery, identification and evaluation of their antioxidant activities. **Institute Agrophysiolog**, v.2, n.29, 299-306, 2015. DOI: 10.1515/intag-2015-0035.

LICITRA, G; HERNANDEZ, T.M; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996

LIMA, G.F.C; REGO, 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**, v. 29, n. 2, p. 481 – 488, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n226rc>.

LOPES, K.S.M; YOKOBATAKE, K.L.A; MELLO, S.Q.S; COSTA, N.R; SOUSA, J.T.L; LOPES, K.S.M. Digestibilidade in vitro de produção de gases em silagens de milho e sorgo em consórcio ou não com Panicum e Urochloa. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.10, n.1, p.82-88, mar. 2016.

LOPES, M.N; CÂNDIDO, M.J.D; GOMES, E.C; POMPEU, R.C.F.F; SILVA, R.G. Biomass flow and water efficiency of cactus pear under different managements in the Brazilian Semiarid. **Revisita Ciência Agronomic**, v. 49, n. 2, p. 324-333, 2018.DOI: 10.5935/1806-6690.20180037.

MA, T; TU, Y; ZHANG, N.F; DENG, K.D; DIAO, Q.Y. Effect of the Ratio of Non-fibrous Carbohydrates to Neutral detergent fiber and protein structure on intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen metabolism in lambs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 10, p.1419-1426, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0025>.

MAGALHÃES, R.T; GONÇALVES, L.C; MAURÍCIO, R.M; RODRIGUES, J.A.S; BORGES, IRAN; RODRIGUES, N.M; SALIBA, E.O.S; ARAÚJO, V.L. Avaliação de quatro genótipos de sorgo pela técnica “in vitro” semiautomática de produção de gases. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.1, p.101-111, 2006.

MARQUES, O.F.C; GOMES, L.S.P; MOURTHÉ, M.H.F; BRAZ, T.G.S; PIRES NETO, O.S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MELO, A.A.S; FERREIRA, M.A; VERÁS, A.S.C; LIRA, M.A; LIMA, L.E; PESSOA, R.A.S; BISPO, S.V; CABRAL, A.M.D; AZEVEDO, M. Carozo de algodão como fonte de fibra e proteína em dietas à base de palma forrageira para vacas em lactação: digestibilidade. **Acta Science Animal Science**, v. 27, n. 3, p. 355-362, 2005.

MELO, A.A.S; FERREIRA, M.A; VERÁS, A.S.C; LIRA, M.A; LIMA, L.E; VILELA, M.S; MELO, E.O.S; ARAÚJO, P.R.B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736, 2003.

MERTENS, DAVID R. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. **US Dairy Forage Research Center USDA-ARS**, Madison. 2002.

MORAES, S.D; JOBIM, C.C; SILVA, M.S; MARQUARDT, F.I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.14, n.4, p.624-634, 2013.

MOREIRA, J.A.N; FREIRE, E.C; SANTOS, F.S; BARREIRO NETO, M. **Algodoeiro mocó**: uma lavoura ameaçada de extinção. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. v.9, n,36, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. Washington, D.C.: National Academy Press, v. 6, p. 90, 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC, 2001.

NEFZAOU, A; LOUHAICHI, M; BEN SALEM, H. Cactus as a Tool to Mitigate Drought and to Combat Desertification. **Journal of Arid Land Studies**. v.24, n.1, p.121-124, 2014.

NOGUEIRA, U.T; MAURÍCIO, R.M; GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica in vitro semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.633-641, 2006

OLIVEIRA, A.S.C; CAVALCANTE FILHO, F.N; RANGEL, A.H.N; LOPES, K.B.P.A Palma forrageira: alternativa para o semiárido. **Revista Verde**. v.6, n.3, p. 49 – 58, 2011.

PEREIRA FILHO, J.M; SILVA, A.M.A; CÉZAR, M.F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PESSOA, R.A.S; FERREIRA, M.A; VALADARES FILHO, S.C; SANTOS, D.C; SILVA, J.L; CHAGAS, J.C.C. Simplified management of dairy heifers: different protein supplements in spineless cactus based diets. **Dairy and Vet Scienc Journal**, v.2, n.3, p.001-004, 2017. DOI: 10.19080/JDVS.2017.02.555586.

PRADO, I.N; LALLO, F.H; ZEOULA, L.M; CALDAS NETO, S.F; NASCIMENTO, W.G; MARQUES, J.A. Níveis de Substituição da Silagem de Milho pela Silagem de Resíduo Industrial de Abacaxi sobre o Desempenho de Bovinos Confinados. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.32, n.3, p.737-744, 2003.

RAMOS, A.O; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; COSTA, S.B.M; CONCEIÇÃO, M.G; SILVA, E.C; SALLA, L.E; SOUZA, A.R.D.L. Diferentes fontes de fibra em dietas a base de palma forrageira na alimentação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.14, n.4, p.648-659, 2013.

REGO, M.M.T; LIMA, G.F.C; SILVA, J.G.M; 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 Ciência Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v16n2p118-130>.

RIBEIRO, J.S; SANTOS, L.L; LIMA JÚNIOR, D.M; MARIZ, T.M.A; LADEIRA, M.M; AZEVEDO, P.S; LIMA, C.B; SILVA, M.J.M.S. Spineless cactus associated with Tifton hay or sugarcane bagasse may replace corn silage in sheep diets. **Tropical Animal Health and Production**, v.49, n.5, p. 995–1000, 2017. DOI: 10.1007/s11250-017-1288-6.

ROCHA, R.S; VOLTOLINI, T.V; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.66, n. 255, p.363-371, 2017.

SÁ, W.C.C.S; SANTOS, E.M; OLIVEIRA, J.S; PERAZZO, A.F. Production of spineless cactus in Brazilian semiarid. **INTECH open science**, V.2, n. 3, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.69614.

SANTOS, K.C. A.L.R. MAGALHÃES, D.K.A. SILVA, G.G.L. ARAÚJO, G.M. FAGUNDES, N.G. YBARRA, A.L. ABDALLA. **Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. Livestock Science**, v.195, n.1, p.118–124, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.12.002>.

SANTOS, R.D; NEVES, A.L.A; SANTOS, D.C; PEREIRA, L.G.R; GONÇALVES, L.C; FERREIRA, A.L; COSTA, C.T.F; ARAÚJO, G.G.L; SCHERER, C.B; SOLLENBERGER, L. E. Divergence in nutrient concentration, in vitro degradation and gas production potential

of spineless cactus genotypes selected for insect resistance. **The Journal of Agricultural Science**. v.1, n.7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185961800031X>.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT, USER'S GUIDE**: v.80, CARY NC, 2000.VI.

SCAPINELLO, C; ANTUNES, E.B; FURLAN, A.C; JOBIM, C.C; FARIA, H.G. Fenos de leucena (*Leucaena leucocephala* e *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) para coelhos em crescimento: digestibilidade e desempenho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, no. 2, p. 301-306, 2003.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**. v.72, p.2980-2991, 1994.

SILVA; M.D.A; CARNEIROM.S.S; PINTO, A.P; POMPEU, R.C.F.F; SILVA, D.S;

SOUZA, T.C; SANTOS, M.V.F; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B; LIRA, M.A; SANTOS, D.C; CUNHA, M.V; LIMA, L.E; SILVA, R.R. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.4, p.555-560, 2017.

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

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; McALLAN, A.B.; FRANCE, J. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p. 104-111, 1963.

VASCONCELOS FILHO, A.R.B; SIZENANDO FILHO, F.A; OLIVEIRA, M.J.S; SALES, R.O. Composição químico-bromatológica do sorgo. **Revista Verde**. v.5, n.5, p. 110 - 124 2010.

WANJURA, J.D; BARNES, E.M; KELLEY, M.S; HOLT, G.A; PELLETIER, M. G. Quantification and characterization of cotton crop biomass residue. **Industrial Crops and Products**, v.56, n.1, p.94–104, 2014. doi:10.1016/j.indcrop.2014.02.019.