



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

FRANCISCA GISLENE ALBANO MACHADO

DENSIDADES DE PLANTIO E CICLOS DE CULTIVO NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FRUTOS E FENOLOGIA REPRODUTIVA DA PITAIA
VERMELHA

FORTALEZA

2019

FRANCISCA GISLENE ALBANO MACHADO

DENSIDADES DE PLANTIO E CICLOS DE CULTIVO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE FRUTOS E FENOLOGIA REPRODUTIVA DA PITAIA VERMELHA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

Co-orientador: Prof. Dr. William Natale

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M131d Machado, Francisca Gislene Albano.
Densidade de plantio e ciclos de cultivo na produção e qualidade de frutos e fenologia reprodutiva da
pitaia vermelha / Francisca Gislene Albano Machado. – 2019.
97 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
Coorientação: Prof. Dr. William Natale.
1. Cactaceae. 2. Pitahaya. 3. Pitaya. 4. Fenofases. 5. Adensamento. I. Título.

CDD 664

FRANCISCA GISLENE ALBANO MACHADO

DENSIDADES DE PLANTIO E CICLOS DE CULTIVO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE FRUTOS E FENOLOGIA REPRODUTIVA DA PITAIA VERMELHA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Aprovada em: 16 / 12 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. William Natale
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Dra. Milena Maria Tomaz de Oliveira
Ben-Gurion University of the Negev/Israel

A Deus.

Aos meus queridos pais, Eloneida e Orlandy.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus, Criador dos céus e da terra, que me proporcionou experiências imensuráveis nas quais me fez reconhecer o quão és maravilhoso.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará, pela realização de mais um sonho e pela oportunidade de me tornar Doutora em Fitotecnia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

À Embrapa Agroindústria Tropical, na pessoa do Dr. Farley Moura, pela confiança e auxílio com as análises de qualidade de frutos.

Ao meu orientador,

Dr. Prof. Márcio Cleber pela oportunidade de receber sua orientação, pelo exemplo de profissional e ser humano, pela paciência, amizade e dedicação para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. William Natale, pela atenção, dedicação para com seus alunos, uma pessoa extremamente competente, um exemplo de humildade.

Ao professor Dr. Carlos Tadeu pela imensa ajuda com a estatística.

À professora e amiga Dr^a. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos pelas valiosas contribuições no aprimoramento deste trabalho, pela amizade, parceria, como também pelos momentos maravilhosos que compartilhamos juntas.

Ao professor e amigo Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior pela boa amizade durante toda a jornada acadêmica, pela disposição e contribuição no presente trabalho.

À minha amiga Dra. Milena Maria pela amizade, parceria e ajuda na condução do experimento, como também por tantos momentos compartilhados durante o curso de doutorado.

Aos meus amigos e colegas da Universidade Federal do Ceará, Dani, Eduardo, Jesimiel, Monique e Ronialisson pela disposição e ajuda na condução do experimento.

Aos amigos e colegas da Fitotecnia: Antônio, Tamires, Erivanda, Falkner, Nouglas, Denise, Ricardo, Luis, Ítalo, Leandro, Janequele, e Caris pelos bons momentos que passamos.

Às amigas e colegas do laboratório Lorena, Amanda, Luciana, Daiana, Ídila e Márcia, como também aos funcionários do Setor de Horticultura, Gilvan, Vieira e Antônio Neto pelas ajudas inestimáveis.

À minha querida mãezinha por seu amor, cuidado e suas palavras de ânimo nos dias mais tristes, eu só queria ser metade do que ela me diz ser.

Ao meu paizinho pela confiança e dedicação, sei que sempre posso contar com você.

Ao meu esposo e amigo Jailson Machado por todo trabalho e preocupação concedidos durante todos esses anos de doutorado, isso se me fez ver o quanto fui forte.

À minha Mileninha por seu amor puro e sincero, meus dias se tornaram bem mais leve com seus risos.

Aos meus queridos irmãos Geisinha e Gabriel por todo amor e confiança.

À Dn. Vânia e Edmar pela parceria, apoio e confiança.

Às minhas amigas da IASD Nathalya, Ana Araújo, Katiuska, Maria Luísa e Adriana pelos bons momentos de alegria compartilhados ao longo dessa trajetória.

Sem vocês nada disso seria possível...

MUITO OBRIGADA!!!

“Toda a árvore boa produz bons frutos, e toda a árvore má produz fruto maus... Portanto, pelos seus frutos os conhecereis”.

Mt 7:17 e 20

RESUMO

A pitaita pertence à família das cactáceas e está entre as frutíferas exóticas que vêm se destacando no mercado brasileiro. Se trata de uma cultura relativamente recente e carece de informações para aperfeiçoamento do sistema de cultivo. Diante disso, objetivou-se avaliar a densidades de plantio e ciclos de cultivo na produção, qualidade de frutos e fenologia reprodutiva da pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.) em cultivo irrigado. O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza, Ceará, Brasil. Foram conduzidos dois experimentos, um de densidade de plantio e ciclos, em blocos aleatorizados e parcelas subdivididas, com três densidades de plantio nas parcelas (1 planta/cova; 2 plantas/cova; 4 plantas/cova) e o ciclo (ciclo 1 e ciclo 2) nas subparcelas, com seis repetições. Cada unidade experimental foi constituída por duas covas, totalizando 84 plantas distribuídas em 36 covas. Foram avaliados os parâmetros de produção e qualidade de frutos da cultura da pitaita. No segundo experimento, foi realizado o acompanhamento fenológico reprodutivo das plantas em campo, foi realizado, no período seco e úmido de cada um dos dois ciclos produtivos. Nas 84 plantas do experimento 1, fez-se a quantificação de botões, flores e frutos e para determinação da quantidade de dias das fenofases, foram selecionadas aleatoriamente uma amostra de 20 plantas. Resultados do experimento 1: 4 plantas/cova aumentou a produtividade de frutos e reduziu a massa média do fruto, porém o número de frutos por planta não apresentou diferença entre os tratamentos. As variáveis morfométricas da pitaita não foram influenciadas pela densidade de plantio. No segundo ciclo de produção houve um incremento na qualidade de frutos para as variáveis físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante. Resultados do experimento 2: do aparecimento do botão floral até fruto maduro são de 43 a 56 dias; os índices de pegamento flor/botão e fruto/flor são maiores no período úmido e os maiores picos de florescimento e frutificação ocorreram nos meses de janeiro a abril (ciclos 1 e 2). Nas condições edafoclimáticas de Fortaleza, a pitaita apresentou 11 (1º ciclo) e 9 (2º ciclo) picos de produção. A produção de botões florais, flores e frutos apresentou correlação positiva com a temperatura; a produção de frutos apresentou correlação positiva com a umidade relativa e a precipitação. A insolação teve correlação negativa com a produção de frutos.

Palavras-chave: Cactaceae. Pitahaya. Pitaya. Fenofases. Adensamento.

ABSTRACT

Pitahaya (Cactaceae) has emerged in the Brazilian market as a new and promise exotic fruit crop. Therefore, there is a lack of information for the improvement of its cultivation system. Thus, this investigation aimed to evaluate the planting densities and crop production cycles in terms of the productivity, fruit quality and reproductive phenology of red pitahaya (*Hylocereus* sp.). The trial was carried out in an experimental area of the Federal University of Ceará, Ceará, Brazil. Two experiments were performed. One with planting density and production cycles, in a randomized blocks and subdivided plots, with three planting densities in the plots (1 plant/pit; 2 plants/pit; 4 plants/pit) and the cycle (cycle 1 and cycle 2) in the subplots, with six replicates. Each experimental unit consisted of two pits, with 84 plants distributed in 36 pits. The productivity and fruit quality parameters were evaluated. In the second experiment, the reproductive phenology was evaluated, in the dry and humid seasons of each one of the two production cycles. In the 84 plants of experiment 1, the quantification of flower buds, flowers, and fruits were carried out, and to determine the number of days of phenophases, a sample of 20 plants was randomly selected. The results of experiment 1 are followed: 4 plants/pit increased fruit yield and reduced the average mass of fruit, with no difference in the number of fruits per plant between treatments. The morphometric variables were not influenced by planting density. In the second production cycle, there was an increase in fruit quality for the physical, physical-chemical, bioactive compounds and antioxidant activity variables. The results of experiment 2 are followed: from the emergence of a flower bud to ripe fruit were taken 43 to 56 days; the indexes of flower bud /flower and fruit/flower were higher in the humid season and the highest flowering and fruiting peaks occurred from January to April (cycles 1 and 2). The red pitahaya showed 11 (1st cycle) and 9 (2nd cycle) production peaks. The production of flower buds, flowers, and fruits showed a positive correlation with temperature; the production of fruits showed a positive correlation with relative humidity and precipitation. The insolation had a negative correlation with the fruit production.

Keywords: Cactaceae. Pitahaya. Pitaya. Phenophases. Densification.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Valores médios correspondentes à precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e insolação durante a condução do experimental. Estação Meteorológica - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2019 45
- Figura 2 - Sequência dos estádios fenológicos reprodutiva da pitaia (*Hylocereus* sp.) no município de Fortaleza, CE..... 87
- Figura 3 - Número de botões, flores e frutos em relação a temperatura (A), umidade relativa do ar (B), precipitação (C) e insolação (D) do ciclo 2017-2018 de pitaia em Fortaleza, Ce..... 92
- Figura 4 - Número de botões, flores e frutos em relação a temperatura (A), umidade relativa do ar (B), precipitação (C) e insolação (D) do ciclo 2018-2019 de pitaia em Fortaleza, Ce..... 94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise de variância para o primeiro e segundo ciclo dos componentes de produção, da cultura da pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.): produtividade (PROD), número de frutos por planta (NFP) e massa do fruto (MF). Fortaleza-CE, 2019.....	50
Tabela 2 -	Teste de médias para os componentes de produção da cultura da pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.): produtividade (PROD), número de frutos por planta (NFP) e massa do fruto (MF). Fortaleza-CE, 2019.....	51
Tabela 3 -	Análise de variância para número de cladódio (NC), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e volume da parte aérea (VPA). Fortaleza-CE, 2019.....	55
Tabela 4 -	Análise de variância das características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para a massa fresca da polpa (MP), massa fresca da casca (MFC), rendimento da polpa (RP), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), espessura da casca (EC), firmeza do fruto íntegro (FFI) e firmeza da polpa (FP). Fortaleza-CE, 2019.....	56
Tabela 5 -	Teste de médias para as características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para a massa fresca da polpa (MP); massa fresca da casca (MFC); rendimento da polpa (RP); diâmetro longitudinal (DL); diâmetro transversal (DT); espessura da casca (EC); firmeza do fruto íntegro (FFI) e firmeza da polpa (FP). Fortaleza-CE, 2019.....	57
Tabela 6 -	Análise de variância das características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para coloração da polpa L* (L*); coloração da polpa a* (a*) e b* (b*). Fortaleza-CE, 2019.....	59
Tabela 7 -	Teste de médias das características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para coloração da polpa L* (L*); coloração da polpa a* (a*) e b* (b*). Fortaleza-CE, 2019.....	60
Tabela 8 -	Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável cor da casca a*, na cultura de pitaiá vermelha (<i>Hylocereus</i>	61

	sp.). Fortaleza-CE, 2019.....	
Tabela 9 -	Análise de variância das características físico-químicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), pH e relação SS/ATT. Fortaleza-CE, 2019.....	62
Tabela 10 -	Teste de médias para características físico-químicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para sólidos solúveis (SS) (° Brix), acidez total titulável (ATT) (mg ácido málico 100 g ⁻¹), pH e relação SS/ATT. Fortaleza-CE, 2019.....	62
Tabela 11 -	Interação entre os fatores de densidade de plantio e ciclo de produção para a variável pH, na cultura de pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.). Fortaleza-CE, 2019.....	62
Tabela 12 -	Análise de variância de compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos no primeiro ciclo e segundo ciclo produtivo da cultura da pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) para as variáveis antocianinas totais (ANT), flavonoides amarelos (FLA), betalaínas (BET), polifenóis extraíveis totais (PET) e atividade antioxidante total (AAT). Fortaleza-CE, 2019.....	64
Tabela 13 -	Teste de médias para os componentes antocianinas totais (ANT) (mg 100 g ⁻¹), flavonoides amarelos (FLA) (mg 100 g ⁻¹), betalaínas (BET) (mg 100 g ⁻¹), polifenóis extraíveis totais (PET) (mg 100 g ⁻¹) e atividade antioxidante total (AAT) pelo método FRAP (μmol Fe ₂ SO ₄ g ⁻¹). Fortaleza-CE, 2019.....	65
Tabela 14 -	Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável flavonoides amarelos na cultura de pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.). Fortaleza-CE, 2019.....	65
Tabela 15 -	Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável antocianina na cultura de pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.). Fortaleza-CE, 2019.....	66
Tabela 16 -	Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável AAT na cultura de pitiaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.). Fortaleza-CE, 2019.....	67

Tabela 17 -	Coeficientes canônicos entre as variáveis de produção e a qualidade de frutos.....	69
Tabela 18 -	Fases e subfases da fenologia reprodutiva da pitiaia (<i>Hylocereus</i> sp.) no município de Fortaleza, CE.....	88
Tabela 19 -	Índice de pegamento de flores (botões/flores) e frutos (flores/frutos) por planta nos períodos seco e úmido dos ciclos avaliados em Fortaleza, CE.....	96
Tabela 20 -	Coeficientes de correlação simples (r) entre os fatores climáticos e fases de pitiaia em Fortaleza, CE.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

T1	1 planta/ cova
T2	2 plantas/cova
T3	4 plantas/cova
NFP	Número de frutos por planta
PROD	Produtividade
MMF	Massa média de fruto
GL	Graus de liberdade
MFP	Massa fresca da polpa
MFC	Massa fresca da casca
RP	Rendimento de polpa
DL	Diâmetro longitudinal
DT	Diâmetro transversal
EC	Espessura da casca
FFI	Firmeza do fruto íntegro
FP	Firmeza da polpa
pH	Potencial hidrogeniônico
SS	Sólidos solúveis totais
ATT	Acidez total titulável
ANT	Antocianina
FLA	Flavonoides
BET	Betalaínas
PET	Polifenóis
AAT	Atividade antioxidante total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2	CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	19
2.1	Revisão de Literatura.....	19
<i>2.1.1</i>	<i>Importância da fruticultura nacional.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Frutas exóticas.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Aspectos gerais da cultura da pitaiá.....</i>	<i>20</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Descrição do gênero <i>Hylocereus</i>.....</i>	<i>22</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Metabolismo CAM.....</i>	<i>24</i>
<i>2.1.6</i>	<i>Densidade de plantio.....</i>	<i>25</i>
<i>2.1.7</i>	<i>Qualidade de frutos da pitaiá.....</i>	<i>27</i>
<i>2.1.8</i>	<i>Fenologia Reprodutiva da pitaiá.....</i>	<i>28</i>
3	CAPÍTULO II – PRODUÇÃO E QUALIDADE DA PITAIA VERMELHA SOB DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO E CICLOS DE CULTIVO... 31	
3.1	Introdução.....	33
3.2	Material e Métodos.....	34
<i>3.2.1</i>	<i>Caracterização da área de estudo.....</i>	<i>34</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Produção das mudas.....</i>	<i>35</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Instalação, condução e delineamento experimental.....</i>	<i>35</i>
<i>3.2.4</i>	<i>Adubação, irrigação e controle de fitopatógenos.....</i>	<i>36</i>
<i>3.2.5</i>	<i>Avaliação da produção.....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.6</i>	<i>Avaliações pós-colheita dos frutos.....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.7</i>	<i>Avaliações morfométrica.....</i>	<i>39</i>
<i>3.2.8</i>	<i>Análise dos dados.....</i>	<i>39</i>
3.3	Resultados e Discussão.....	40
<i>3.3.1</i>	<i>Produção.....</i>	<i>40</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Caracterização morfométrica.....</i>	<i>44</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Caracterização física.....</i>	<i>46</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Caracterização físico-química.....</i>	<i>51</i>
<i>3.3.5</i>	<i>Compostos bioativos e atividade antioxidante.....</i>	<i>54</i>
<i>3.3.6</i>	<i>Correlação canônica.....</i>	<i>58</i>
3.4	Conclusões.....	60

4	CAPÍTULO III - FENOLOGIA REPRODUTIVA DA PITAIA VERMELHA NO PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE FORTALEZA, CE.....	61
4.1	Introdução.....	63
4.2	Material e Métodos.....	64
4.2.1	<i>Caracterização da área e material vegetal.....</i>	64
4.2.2	<i>Instalação e condução do experimento.....</i>	64
4.2.3	<i>Adubação, irrigação e controle de fitopatógenos.....</i>	65
4.2.4	<i>Caracterização fenológica.....</i>	65
4.2.5	<i>Período reprodutivo.....</i>	66
4.2.6	<i>Avaliação estatística.....</i>	67
4.3	Resultados e Discussão.....	67
4.4	Conclusões.....	99
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
	REFERÊNCIAS.....	100

1 INTRODUÇÃO GERAL

A pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) pertence à família das cactáceas, tratando-se de uma cultura com elevado potencial para desenvolvimento agrícola em condições áridas e semiáridas. Apesar de originária da América Central, a cultura tem sido cultivada em diversos países tais como Israel, Tailândia e China, devido as suas características peculiares como resistência a diversos fatores ambientais e pela alta eficiência de uso da água. Os principais gêneros encontrados com potencial para alimentação humana e animal, são: *Hylocereus*, *Selenicereus*, *Cereus*, *Leptocereus*, *Escontria*, *Myrtilloactos*, *Stenocereus* e *Opuntia* (MIZRAHI *et al.*, 1997).

A espécie *Hylocereus* sp. é descrita por alguns autores como Santana (2019), Oliveira (2019), Almeida *et al.* (2016), Cajazeiras (2016), Nunes *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2014), como uma espécie promissora e que se adequa às diferentes condições edafoclimáticas e a exigências comerciais, porém, ainda são incipientes os estudos realizados a nível Brasil sobre técnicas de manejo da cultura que visem o aumento da produtividade e que possam auxiliar os atuais produtores.

Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produção, a escolha da densidade de plantas é uma das práticas culturais que mais interfere na produtividade, tendo em vista que a produtividade de uma cultura pode ser definida pela interação entre a planta, manejo e o ambiente de produção (MAUAD *et al.*, 2010). A densidade ótima depende de diferentes fatores, tais como atributos da planta, período de crescimento, época de semeadura, manejo, fertilidade do solo, tamanho da planta, umidade disponível, radiação solar e o método de plantio (AMERI *et al.*, 2007).

O aumento da densidade de plantio pode proporcionar aumentos no volume de ramos produtivos por área (WEBER *et al.*, 2016) e conseqüentemente aumento na produtividade (SILVA *et al.*, 2003). Em contrapartida menores densidades permitem a oportunidade de obter plantas bem desenvolvidas, melhor enraizamento e crescimento equilibrado, de forma a promover maior absorção de nutrientes e água, o suficiente para sintetizar e assimilar fotossinteticamente, permitindo a produção de frutos maiores e de melhor qualidade (RESENDE *et al.*, 2013). Em princípio, a melhor densidade é aquela que propicia melhor utilização de água, luz e nutrientes, através de uma distribuição uniforme de plantas na área (BEZERRA *et al.*, 2014).

Outro fator de relevância para o sucesso na cultura da pitiaia é o conhecimento das fenofases ao longo do ano (CAMPAGNOLO *et al.*, 2010). Cada espécie apresenta

desenvolvimento diferente em função das condições ambientais, sendo necessários estudos sobre o desempenho das espécies em cada região de cultivo (SEGANTINI *et al.*, 2010).

O conhecimento sobre a fenologia reprodutiva de uma determinada frutífera é importante, pois as informações obtidas sobre os períodos de brotação, florescimento, frutificação e colheita podem auxiliar no estabelecimento de tratos culturais e fitossanitários mais adequados (MARO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o objetivo com esta pesquisa foi estudar a produção e qualidade de frutos de pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) em três densidades de plantio e de dois ciclos produtivos e avaliar a fenologia reprodutiva destas plantas sob cultivo irrigado em condições tropicais do litoral cearense, em Fortaleza/CE.

2 CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais

2.1 Revisão de Literatura

2.1.1 Importância da fruticultura nacional

Dentre os setores do agronegócio brasileiro a fruticultura é uma das atividades agrícolas que mais contribui para o crescimento da economia local (SEBRAE, 2018). O Brasil, em face de sua grande extensão territorial e variação climática, torna-se um grande polo em produção de frutas tropicais e exóticas, a qual se estende durante todo o ano (DERETTI *et al.*, 2015). O setor da fruticultura permite ao Brasil ocupar a 3ª posição no ranking mundial, com uma produção estimada em torno de 45,6 milhões de toneladas no ano de 2018, o que resulta em aproximadamente 5 milhões de pessoas empregadas, ou seja, 16% da mão de obra agrícola (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

O Brasil é reconhecido pela grande variedade de frutas produzidas em todo território nacional, tanto advindas de lavouras permanentes, como de temporárias, o que potencializa ainda mais as oportunidades para o crescimento do agronegócio. As principais frutas produzidas no Brasil são: laranja (18.666.928 t), banana (7.185.903 t), coco-da-baía (1.800.000 t), mamão (1.057.101 t), uva (1.680.020 t), melancia (2.090.432 t), abacaxi (1.796.370 t) e melão (565.900 t) (IBGE, 2017).

Dentre os Estados que mais produzem frutas por área destaca-se São Paulo (540.623 ha), Bahia (308.913 ha), Minas Gerais (125.636 ha) e Rio Grande do Sul (148.928 ha) (IBGE, 2016). Quanto a exportação de frutas no Brasil nem sempre os estados que mais produzem são necessariamente os que mais exportam. No ano de 2017 o Rio Grande do Norte foi o maior exportador em valor de frutas frescas, secas e elaboradas, além de nozes e castanhas. As vendas externas totalizaram US\$ 179.550.550 milhões e 236.500,159 mil toneladas, seguido do Ceará, Pernambuco, Bahia e São Paulo (IBGE, 2016).

2.1.2 Frutas exóticas

Com o aumento do conhecimento, aumenta-se o consumo de frutas e, por conseguinte, também aumenta a procura por frutas exóticas. O termo frutas exóticas pode ter diversos conceitos, dependendo do ponto de vista, alguns autores relatam como sendo todas aquelas frutas originárias de outros países que foram introduzidas em regiões não consideradas de sua origem, ou são frutas com características organolépticas que fazem ser únicas das demais frutícolas encontradas, ou ainda, são todas aquelas que são vendidas e

compradas em menor volume nos centros atacadistas (WATANABE; OLIVEIRA, 2014).

No Brasil existe uma gama variada de espécies que foram introduzidas de outras regiões do globo que se adaptaram bem às condições de clima e solo do país, dentre as quais pode ser citado o coqueiro (*Cocus nucifera*), originário da Ásia, muito comum no litoral nordestino brasileiro, a fruta-pão (*Artocarpus communis*), a jaqueira (*Artocarpus integrifolia*), ambas originárias da região indo-malaia, além da mangueira, a laranjeira, a bananeira, a macieira, além de outras espécies de grande importância no cenário econômico local (PACTO, 2014; ORTEGA; OLIVEIRA, 2011; SCHWARTS *et al.*, 2006.)

Aliados a evolução da ciência e ancorados na divulgação das propriedades nutricionais dos alimentos e suas potenciais ações benéficas à saúde humana, prevenindo e tratando doenças, as frutas tropicais exóticas têm sido consideradas promotoras da saúde e peças-chave na promoção da qualidade de vida (MENCARELLI *et al.* 2010; SUN *et al.*, 2010). A introdução de frutas nas práticas alimentares diárias abriu espaço para o consumo de diferentes espécies frutíferas, inclusive as exóticas, que possuem sabor diferenciado e interessante conteúdo de minerais, fibras e compostos antioxidantes (JERÔNIMO, 2016).

Assim, é demonstrado o quão grande é o potencial de cultivo de frutas exóticas no Brasil, o que contribui não somente para a melhoria da economia, mas no desenvolvimento social e humano de cada uma das regiões produtoras. Dentre as várias opções de espécies frutíferas exóticas com boas perspectivas de comercialização, encontra-se a pitaita, cactácea nativa das florestas tropicais da América Central e do Sul (CANTO *et al.*, 1993; NERD; MIZRAHI, 1998).

A pitaita encontra-se no importante grupo de frutas exóticas (HA *et al.*, 2014, apresentando alto valor comercial (MOREIRA *et al.*, 2011) o que desperta ainda mais o interesse dos fruticultores em seu plantio e cultivo (CAVALCANTE *et al.*, 2011; CORDEIRO *et al.*, 2015). Atrelado aos benefícios da produção, a pitaita possui atributos físicos, sensoriais e nutricionais interessantes, viáveis à implementação de uma alimentação saudável, aumentando o interesse do produtor por ser uma opção para diversificação da fruticultura nacional (SATO *et al.*, 2014).

2.1.3 Aspectos gerais da cultura da pitaita

A pitaita é uma planta pertencente à família cactácea, e existem cerca de 35 espécies que apresentam potencial para serem cultivadas com a finalidade de alimentação humana e animal (MIZRAHI *et al.*, 1997). O nome desta planta se refere a sua fruta que é de

aspecto escamosa (ECHEVERRI, 1990), sendo encontrada em diversos países do continente Americano, região essa considerada o centro de sua origem (SILVA, 2014; DONADIO, 2009). A cultura é agrupada em quatro gêneros distintos: *Stenocereus*, *Cereus*, *Hylocereus* e *Selenicereus* (LE BELLEC, 2006).

A cultura da pitaia está associada a três gêneros diferentes, a depender do formato das costilhas. O gênero *Epiphyllum* possui apenas duas nervuras, sem angulação e com formato relativamente plano; já o gênero *Hylocereus* apresenta forma triangular enquanto o gênero *Selenicereus* exibe quatro nervuras e forma quadrangular (HUNT, 2006, TEL-ZUR *et al.*, 2011; MIZRAHI, 2014).

A espécie *Hylocereus* possui diversos nomes, dentre eles destacam-se: pitaia vermelha, pitaya, pitahaya ou “rainha da noite”, devido as flores grandes, brancas ou rosadas que apresentam antese noturna (ALMEIDA, 2015). Para Ortiz-Hernández (1999), os nomes “pitaya” e “pitahaya” são mais utilizados nas Américas Central e do Sul e tem o mesmo significado, sendo que no México é mais comum utilizar o termo “pitahaya”. Nos países do oriente, como China, Vietnã, Malásia e Japão, é conhecida como “fruta dragão”, pela semelhança com as escamas características da figura do dragão, sendo considerada como uma das mais bonitas do mundo (ZEE *et al.*, 2004).

A pitaia é uma planta perene (GOMES, 2014), trepadeira, com caule classificado morfológicamente como cladódio, e com presença de espinhos 2 a 4 mm de comprimento (CANTO *et al.*, 1993). Estes espinhos estão localizados em regiões denominadas aréolas (WALLACE; GIBSON, 2002). Os cladódios são caules modificados, suculentos, cilíndrico ou globular, com sulcos e relevos, com capacidade de realização da fotossíntese e acúmulo de água e nutrientes, o que dá a planta a capacidade de resistir às secas prolongadas, pois estes apresentam em sua superfície ceras naturais que reduzem a perda de água e possuem abertura estomática noturna (SANTOS *et al.*, 2013; MARENCO; LOPES, 2011).

A partir dos cladódios são originadas numerosas raízes adventícias que contribuem para a fixação da planta à estrutura e também atuam na absorção de nutrientes, sendo que estas não têm ação parasítica (ORTIZ-HERNÁNDEZ, 2000), adicionalmente, estas raízes adventícias servem de apoio a diferentes tutores, sejam eles vivos ou mortos, isso graças a sua capacidade dessas raízes desenvolverem esse tipo de sustentação, salienta-se que esta característica morfológica da pitaia a distingue de outras espécies de cactáceas (OIRSA, 2000).

A flor é hermafrodita e destaca-se por seu tamanho, em torno de 20 a 30 cm de comprimento, de coloração branca, realizando antese durante a noite (JERONIMO, 2016). O

fruto tem escamas denominadas de brácteas com diâmetro de 10 a 20 cm no formato esférico, as sementes medem aproximadamente três mm de diâmetro e estão inseridas uniformemente na polpa, que é gelatinosa (CAJAZEIRA, 2016). O fruto é uma baga de tamanho médio e com massa variando de 200 g a até 1 kg (NERD; MIZRAHI, 1997; LE BELLEC *et al.*, 2006).

Apesar da pitia ser uma planta rústica, que se aclimata com facilidade, esta responde bem a adubação com matéria orgânica (CAVALCANTE *et al.*, 2011; MARQUES *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2015) promovendo maior crescimento e produtividade. Foi também observado resultados satisfatórios com adubação nitrogenada e potássica (SANTANA, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2016), adubação com fósforo e zinco (CORRÊA *et al.*, 2014) nos quais promoveram o crescimento inicial de plantas de pitia, o que confirmou os estudos de Ortiz-Hernandez, (2000) no qual relatou que a pitia requer uma adubação rica em matéria orgânica e nutrientes, tais como nitrogênio, potássio e fósforo.

Os preços alcançados pela produção de pitia são expressivos, tanto no mercado interno quanto no externo (CAJAZEIRAS, 2016). A precocidade quanto ao início da produção de frutos, a tolerância ao déficit hídrico, os custos de implantação e manutenção do pomar são inferiores quando comparados com outras frutíferas, bem como, características adaptativas favoráveis ao seu cultivo na Região Nordeste, são algumas vantagens agrônômicas que podem ajudar a resolver alguns problemas agrícolas futuros no Brasil, principalmente no semiárido Nordestino (ALMEIDA, 2015).

2.1.4 Descrição do gênero *Hylocereus*

O gênero *Hylocereus* engloba 15 espécies aceitas (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILO-SALAZAR, 2012; CORREDOR, 2012), dentre estas destacam-se: *Hylocereus undatus*, *Hylocereus megalanthus*, *Hylocereus setaceus*, *Hylocereus polyrhizus* e *Hylocereus costaricensis* que são as mais cultivadas no Brasil (SANTANA, 2019).

A maior diversidade do gênero *Hylocereus* pode ser encontrada em países como México, Colômbia, Guatemala, Panamá, Costa Rica, Venezuela, Nicarágua, Cuba, República Dominicana e Martinica (CASTILLO *et al.*, 1996). As pitias do gênero *Hylocereus* diferem quanto ao tipo de fruto produzido, sendo a pitia vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*) a mais cultivada no Brasil e que até o momento ainda não existe nenhuma variedade comercial (HERNÁNDEZ; SALAZAR, 2012; SILVA, 2014).

A espécie *Hylocereus* sp., de polpa vermelha, vem ocupando um crescente nicho no mercado mundial, em especial na Europa e Estados Unidos, atraindo cada vez mais consumidores, por suas características sensoriais, nutracêuticas e alto valor comercial (ESQUIVEL; QUESADA, 2012). No Brasil, a implantação do cultivo da pitáia é ainda recente, por volta do ano 2000, com a produtora Anoemisia Sader, de Itajobi, no estado de São Paulo, e partir daí, foram iniciados cultivos comerciais. Bastos *et al.* (2006), acrescenta que a região Sudeste é a principal produtora, onde a cultura da pitáia se aclimatou muito bem, com produção média anual de 14 toneladas de frutos por hectare, nos meses de dezembro a maio.

No estado de São Paulo, a produtividade média obtida, na região de Presidente Prudente, é de 18 t ha⁻¹ (SUZUKI, 2018*¹) A produtividade média da pitáia é variável de acordo com as condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar, podendo variar de 10 a 30 t ha⁻¹ (LE BELLEC *et al.*, 2006). VAILLANT *et al.* (2005) afirmaram que na Nicarágua, cultivos bem conduzidos podem produzir até 26 t ha⁻¹. Segundo dados da PROHORT (2016), dados apontam que São Paulo, continua sendo maior produtor, sendo responsável por mais de 83% da quantidade comercializada nas CEASAS (1.360.757 kg), seguido por Minas Gerais com 149.592 kg, Rio grande do Sul (9.180 kg) e Ceará com aproximadamente 3.500 kg de frutas do total comercializado (PROHORT, 2016).

Como citado, já existem diversos plantios distribuídos pelo Brasil, sendo alguns desses estão na região da Chapada do Apodi, nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, estado do Ceará (ALMEIDA, 2015), o que totalizava cerca de 15 hectares da cultura, cujas as plantas produzem frutos o ano inteiro, a comercialização da produção é destinada as principais redes de supermercados de Fortaleza, a preços elevados (NUNES *et al.*, 2014). O cultivo da pitáia foi expandido e no ano de 2018 somaram-se cerca de 40 hectares, aumento de quase 170% na área produtiva quando comparado ao ano de 2014 (OLIVEIRA, 2019).

O cultivo da pitáia tornou-se uma excelente opção para o produtor e consumidor, devido ao alto preço pago pela fruta, aliado aos benefícios do seu consumo, além do valor nutricional e funcional. Algumas espécies também apresentam potencial para ornamentação, o que agrega ainda mais valor ao cultivo desta cactácea (GOMES, 2014). O fruto da pitáia se destaca pelo sabor e textura da polpa, possuindo grande quantidade de sementes, o que lembra um pouco o kiwi, mas o que chama a atenção para inúmeros estudos é a quantidade de compostos bioativos, principalmente pigmentos e compostos fenólicos, geralmente relacionado com a defesa do vegetal (NUNES *et al.*, 2014).

¹ *SUZUKI, W. (Narandiba, São Paulo). Comunicação pessoal, 2018.

Segundo Duarte (2013), as flores e cladódios da pitaiia possuem compostos bioativos que fazem da pitaiia uma planta com diversas aplicações na culinária, indústria farmacêutica, de cosméticos e de corantes. Podendo ser consumida diversas partes da mesma, desde o fruto, principal produto de interesse, até os cladódios e flores, estes também apresentam grande quantidade de compostos funcionais e propriedades terapêuticas, com potencialidades de serem analisadas e estudadas (SILVA, 2014).

2.1.5. Metabolismo CAM

O metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) constitui um mecanismo primordial e mais eficiente quando se refere a concentração de dióxido de carbono (CO_2) existente nas espécies encontradas dentro da família botânica cactácea (GOMES, 2014). Esta é uma variante importante na fixação fotossintética de carbono denominada historicamente de metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) por ter sido identificado, inicialmente, em *Bryophyllum calycinum*, membro da família *Crassulaceae* (CUSHMAN, 2001).

As espécies CAM, bioquimicamente, possuem o mesmo processo de fixação do CO_2 que as plantas do tipo C_4 , ou seja, além da presença da enzima Rubisco, é encontrada nas células do mesófilo foliar, uma outra enzima de maior afinidade pelo CO_2 do que a Rubisco, a fosfoenolpirúvico carboxilase (PEPcase), que tem por função fixar o dióxido de carbono e translocá-lo, via malato e aspartato, até a bainha dos feixes vasculares, onde ocorre a descarboxilação dos ácidos málico e aspártico, permitindo a liberação do carbono para entrar no ciclo de Calvin (KLUGE, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2014).

O CAM é caracterizado pelos seus eventos fisiológicos ocorrerem distribuídos de forma temporal, ou seja, o acúmulo de ácidos orgânicos C_4 (málico e aspártico) ocorre durante a noite e o seu consumo durante o dia, fato este, que favorece o fechamento dos estômatos durante o dia e possibilita a redução da perda de água pelas plantas (PIMENTEL, 1998). Ou seja, constitui um sistema altamente eficiente quanto ao uso da água e quando se compara ao metabolismo das plantas com fisiologia C_3 e C_4 (GOMES, 2014). Estas plantas apresentam em sua estrutura modificação do caule para armazenamento de água, redução ou ausência de folhas, superfícies recobertas com ceras naturais e abertura noturna dos estômatos para a absorção de dióxido de carbono, o que permite que as mesmas tolerem as mais diferentes condições (MARENCO; LOPES, 2011).

As pitaiias apresentam grande habilidade de se desenvolverem e produzirem em condições de limitação hídrica, principalmente se levadas em considerações as constantes

mudanças climáticas que têm ocorrido em todas as regiões do mundo e também a crescente falta de água em muitas áreas, perfazendo dessas plantas um novo recurso alimentar e hídrico, de importância significativa para o futuro das próximas gerações (MIZRAHI *et al.*, 2002).

Em estudos realizados por Nobel *et al.* (2002) a pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*), obteve maior eficiência na absorção de CO₂ quando a temperatura média da noite é de 20°C. Adicionalmente, Weiss (2010), quando cultivou espécies de pitáia em ambiente enriquecido com CO₂, observou que as espécies *Hylocereus undatus* e *Hylocereus megalanthus* responderam positivamente, resultando em aumento da biomassa e alongamento de ramos, além de haver incrementado na produção de gemas reprodutivas. É interessante destacar que as cactáceas em seu habitat natural, realizam predominantemente metabolismo CAM, contudo em condições de sombreamento, têm capacidade de efetuar o CAM cíclico (ORTIZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 1999) que segundo Silvera *et al.* (2010) o CAM cíclico pode ser considerado um passo evolutivo intermediário entre a fotossíntese C₃ e CAM.

2.1.6 Densidade de plantio

A densidade de plantio é um dos aspectos mais importantes a ser levado em conta no planejamento da área a ser cultivada, uma vez que influencia tanto em produtividade e melhor aproveitamento da área até aspectos relacionados ao aparecimento e controle de pragas e doenças, esta pode ser influenciada por inúmeros fatores, tais como a topografia, o sistema de sustentação das plantas, a condução das plantas, a associação com outras culturas, a polinização, o vigor das plantas e, sobretudo, pelas condições edafoclimáticas da região de cultivo (PIRES *et al.*, 2011; YAHYA *et al.*, 2013).

Quando o número de plantas aumenta por unidade de área, atinge-se o chamado ponto de competição, no qual cada planta começa a competir por alguns fatores essenciais ao crescimento, tais como nutrientes, água e luz (ARISMENDI, 1975; MENDOZA, 1982; CHOAIKY; FERNANDES, 1983). Além disso, pode alterar a arquitetura e outras características das plantas, com reflexos na produtividade (MONDIN, 1988; SQUIRE, 1990). Um dos pontos mais importantes é a redução da área fotossinteticamente ativa, que pode comprometer a produtividade no estágio reprodutivo (SÁ *et al.*, 2004).

O ganho de uma lavoura pode aumentar com a elevação da densidade de plantio, até atingir uma densidade ótima, a partir da densidade ótima, quando o rendimento é máximo, o aumento na densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade, então a densidade ótima é, portanto, variável para cada situação e, basicamente, depende de três

condições: cultivar, disponibilidade hídrica e do nível de fertilidade de solo, qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de plantio (CRUZ *et al.*, 2010).

O adensamento de plantas aumenta o volume de ramos produtivos por área, proporcionando maior produção em menos tempo, sendo que desta forma, os produtores compensam a menor longevidade dos pomares em maiores adensamentos para aumentar a produção e produzir antecipadamente, assim, a maior densidade de plantio é uma excelente estratégia para expressar o máximo potencial da cultura (WEBER *et al.*, 2016). Apesar das indicações de que plantios adensados são mais produtivos, deve ser considerado também o custo de produção que aumenta significativamente com a redução do espaçamento de cultivo (MOREIRA *et al.*, 2019).

De acordo com Cavichioli *et al.* (2014), em plantios adensados com maracujazeiro, observaram-se menor número de frutos por planta, isto possivelmente pode estar relacionado à menor fecundação de flores, diminuição da eficiência da polinização devido ao alto sombreamento dos ramos, podendo causar a diminuição da taxa fotossintética líquida. Adicionalmente, outras pesquisas também demonstraram influência significativa do adensamento sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo sobre plantas, resultando, por exemplo, na diminuição do peso dos órgãos vegetativos (YAMAKURA *et al.*, 2008), ou no maior crescimento em altura das árvores (SINGH *et al.*, 2007), que segundo Policarpo *et al.* (2006) esse aumento pode ser explicado pela competição de recursos nutricionais do solo e/ou luz.

Em contrapartida, Cavalcanti (2009) avaliando o efeito do adensamento de mangueiras ‘Tommy Atkins’ na microrregião de Teresina, observou, além da redução das características vegetativas e reprodutivas de cada uma das plantas, um incremento na produção de frutos, porém com uma diminuição do diâmetro ventral dos mesmos.

Para Andrade Júnior *et al.* (2003), o aumento da densidade de plantio na cultura do maracujá, elevou a produção numa correlação direta com o acréscimo de frutos por área, apesar de o número de frutos por planta ter sido significativamente menor, mesmo que o sombreamento tenha causado maior competição entre os frutos, não houve alteração significativa no peso médio, o que colaborou para manter a diferença na produção total por área. Segundo Policarpo (2006), em pomares adensados ocorre a distribuição de assimilados entre os órgãos vegetativos e reprodutivos das plantas, que têm efeito direto na qualidade dos frutos.

Resende e Costa (2003) afirmam que a densidade de plantio é uma ferramenta de

grande importância para os agricultores, visto que, em função da demanda do mercado consumidor, pode-se manejar a densidade de plantas, visando maior retorno econômico e maximizando a produção.

Dentre os fatores observados no espaçamento de plantas na cultura da pitaia, pode ser levado em consideração o melhor aproveitamento da área e do tutor, e o custo de manutenção e mão de obra, o que otimiza a produtividade e rentabilidade de uma área agrícola, sendo que os maiores custos no cultivo da pitaia está na implantação do pomar, tendo em vista que o tutor e a obtenção das mudas são os insumos que mais oneram a produção, daí a importância de estudar a densidade de plantio, para saber qual adensamento proporciona maior produtividade e de forma mais eficiente e econômica ao produtor, devendo-se adotar a densidade que proporciona maior relação custo/benefício.

Até o presente momento não existe nenhuma informação ou pesquisa sobre a densidade de plantio em cova para a cultura da pitaia, o que torna este trabalho inédito. E ainda os estudos são incipientes quando se trata de densidade de plantio na cova em espécies frutíferas, tendo em vista que a maioria das frutíferas são árvores de copa frondosas.

2.1.7 Qualidade de frutos da pitaia

O mercado mundial de frutas dispõe de grande variedade de produtos, o que, juntamente com fatores socioeconômicos, faz com que o consumidor exija boa qualidade e também defina seus padrões (CREMASCO *et al.*, 2016). Características como tamanho, forma e cor constituem importantes atributos na escolha de um produto pelo consumidor, bem como a procura pelos alimentos chamados funcionais, que são alimentos com compostos bioativos com efeitos benéficos no metabolismo (CHEOK *et al.*, 2016).

Dentre as frutas exóticas com potencial para exploração econômica, devido aos seus componentes nutricionais, destaca-se a pitaia (CORDEIRO *et al.*, 2015) pelo seu aspecto desejável e versátil, podendo ser utilizada para diversos fins, o fruto de pitaia pode ser processado para sumo, compotas, gelados, iogurtes ou xaropes e os botões florais podem ser usados em sopas ou saladas e as flores podem ser usadas para infusões (TRINDADE *et al.*, 2019). Os frutos são apreciados não só por sua aparência e cores marcantes, mas também por suas propriedades de saúde (KIM *et al.*, 2011; SONG *et al.*, 2016a).

Estudos demonstram que a pitaia vermelha apresenta capacidade de agir na prevenção do câncer, propriedade antiinflamatória, antidiabética e de redução do risco de mortalidade cardiovascular (SONG *et al.*, 2016b; LEONG *et al.*, 2017), esses benefícios estão

relacionados ao conteúdo de compostos fenólicos e principalmente de betalaínas, que além de apresentar potencial como fonte de pigmentos naturais para alimentos, mostra-se com expressiva capacidade antioxidante (SATO *et al.*, 2014).

Do ponto de vista nutricional, formada de proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas (β -caroteno e ácido ascórbico) e minerais como magnésio, enxofre, cálcio, fósforo, ferro, potássio, sódio, manganês, zinco e cobre (FERNANDES *et al.*, 2017; PEREZ-LOREDO *et al.*, 2017; OMIDIZADEH *et al.*, 2014; RAMLI; RAHMAT, 2014; KHALILI *et al.*, 2006). Fonte de polifenóis, açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e pigmentos (flavonoides e betalaínas) (ESQUIVEL *et al.*, 2007; SUH *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2017), as betalaínas são um dos corantes naturais que ganharam imensa atenção do público (LEONG *et al.*, 2018). Além disso, o óleo de semente de pitaia contém concentrações significativas de ácidos graxos insaturados, como ácidos linoléico e linolênico (ARIFFIN *et al.*, 2009).

As características físicas e químicas dos frutos são de grande importância para seu valor comercial, e estão relacionadas com o aspecto visual e com o sabor do fruto (LIMA *et al.*, 2014). As características físico-químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos consideram-se as mais comuns: o teor de sólidos solúveis, o pH, a acidez total e os compostos fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). De acordo com a espécie, podem apresentar características físicas e químicas diversificadas, influenciadas por diversos fatores, como as condições edafoclimáticas, tratos culturais, época e local de colheita, variedade e manuseio pós-colheita (LIMA *et al.*, 2013).

2.1.8 Fenologia Reprodutiva da pitaia

No que concerne a fenologia de plantas, esta é definida como as fenofases em escala temporal (BIONDI *et al.*, 2007). É o conjunto de informações que dizem respeito a brotação, ao florescimento, a frutificação e a dispersão de sementes que definem os padrões vegetativos e reprodutivos das espécies, esse conhecimento relacionado as fenofases possui inúmeras vertentes referentes à aspectos biológicos, ecológicos e agrônômicos. (MELO *et al.*, 2015).

O estudo da fenologia reprodutiva de uma determinada frutífera é relevante, pois as informações obtidas sobre os períodos de brotação, florescimento, frutificação e colheita irão auxiliar no manejo de tratos culturais e fitossanitários mais adequados (MARO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Torna-se então imprescindível esse estudo já que cada espécie

apresenta comportamento diferente em função das condições ambientais, sendo necessários estudos sobre o comportamento das espécies em cada região de cultivo (SEGANTINI *et al.*, 2010). Outro fator que interfere nas fenofases, e na época de produção dos frutos, é a localização das coordenadas geográficas e microclima local (ZARO *et al.*, 2014).

O estudo fenológico na cultura da pitaiia em diferentes condições climáticas pode contribuir para elucidar os mecanismos próprios da espécie para o seu crescimento e reprodução, com uma visão não só para a compreensão da ecologia desta espécie, mas também para melhor concepção de seu cultivo em escala comercial e maior detalhamento da descrição do ciclo da planta. (MARQUES, 2010).

A pitaiia é caracterizada por ser uma cultura de dias longos, dependente do fotoperíodo (NERD *et al.*, 2002). As variáveis climáticas que mais interferem na fenologia da pitaiia são temperatura, umidade relativa e precipitação (MARQUES *et al.*, 2011) e visando maximizar a produção de frutos é essencial compreender as possíveis interações entre o florescimento e os fatores ambientais; a indução de floração, que está ligada aos atributos da planta e do ambiente. (SILVA *et al.*, 2015). Segundo Taiz e Zeiger, (2014) o fotoperíodo e temperatura destacam-se na ecofisiologia do florescimento.

Para a produção do pomar de pitaiia, utiliza-se, geralmente, plantas provenientes de estacas que iniciam o florescimento entre um e dois anos após o plantio. Além da precocidade na produção, a propagação por estaquia é a forma mais prática para a obtenção de pomares uniformes, devido à manutenção das características fenológicas e de qualidade de frutos, necessárias para facilitar o mercado (GUNASENA *et al.*, 2007 e ANDRADE *et al.*, 2007).

Em Israel e nos Estados Unidos foram observados de dois a três picos de floração durante o verão (MERTEN, 2003 e WEISS *et al.*, 1994); já Nerd *et al.* (2002), também em trabalho realizado nas zonas costeiras em Israel, observaram que o florescimento de *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*, ocorreu no verão e outono, com três ou quatro fluxos. No Brasil, Silva *et al.* (2015) na região de Jaboticabal SP, observou a ocorrência de nove fluxos floríferos, com início de emissão de gemas no mês de novembro e pico de florescimento no mês de dezembro, sendo que altas temperaturas e início da estação chuvosa estavam associados ao início da emissão.

Estudos realizados por Marques *et al.* (2011) observaram que o florescimento da pitaiia vermelha iniciou no verão e o fim da frutificação ocorreu no outono, com aparecimento de três a cinco fluxos de floradas, e a frutificação de janeiro a maio. Em Quixeré-CE foram registrados cinco períodos de florescimento entre fevereiro e junho, período de maior

ocorrência de chuvas (MUNIZ, 2017) e em Fortaleza-CE foram observados três fluxos de florescimento em pitaia vermelha (*Hylocerus* sp.) (LIMA, 2018).

A flor da pitaia possui antese noturna, geralmente ocorre de quatro a seis picos de florescimentos que duram de três a quatro dias, e o tempo entre uma antese e outra dura em média, 19 dias (OSUNA-ENCISO *et al.*, 2016; HA *et al.*; 2014; DE DIOS *et al.*, 2005). A abertura da flor de pitaia dura em média 15h, permanece aberta a noite toda, e uma parte do dia (MARQUES *et al.*, 2011; YAH *et al.*, 2008) e o tempo entre o aparecimento do botão floral e a colheita do fruto é de 50 a 60 dias (MARQUES *et al.*, 2011).

O conhecimento do calendário anual das fenofases e sua variabilidade podem contribuir para melhorar a produtividade das frutíferas e a qualidade dos frutos, podendo deslocar sua produção via técnicas de manejo cultural, em épocas do ano em que ocorra menor incidência de intervenções fitossanitárias que venham a deteriorar a qualidade intrínseca dos frutos (DALASTRA *et al.*, 2009; CAMPAGNOLO *et al.*, 2010).

3 CAPÍTULO II – Produção e qualidade da pitaia vermelha sob diferentes densidades de plantio e ciclos de cultivo

RESUMO

A pitaia é uma fruta que apresenta grande potencial alimentício e comercial, porém, estudos sobre a densidade de plantio da cultura e sua influência na produção e na qualidade dos frutos são incipientes na literatura. Diante disso, objetivou-se avaliar a produção e a qualidade dos frutos da pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) conduzida em diferentes densidades de plantio, nas condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE. O experimento foi desenvolvido no período de julho de 2017 a maio de 2019, na área experimental do Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, situado no município de Fortaleza, Ceará. O delineamento experimental foi aleatorizado em blocos, em parcelas subdivididas, com três densidades de plantio (tratamentos) nas parcelas (1 planta por cova; 2 plantas por cova; 4 plantas por cova) e, o ciclo (ciclo 1 e ciclo 2) nas subparcelas, com seis repetições. A produção foi avaliada durante dois ciclos produtivos, de julho de 2017 a junho de 2018 (Ciclo I) e de julho de 2018 a junho de 2019 (Ciclo II). Foram avaliadas a produção, qualidade dos frutos, compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos, bem como as variáveis morfométricas. O aumento da densidade de plantio, de uma para quatro plantas por cova, elevou a produtividade em 296,3%, não influenciou o número de frutos por planta, e reduziu a massa média dos frutos. O segundo ciclo de produção melhorou a qualidade física dos frutos da pitaia. As variáveis físico-químicas como pH, antocianina, flavonoides amarelos, betalaínas e atividade antioxidante foram influenciadas positivamente com o estabelecimento da cultura em campo. O aumento da densidade de plantio não influenciou as variáveis morfométricas na cultura da pitaia. O aumento da densidade de plantio em quatro plantas por cova incrementa a produtividade da cultura da pitaia e não influencia negativamente os atributos físico-químicos e morfométricos nos dois ciclos de cultivo.

Palavras-chave: Cactaceae. Produtividade. Pós-colheita. Adensamento.

ABSTRACT

Pitahaya (Cactaceae) is a suitable fruit crop with great commercial potential. However, studies on the planting density and its influence on productivity and fruit quality are lacking in the Brazilian semiarid region. This investigation aimed to evaluate the productivity and the fruit quality of red pitahaya (*Hylocereus* sp.) under different planting densities, in Fortaleza, Ceará, Brazil. The trial was carried out in an experimental area of the Federal University of Ceará, Ceará, Brazil. The experiment was carried out in a randomized blocks and subdivided plots, with three planting densities in the plots (1 plant/pit; 2 plants/pit; 4 plants/pit) and two production cycles (cycle 1 and cycle 2) in the subplots, with six replicates. Each experimental unit consisted of two pits, totaling 84 plants distributed in 36 pits. The productivity parameters (yield, number of fruits per plant and fruit fresh weight), fruit quality, bioactive compounds and antioxidant activity of the fruit were evaluated, as well as the morphometric variables were evaluated. The increase in planting density, from one to four plants per pit, increased the yield by 296.3%, with no influences in the number of fruits per plant, and reduced the fruit fresh weight. The second production cycle improved the physical quality of the fruits. Physical-chemical variables such as pH, anthocyanin, yellow flavonoids, betalains, and antioxidant activity were positively influenced by the establishment of the crop in the field. The increase in planting density did not influence the morphometric variables. The increase in planting density in four plants per pit increases the productivity of the pit culture and does not negatively influence the physical-chemical and morphometric attributes in the two crop cycles.

Keywords: Cactaceae. Productivity. Postharvest. Densification.

Keywords: Cactaceas. Productivity. Post-harvest. Densification

3.1 Introdução

A fruticultura é um ramo do Agronegócio que vem se destacando nos últimos anos, o que estimula o produtor a empreender na produção de frutas, inclusive as exóticas. Dentre as frutíferas com grande potencial de exploração, encontra-se a pitaita, pertencente à família Cactaceae. As cactáceas possuem habilidade de se desenvolver e produzir sob condições adversas, o que as torna um novo recurso alimentar de grande importância (MIZRAHI, 2014).

A pitaita é cultivada comercialmente em vários locais do mundo, tais como, Bahamas, Bermudas, Indonésia, Colômbia, Israel, Filipinas, Maymar, Malásia, México, Nicarágua, norte da Austrália, Okinawa (Japão), Sri Lanka, sul da China, sul da Flórida, Taiwan, Tailândia, Vietnã e Índias Ocidentais (MERCADO-SILVA, 2018). No Brasil, a produção se dá, predominantemente, em pequenos cultivos e sua comercialização está restrita a mercados com maior poder aquisitivo (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012; ESTELLENA, 2013).

A produtividade média da pitaita oscila de 10 a 30 t ha⁻¹, dependendo das condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar (LE BELLEC *et al.*, 2006). No Brasil, o estado de São Paulo é o que mais destaca tanto pelo cultivo, quanto pelo volume comercializado, seguido do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná (PROHORT, 2019). No estado do Ceará a área cultivada com a cultura da pitaita tem aumentado nos últimos anos. Em 2014 a produção se concentrava em apenas 14 ha (NUNES *et al.*, 2014), e em 2018 a área plantada com essa frutífera foi de 40 ha (OLIVEIRA, 2019).

A pitaita se destaca por ser um fruto rico em vitaminas B, fibras, betacaroteno, licopeno, polifenóis, potássio, magnésio, carboidratos (ABREU *et al.*, 2012) e betalaínas, que são substâncias antioxidantes que atuam na proteção das células contra agentes cancerígenos (SOUSA, 2015) e também como pigmento natural com potencial de uso na indústria de alimentos (GARCÍA-CRUZ *et al.*, 2016; GENGATHARAN *et al.*, 2017). Somado a isso, os flavonoides e as antocianinas podem ser utilizados como corantes naturais e possuem antioxidantes que são capazes de captar radicais livres causadores de estresse oxidativo (FIGUEROA *et al.*, 2011).

Dependendo da espécie de pitaita, os frutos podem apresentar características físicas e químicas diversificadas quanto ao formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, teor de sólidos solúveis e pH na polpa, que refletem a alta diversidade genética desta frutífera (LIMA *et al.*, 2013).

A escolha da densidade de plantio adequada é um dos primeiros fatores a serem levados em consideração antes da instalação do pomar e um dos mais relevantes para o sucesso da produção. Uma alta densidade de plantio pode proporcionar vantagens comparada a baixa densidade de plantio, tais como, reduzir o período improdutivo do pomar, possibilidade de maior produção inicial por área e maior eficiência do uso terra (ELCKER *et al.*, 2018), entretanto, pode ocorrer uma redução no número e tamanho dos frutos por planta (RESENDE *et al.*, 2013; PEREIRA; PASA, 2016).

Ainda não existe nenhum estudo na cultura da pitiaia com relação a densidade de plantio, e os produtores normalmente adotam a densidade de plantio de forma empírica. Em trabalhos científicos realizados com a cultura se verificam densidades variadas, com plantios menos adensados de 1.111 plantas/ha (MOREIRA *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2015) e 1.250 plantas/ha (CAVALCANTE *et al.*, 2011) até plantios mais adensados com 3.333 plantas/ha (SANTANA, 2019), até 6.667 plantas/ha (OLIVEIRA, 2019).

Por apresentar alto valor comercial e ser considerada uma fruta com características funcionais, a pitiaia desperta o interesse dos fruticultores. Nessa perspectiva, e com o objetivo de obter maior produtividade de uma frutífera ainda pouco estudada, é necessário a realização de estudos sobre tratos culturais, particularmente a respeito da forma de condução das plantas em campo, com ênfase na densidade de plantio. Nesse sentido, o presente trabalho tem-se como objetivo avaliar a influência da densidade de plantio na produção e a qualidade dos frutos da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) cultivadas nas condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi desenvolvido no período de julho de 2017 a maio de 2019, em área experimental do Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, situado no município de Fortaleza, Ceará, localizado às coordenadas geográficas 03°43'02" S, 38°32'35" W e altitude de 19,6 m (IPECE, 2015). O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen, é do tipo Aw' (tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono), com temperaturas médias de 26,5 °C.

Os dados climáticos foram monitorados diariamente junto a estação meteorológica pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizada a 500 m da área experimental (FIGURA 1). No primeiro ciclo produtivo (julho 2017 a junho de 2018), a média mensal da precipitação foi 116 mm e da insolação foi 244 h, enquanto que, no segundo ciclo (julho de 2018 a maio de 2019), a precipitação média foi 210 mm e a insolação média de 247 h, mensais.

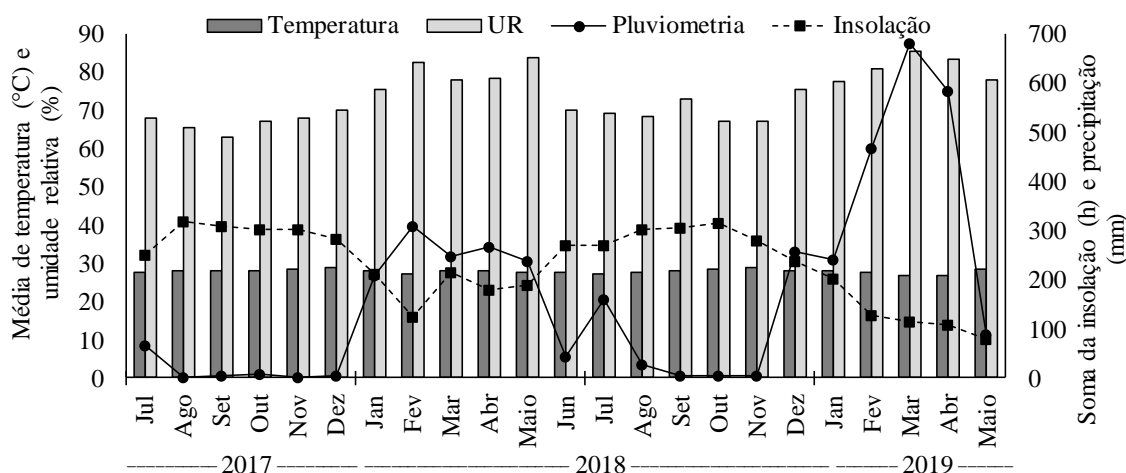


Figura 1. Valores médios correspondentes à precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e insolação durante a condução do experimental. Estação Meteorológica – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2019.

3.2.2 Produção das mudas

As mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) foram produzidas em casa de vegetação, localizada no mesmo setor, utilizando-se propágulos (cladódios/estacas) com aproximadamente 25 cm de comprimento, provenientes de plantas matrizes mantidas em área adjacente (PONTES FILHO *et al.*, 2014). Para estimular o desenvolvimento radicular utilizou-se o enraizador Sela Gel® (ALMEIDA *et al.*, 2016).

As estacas foram colocadas em sacolas plásticas, com dimensões de 16 × 26 cm, preenchidas com substrato composto de solo e fibra de coco (v/v = 2:1), permanecendo por cerca de 60 dias em casa de vegetação para favorecer o enraizamento e o crescimento das mudas. Durante esse período, a irrigação foi realizada em dias alternados.

3.2.3 Instalação, condução e delineamento experimental

Após o período de enraizamento as mudas foram levadas para o campo. O

espaçamento adotado foi de 3 m entre linhas e 2 m entre tutores. O delineamento experimental foi aleatorizado em blocos, em parcelas subdivididas, com três densidades de plantio (tratamentos, T1, T2 e T3), sendo as parcelas compostas por: T1- 1 planta por cova (1.667 plantas ha⁻¹); T2- 2 plantas por cova (3.334 plantas ha⁻¹) e T3- 4 plantas por cova (6.667 plantas ha⁻¹). As subparcelas foram compostas por dois ciclos produtivos, o ciclo I (de julho 2017 a junho de 2018) e o ciclo II (de julho de 2018 a maio de 2019), com seis repetições. Cada parcela experimental foi constituída por duas covas adjacentes numa mesma linha de plantio, com uma área total de 12 m² (6 m² por cova). No total foram 18 parcelas experimentais distribuídas em três linhas de plantio, numa área de 216 m² e um total de 84 plantas.

As plantas foram conduzidas em haste única, tutoradas perpendicularmente ao solo em mourões de eucalipto de 1,80 m. Na parte superior de cada mourão, foi fixada uma estrutura de apoio constituída de uma circunferência lateral de sucata de pneu de automóvel, sustentada por duas hastes de vergalhão de 1/2” em forma de cruz, que atravessa o mourão a cerca de 30 cm do topo, de modo a suportar a formação da copa da planta.

Após ultrapassar o espaço entre a sucata de pneu e o mourão (aproximadamente 1,70 m), as plantas foram podadas para retirada do meristema apical, para estimular brotações laterais nos últimos 20 a 30 cm da haste principal, deixando crescer livremente todos os cladódios que pudessem ser conduzidos sobre a sustentação do pneu, para a formação da copa. Todos os cladódios emitidos lateralmente abaixo do pneu foram retirados por serem pouco produtivos e retardarem o crescimento da planta.

3.2.4 Adubação, irrigação e controle de fitopatógenos

Em função da ausência de recomendação de adubação para a cultura da pitaita no Brasil e, sobretudo nas condições edafoclimáticas da região Nordeste, as doses de nitrogênio e potássio tiveram como base os estudos realizados por Almeida *et al.* (2014) e Marques *et al.* (2012), cujas quantidades aplicadas foram: 33 g de N/planta/mês e 25 g de K₂O/planta/mês. O fósforo e o zinco foram recomendados segundo Corrêa *et al.* (2014), sendo 223 g/cova de P₂O₅ aplicado em fundação e, depois, aplicado uma vez por ano em cobertura e 0,54 g de Zn/planta/mês para o período de 12 meses.

Os adubos utilizados como fonte de macronutrientes foram a ureia (46% de N), o superfosfato simples (18% P₂O₅; 25% de CaO; e 12% S) e o cloreto de potássio (62% de K₂O). Os micronutrientes foram fornecidos pelo FTE BR-12 (9% de Zn; 1,80% de B; 0,80%

de Cu; 2% de Mn; 0,10% de Mo), em dose equivalente a 6 g/planta/mês. A aplicação dos fertilizantes foi feita de forma manual e em circunferência, com um diâmetro de aproximadamente 30 cm em torno de cada planta. Logo após foi realizada a incorporação dos fertilizantes com uma enxada.

A irrigação foi feita por gotejamento, seguindo as informações técnicas com base em resultados obtidos para o cultivo de *Hylocereus* sp. na mesma área (ALMEIDA, 2015). A lâmina aplicada foi de 13 L planta⁻¹ semana⁻¹ num turno de rega em dias alternados (30 min/linha de cultivo) e, após o primeiro ano de implantação, a irrigação foi realizada diariamente com aproximadamente 4,3 L por gotejador.

Realizou-se, sempre que necessário, capinas manuais nas linhas de plantio durante todo o ano, objetivando o controle de plantas invasoras no experimento e roço nas entrelinhas; foi realizada apenas uma aplicação de inseticida químico (K Othrine[®]) e formicida (Formitol[®]) para o controle de pragas no início do experimento.

3.2.5 Avaliação da produção

A produção foi obtida durante os dois ciclos produtivos, de julho de 2017 a maio de 2018 (Ciclo I) e de julho de 2018 a maio de 2019 (Ciclo II), sendo avaliadas as seguintes variáveis: i) Produtividade: calculada a partir do somatório da massa dos frutos obtidos na área útil de cada parcela, expressa em t ha⁻¹; ii) Número de frutos por planta, obtido pela contagem dos frutos por planta de cada parcela, expresso em número de frutos planta⁻¹; e, iii) Massa fresca do fruto: calculada a partir da média aritmética da massa dos frutos obtidos em cada parcela, expressa em gramas (g), com o auxílio de balança semi-analítica, imediatamente após a colheita.

3.2.6 Avaliações pós-colheita dos frutos

Os frutos foram monitorados desde a emissão dos botões florais e colhidos em estágio de maturação comercial, em torno de quatro semanas após a antese, tomando-se como base a coloração da casca (vermelho intenso) e da polpa (vermelho-arroxeadada). Os frutos foram colhidos nas primeiras horas do dia, contabilizados, aferidos quanto à massa e, em seguida, acondicionados em caixas de polipropileno e encaminhados ao Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Fortaleza, CE, sendo previamente sanitizados (remoção de sujeiras e possíveis restos de pétalas secas).

As avaliações físicas e físico-químicas foram registradas durante os dois ciclos produtivos. Foram coletados quatro frutos por parcela, em cada ciclo, e as mensurações físicas foram realizadas para cada fruto. Para realização das análises físico-químicas e de compostos bioativos, a polpa foi separada da casca (epicarpo) após corte longitudinal manual, com o auxílio de faca de aço inoxidável. A fração polpa utilizada foi separada das sementes com o auxílio de peneiras plásticas de 20 mesh, sendo as amostras (mesocarpo sem as sementes) acondicionadas em potes de plástico e armazenadas em freezer a -23 °C para posteriores análises.

3.2.6.1 Avaliações físicas

Foram realizadas as seguintes avaliações físicas: i) massa fresca da polpa (g) e ii) massa fresca da casca (g), determinadas com o auxílio de balança semi-analítica; iii) diâmetro longitudinal (mm); iv) diâmetro transversal (mm) e v) espessura da casca (mm), obtidos com o auxílio de um paquímetro digital 150 mm; vi) rendimento de polpa (%); vii) firmeza do fruto íntegro, em Newton (N), realizando-se duas medições em pontos equidistantes da região mediana do fruto, utilizando-se o penetrômetro manual Magness-Taylor modelo FT 011; viii) textura, utilizou-se texturômetro TA XT2, coletando três medições (direita, centro e esquerda) em pontos equidistantes da porção equatorial da polpa de cada fruto (N); ix) coloração da polpa; e, x) coloração da casca, determinadas com o auxílio do colorímetro digital MINOLTA (Modelo Chroma Meter CR-200B) no padrão C. I. E (Commission Internationale de L'Eclairage). Foram realizadas duas medições internas (polpa) e duas medições externas (casca) em cada fruto utilizando-se o sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$) para a caracterização da cor (MCGUIRE, 1992). Foi considerada a média aritmética das mensurações.

3.2.6.2 Avaliações físico-químicas

Foram realizadas as seguintes avaliações: i) acidez titulável, determinada a partir de procedimento eletrométrico com solução de NaOH 0,1 N até $\text{pH} \pm 8,1$ (AOAC, 2016); ii) pH, determinado com o auxílio de um potenciômetro digital (Mettler DL 12) com membrana de vidro, calibrado com tampões de pH 4 e 7, de acordo com AOAC (2016); iii) sólidos solúveis totais (SS), determinado por meio de refratômetro digital da marca ATAGO PR-101 (0 a 45 °Brix) (AOAC, 2016); iv) Relação SS/acidez, obtida mediante o quociente entre as

duas características; v) açúcares solúveis totais (%), determinados pelo método da Antrona, segundo Yemn e Willis (1954), com modificações.

3.2.6.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

Os compostos bioativos avaliados foram: i) antocianinas totais; ii) flavonoides amarelos, ambos determinados em mg 100 g⁻¹, segundo Francis (1982), com modificações; iii) polifenóis extraíveis totais (mg 100 g⁻¹) da polpa (LARRAURI *et al.*, 1997) com modificações; iv) betalaínas (betacianinas) da polpa (mg 100 g⁻¹) via otimização do processo de extração assistida por ultrassom (LIM *et al.*, 2011), com modificações; e, v) atividade antioxidante determinada pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) (μmol Fe₂SO₄ g⁻¹) (RUFINO *et al.*, 2006), com modificações.

3.2.7 Avaliações morfométrica

Ao final do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis: i) Número de cladódios por planta; ii) massa fresca da parte da aérea (g); iii) massa seca da parte aérea (g), obtidos pelo método da secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingir massa constante; iv) volume da parte aérea (cm³): foi mensurado através da inserção de todos os cladódios em um recipiente com água, medindo todo o volume extravasado com uma proveta graduada.

3.2.8 Análise dos dados

Após a obtenção dos dados, foram verificadas as pressuposições da análise de variância como pontos discrepantes, heterogeneidade da variância, não normalidade dos resíduos e tamanho das amostras. Ocorrendo necessidade de transformação, foi utilizado o método de Box-Cox (BOX e COX, 1964). Para a verificação da significância dos fatores nos seus efeitos principais, bem como das interações entre os tratamentos e os ciclos, realizou-se a análise de variância mediante o teste F.

Para as variáveis de produção e pós-colheita procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do *software* SAS[®] (SAS INSTITUTE INC, 2012). Foi realizada também a análise de correlação canônica, que objetiva obter a máxima correlação permitida pelos dados entre grupos de variáveis, considerando os dados originais

médios observados para verificar as associações existentes entre um primeiro grupo, composto pelas variáveis de produção (produtividade, número de frutos e massa do fruto) com um segundo grupo, formado pelas variáveis de qualidade do frutos (massa fresca da casca, massa fresca do fruto, rendimento de polpa, diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, espessura da casca, firmeza do fruto inteiro, firmeza da polpa, polpa L, polpa A, polpa B, casca L, casca A, casca B, relação acidez sólidos solúveis, sólidos solúveis, acidez total titulável, pH, antocianina, flavonoides, betalaínas, polifenóis, atividade antioxidante).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Produção

Houve efeito das densidades de plantio estudadas sobre a produtividade ($p < 0,01$) e a massa do fruto ($p < 0,05$), porém, não afetou o número de frutos produzidos. Já o ciclo produtivo afetou a produtividade ($p < 0,01$), o número de frutos por planta ($p < 0,05$) e a massa do fruto ($p < 0,01$). A interação entre a densidade de plantio e os ciclos não foi significativa para nenhuma das variáveis de produção (TABELA 1).

Os dados de produtividade e número de frutos por planta (TABELA 2) apresentaram problemas de escala e pontos discrepantes (dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros), então, foram ajustadas ao método de Box-Cox por meio da potência ótima de 0,3 (variável resposta elevada a 0,3).

Tabela 1 – Quadrado médio dos componentes de produção da cultura da pitaiia vermelha (*Hylocereus* sp.): produtividade (PROD), número de frutos por planta (NFP) e massa do fruto (MF). Fortaleza-CE, 2019.

Fonte de Variação	GL	PROD	NFP	MF
		----- QM -----		
Densidade de plantio	2	0,98**	0,12 ^{ns}	6857,93*
Resíduo A	10	0,09	0,16	5055,89
Ciclo	1	0,76**	1,09*	33677,86**
Densidade × Ciclo	2	0,23 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1016,37 ^{ns}
Resíduo B	15	0,99	2,25	29827,38
CV (%)	-	7,48	24,69	11,73

QM: Quadrados médios; GL: Graus de liberdade; **Significativo a 1%, * Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação.

Tabela 2 – Teste de médias para os componentes de produção da cultura da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.): produtividade (PROD), número de frutos por planta (NFP) e massa do fruto (MF). Fortaleza-CE, 2019.

Tratamento	PROD	NFP	MF
Densidade de plantio	-- t ha ⁻¹ --	-- un planta ⁻¹ --	-- g --
T1	3,12 c (1,62)	1,49 a (2,42)	403,78 a
T2	3,52 b (3,85)	1,68 a (2,96)	380,23 ab
T3	3,68 a (6,42)	1,53 a (2,59)	355,97 b
Média	3,95	2,66	380,00
Ciclos			
Ciclo 1 (2017/2018)	3,30 b (2,7)	1,39 b (2,16)	349,41 b
Ciclo 2 (2018/2019)	3,59 a (5,2)	1,74 a (3,14)	410,58 a

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Média: média geral referente às características avaliadas. a, b e c: diferença significativa entre os tratamentos.

A produtividade, independentemente do ciclo produtivo, foi maior na maior densidades de plantio, com valores de 1,62, 3,85 e 6,42 t ha⁻¹ de frutos nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente (Tabela 2). Estes valores correspondem as médias de produtividade nos dois ciclos de cultivo. Considerando os dois ciclos, observa-se que no tratamento mais adensado (T3) houve um aumento de produtividade de 296,3% em relação ao tratamento de menor adensamento (T1). Quando consideradas somente as médias do segundo ciclo de produção, a produtividade estimada para o T3 foi de 8,9 t ha⁻¹, e no T1 a produtividade foi de 1,5 t ha⁻¹, o que corresponde a um incremento de 493% quando foram cultivadas 4 plantas/cova.

No primeiro ano de cultivo a produtividade no T3 (4 plantas/cova) foi de 3,8 t ha⁻¹. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira (2019), que avaliou a influência do sombreamento na cultura da pitiaia em Fortaleza-CE, e obteve produtividade de 3,77 t ha⁻¹ quando as plantas foram cultivadas a pleno sol. Entretanto, apesar de serem cultivadas com a mesma densidade de plantio, estas estavam arranjadas de forma diferente, com apenas uma planta/cova. Para o segundo ciclo de produção no T3 foram registradas produtividades médias de 8,9 t ha⁻¹, valor superior as 5,0 t ha⁻¹, obtidos por Moreira *et al.* (2012), em plantas de pitiaia (*Hylocereus undatus*), sob diversos tipos de adubação orgânica, no segundo ano de produção.

Costa *et al.* (2015), em estudo com a espécie *Hylocereus undatus*, testaram diversos tipos de adubação orgânica e aplicação de *Lithothamnium* (granulado bioclástico) no município de Lavras, MG, obtiveram produtividade média entre os tratamentos de 3,69 t ha⁻¹, com densidade de plantio de 1.111 plantas ha⁻¹, valor semelhante aos 3,95 t ha⁻¹ obtidas no presente estudo, considerando a média geral dos tratamentos. Vale ressaltar que o plantio de

Costa *et al.* (2015) estava no quarto ano de produção ao contrário do presente estudo que estava no segundo ano.

O aumento da produtividade de 3,8 para 8,9 t ha⁻¹ obtidos no T3, nos ciclos 1 e 2, respectivamente, corroboram os estudos de Bastos (2006) que, no estado de São Paulo, alcançou a produtividade média anual de 14 t ha⁻¹ a partir do quarto ano de estabelecimento do pomar. A produtividade média brasileira, atualmente, é de 10-15 t ha⁻¹, porém, o potencial é muito maior. Segundo Mizhari (2014), em Israel, pitaias que recebem adubação mineral podem produzir de 20 a 45 t ha⁻¹ em pomares já estabelecidos.

Os resultados observados neste estudo são satisfatórios, visto que no estado do Ceará a produção de pitaias (*Hylocereus* sp.) provenientes de áreas comerciais na Chapada do Apodi, tem projeção de produtividade de 5, 10 e 20 t ha⁻¹, no primeiro, segundo e terceiro ano de produção, respectivamente (OLIVEIRA, 2019).

Em outras espécies como tomate (HEINE *et al.*, 2015), maracujá (CAVICHOLI *et al.*, 2014; FIGUEIREDO *et al.*, 2015), ervilha (TAVARES *et al.*, 2016) e palma (SOUZA *et al.*, 2017) foi observado que o adensamento de plantio favoreceu o aumento da produtividade. O adensamento de plantas aumenta o volume de ramos produtivos por área, proporcionando maior produção em menos tempo; desta forma, os produtores compensam a menor longevidade dos pomares em maiores adensamentos para aumentar a produção e produzir antecipadamente. Assim, a maior densidade de plantio é uma excelente estratégia para expressar o máximo potencial da cultura (WEBER *et al.*, 2016).

O adensamento pode apresentar vantagens em relação à baixa densidade, reduzindo o período improdutivo do pomar, possibilitando maior produção inicial por área, maior eficiência no uso da terra (ECKER *et al.*, 2018). O adensamento é uma importante alternativa para contornar possíveis problemas fitossanitários e climáticos que interferem na rentabilidade da cultura, visto que o maior número de plantas por área promove o aumento da produtividade desde o primeiro ano de produção (PIRES *et al.*, 2011; HAFLE, *et al.*, 2012; MELO JUNIOR *et al.*, 2012), o que possibilita ao fruticultor maior retorno econômico e contribui para a amortização do alto custo de implantação.

A maioria dos produtores de pitaias no Brasil estão inseridos como agricultores familiares, possuindo pequenas áreas de cultivo, o que faz com que busquem meios para maximizar a lucratividade da propriedade. Em outras espécies frutíferas, a exemplo do maracujazeiro amarelo, uma das estratégias utilizadas para aumentar a produtividade é, exatamente, o adensamento de plantio (MELO JÚNIOR *et al.*, 2012).

Para a variável número de frutos por planta (TABELA 2), como já comentado, não houve diferença significativa em função das densidades de plantio. Isso nos leva a crer que mesmo aumentando o número de plantas de pitáia em campo, as mesmas se mantiveram estáveis em relação a quantidade de frutos produzidos, indicando condições favoráveis de desenvolvimento, aparentemente sem haver competição por água, luz e nutrientes, pelo menos nos dois primeiros ciclos produtivos.

Ao considerar cada ciclo de forma isolada, independente da densidade de plantio, constata-se que o número de frutos/planta aumentou de 2,16 para 3,14, do ciclo 1 para o ciclo 2 respectivamente (TABELA 2), correspondendo a um incremento de 31,2 %. Porém, as plantas ainda não atingiram seu máximo potencial produtivo. Esse valor obtido no ciclo 2 supera em 9,0 e 13,8 % o NFP obtidos por Oliveira (2019) e Almeida (2015) com a espécie *Hylocereus* sp. os quais registraram médias de 2,88 e 2,76 frutos/planta entre os tratamentos, respectivamente. É superior também ao NFP obtido por Lima (2018) com a mesma espécie, a qual obteve média de 1,0 fruto/planta no primeiro ano de produção no município de Fortaleza-CE.

Ao avaliarem a adubação orgânica e granulada bioclástica Moreira *et al.* (2011), obtiveram média de 3,80 frutos/planta no segundo ciclo de produção com densidade de plantio de 1.111 plantas/ha. Embora esse número de frutos/planta tenha sido superior, vale frisar que a massa do fruto obtida por esses autores, variou de 161,6 a 249,0 g, foi inferior a variação de 355,9 a 403,7g obtidas no presente estudo (TABELA 2).

Vale ressaltar que estudos realizados por Cavichioli *et al.* (2014), Santos (2015) e Weber *et al.* (2016) com a cultura do maracujazeiro, mostraram que plantas mais adensadas produziram menor número de frutos por planta, devido ao alto sombreamento de ramos produtivos e menor quantidade de fotoassimilados. Em contrapartida, no presente trabalho observou-se que, no primeiro e no segundo ciclo as plantas ainda não apresentavam conformação que promovesse sombreamento dos cladódios a ponto de interferir na quantidade de frutos.

O aumento da densidade de plantio acarretou em uma redução na massa do fruto de 11,8%, do T1 para o T3. Ambos não diferiram do T2, cuja massa do fruto foi intermediária (TABELA 2). Além disso, observa-se que no ciclo 2 os frutos apresentaram maior tamanho (410,58 g), representando um aumento de 14,9% em relação ao ciclo 1. Esses resultados são superiores aos de Oliveira (2019) nas mesmas condições edafoclimáticas e com a mesma espécie (*Hylocereus* sp.), que obteve um valor médio de massa de frutos de 338,51 g em plantas cultivadas a pleno sol. Muniz (2017), trabalhando com pitáia de polpa vermelha

(*Hylocereus polyrhizus*) na região de Quixeré-CE, observou médias que variaram de 195,23 a 475,33g.

Vale salientar que a massa dos frutos pode variar de acordo com as diferentes espécies de pitaia e as condições edafoclimáticas. Sato *et al.* (2014), estudaram a caracterização física e físico-química de pitaias vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios, e obtiveram médias que variaram de 351,25 a 480,85 g nos diferentes municípios. Já Menezes *et al.* (2015), estudando características físicas e físico-químicas de pitaia (*Hylocereus undatus*) na região de Lavras-MG, atingiram massa de 442,47, valores estes semelhantes ao do presente estudo, já que os tratamentos dentro do ciclo 2 variaram de 390 a 440g (Tabela 2). Nascimento *et al.* (2014) afirmam que as indústrias preferem frutos grandes, sendo o peso da polpa e da casca o atributo físico de maior importância para a exploração econômica, principalmente no que se refere ao processamento de frutos.

A comercialização de frutos para consumo relaciona-se à massa fresca, pois, essa é uma característica de grande importância para o mercado consumidor (RESENDE *et al.*, 2013). Esses autores afirmam que maiores espaçamentos permitem obter plantas bem desenvolvidas, melhor enraizamento e crescimento equilibrado, de forma a promover maior absorção de água e nutrientes, suficientes para sintetizar e assimilar fotossinteticamente, permitindo a produção de frutos maiores e com melhor qualidade. Possivelmente, foi o que ocorreu no presente estudo com o ganho de massa de frutos no segundo ciclo, já que a planta estava mais estabilizada em campo e com melhor desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

Embora se tenha diminuição na massa de frutos no espaçamento mais adensado, isso não foi empecilho para que o cultivo de 4 plantas/cova compensasse com a maior produtividade por área, pelo contrário, o maior adensamento atuou como estratégia capaz de aumentar a produtividade da cultura da pitaia.

3.3.2 Caracterização morfométrica

Não houve efeito das diferentes densidades de plantio estudadas para as variáveis número de cladódios, massa fresca da parte aérea, volume da parte aérea e massa seca da parte aérea (TABELA 3).

Tabela 3 – Quadrado médio de número de cladódio (NC), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e volume da parte aérea (VPA). Fortaleza-CE, 2019.

Fonte de variação	GL	NC	MFPA	MSPA	VPA
		----- QM -----			
Densidade de plantio	2	66,91 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Bloco	5	28,05	2,22	0,029	2,58
Resíduo	10	23,18	1,33	0,017	1,31
		un planta ⁻¹	-- kg --	-- g --	-- cm ³ --
T1	-	20,50 a	5,23 a	597 a	5,31 a
T2	-	25,58 a	5,64 a	644 a	5,70 a
T3	-	26,79 a	5,65 a	645 a	5,72 a
Média	-	24,29	5,51	629	5,57
CV (%)	-	19,82	20,91	20,93	20,55

QM: Quadrado médio; GL – Graus de liberdade; **Significativo a 1%, * Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação.

O número médio de cladódios, considerando todas as densidades de plantio avaliadas, foi de 24,29 cladódios/planta (TABELA 3). Apesar de não ter sido verificada diferença estatística entre o número de plantas/cova, esse valor obtido é superior aos valores médios de 7 e 11,87, cladódios/planta obtido por Corrêa *et al.* (2014) e Moreira *et al.* (2011), respectivamente, em plantas de pitaia vermelha avaliadas ao final de 12 meses. No presente trabalho, pode-se observar que a massa seca da parte aérea corresponde apenas a 11,41% da massa fresca da parte aérea, ou seja, 88,58%, da massa fresca é composta por água (TABELA 3). Corrêa *et al.* (2014) estimaram que em torno de 84 - 87% do tecido vegetal da pitaia (*Hylocereus* sp.) estava constituído por água. Esse fato também foi observado por Cavalcante (2008), que avaliou o crescimento das plantas de pitaia (*Hylocereus undatus*) e a relação entre MFPA e MSPA, cujo resultado foi de aproximadamente 11,18% de MSPA e 88, 81% de MFPA, semelhante ao presente estudo. Esses resultados corroboraram com o teor de umidade descrito por Goldstein *et al.* (1991) para cactos suculentos.

Vale ressaltar que em momentos de baixa umidade (ar e solo) e altas temperaturas, a pitaia perde água por evapotranspiração, ficando com um aspecto ‘envelhecido’, o que possivelmente torna a relação entre MFPA e MSPA menor. É relevante observar que sob condições de total exposição aos raios solares a evapotranspiração e o fluxo de fótons para a fotossíntese são incrementados, fazendo com que a planta transfira mais água para a atmosfera e, conseqüentemente, diminua a fixação de CO₂ (ORTIZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 1999).

Segundo Weber (2013), a densidade de plantio pode afetar a penetração da

radiação solar no dossel vegetal, a taxa fotossintética e o equilíbrio entre o crescimento da fração vegetativa e dos frutos. Esse fato não foi observado no presente estudo, tendo em vista que as plantas se desenvolveram de forma semelhante, mesmo com o aumento do número de plantas.

Com o passar dos anos existe a possibilidade de competição entre as plantas de pitaia, o que possivelmente resultará em modificações na eficiência dos cladódios que são considerados fontes. Ou seja, a partir do adensamento de plantas no pomar, aumenta a produção de matéria seca da cultura e de forma indireta proporciona também aumento da distribuição da matéria seca para os órgãos vegetativos e redução da distribuição de fotoassimilados para os frutos (HEUVELINK, 1995; PEIL e GÁLVEZ, 2002).

3.3.3 Caracterização física

Não houve efeito das diferentes densidades de plantio para as variáveis estudadas (TABELA 4), enquanto o ciclo promoveu diferenças significativas na massa fresca da polpa ($p < 0,01$), na massa fresca da casca ($p < 0,01$), no diâmetro longitudinal ($p < 0,01$) e no diâmetro transversal ($p < 0,01$) dos frutos. Já a interação entre a densidade de plantio e os ciclos não exerceu diferença significativa para nenhuma das características físicas estudadas.

Tabela 4 – Análise de variância das características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) para a massa fresca da polpa (MP), massa fresca da casca (MFC), rendimento da polpa (RP), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), espessura da casca (EC), firmeza do fruto íntegro (FFI) e firmeza da polpa (FP). Fortaleza-CE, 2019.

FV	GL	MFP	MFC	RP	DL	DT	EC	FFI	FP
		----- QM -----							
DP	2	1520,77 ^{ns}	413,70 ^{ns}	4,47 ^{ns}	33,51 ^{ns}	35,83 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Res. A	5	3401,65	109,45	11,64	49,60	21,34	0,08	0,88	0,006
C	1	35765,11 ^{**}	6416,0 ^{**}	8,12 ^{ns}	247,53 ^{**}	443,80 ^{**}	0,008 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DP x C	2	11300,54 ^{ns}	102,41 ^{ns}	31,24 ^{ns}	28,34 ^{ns}	43,86 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Res. B	15	60392,03	3494,73	272,10	225,55	246,08	0,90	14,26	0,13
CV(%)	-	23,90	13,75	6,05	4,19	4,74	9,66	6,62	4,96

DP: Densidade de plantio; Res.: Resíduo; C: Ciclo; QM: Quadrado médio; GL – Graus de liberdade; **Significativo a 1%, * Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação.

Tabela 5 – Teste de médias para as características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (*Hylocereus* sp.) para a massa fresca da polpa (MP); massa fresca da casca (MFC); rendimento da polpa (RP); diâmetro longitudinal (DL); diâmetro transversal (DT); espessura da casca (EC); firmeza do fruto íntegro (FFI) e firmeza da polpa (FP). Fortaleza-CE, 2019.

	MFP	MFC	RP	DL	DT	EC	FFI	FP
DP	---- g ----		- % -	--- cm ---		- mm -	---- N ----	
T1	274,87 a	117,28 a	70,89 a	9,41a	8,72 a	2,54 a	65,78 a	1,49 a
T2	268,42 a	109,90 a	70,37 a	9,25a	8,51 a	2,53 a	65,65 a	1,35 a
T3	252,97 a	105,68 a	69,67 a	9,07a	8,38 a	2,51 a	65,07 a	1,72 a
Média	265,41	110,95	70,31	9,24	8,54	2,53	65,52	1,85
Ciclos								
Ciclo 1	233,90 b	97,60 b	69,83 a	8,98 b	8,18 b	2,52 a	65,65 a	1,83 a
Ciclo 2	296,94 a	124,30 a	70,78 a	9,50 a	8,89 a	2,54 a	65,34 a	1,87 a

DP: Densidade de plantio; T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Média: média geral referente às características avaliadas. a, b e c: diferença significativa entre os tratamentos.

Para massa fresca da polpa, no ciclo 1 a média foi de 233,90 g e no ciclo 2 de 296,94 g (TABELA 5), correspondendo a um aumento de 21,22 %. Oliveira (2019) obteve médias inferiores no primeiro ciclo de produção (195 g) e superiores no segundo ciclo (342 g) nas mesmas condições climáticas e com a mesma densidade de plantio (6667 plantas ha⁻¹).

Estudos realizados por Sato *et al.* (2014) no município de Santa Isabel, PA, obtiveram médias inferiores de 248,75 g e, Cordeiro *et al.* (2015) apresentaram semelhança nos resultados, com médias de 309 g. Estes mesmos autores afirmam que a pitaiá apresenta grande quantidade de polpa, o que a torna mais interessante tanto para o consumo *in natura* como para o processamento. Esse alto rendimento é superior as de outras cactáceas (GUZMÁN-MALDONADO, 2010).

A massa fresca da casca seguiu a mesma tendência da massa fresca da polpa, não diferindo entre as densidades de plantio e obtendo diferença entre os ciclos (TABELA 5), observando-se aumento de 21,48% no segundo ciclo. Em estudos realizados por Lessa (2019) com pitaiás *Hylocereus undatus* a massa fresca da casca foi de 153,84 g, representando 38% do peso total do fruto (411,30g). Já na espécie *Hylocereus costaricensis* a massa fresca da casca foi de 121,69 g, correspondendo a 32% da massa total do fruto que foi de 373,09 g. Isso poderia sugerir que a casca dos frutos do presente trabalho era mais fina, e que seria mais sensível a problemas de quebra e danos em pós-colheita (YAH *et al.* 2008); contudo, isso não foi verificado. Estudos realizados por Alves *et al.* (2018) relataram que a casca constitui 21% da pitaiá, o que está de acordo com o presente trabalho. Essa diferença entre a massa fresca total e a massa fresca da casca pode ser influência, principalmente, de fatores ambientais e

genéticos entre as espécies de pitaiá (LESSA, 2019).

Apesar de ser descartada, a casca da pitaiá é citada por diversos estudos como um resíduo aproveitável, sendo boa fonte de corantes naturais (ALVES, 2018), cuja farinha da casca do fruto da pitaiá, é um potencial substituto de gordura em alimentos, com atrativo valor nutricional (UTPOTT *et al.*, 2018).

Embora não seja observada diferença significativa para o rendimento de polpa, vale ressaltar que a média de rendimento, no ciclo 1 (69,83%) e no ciclo 2 (70,78%) (TABELA 5), está dentro dos padrões comerciais desejáveis, sendo semelhante aos estudos de Fernandes *et al.* (2017) que encontraram rendimento de polpa que variou de 73 a 76% e se encontra superior aos trabalhos de Moreira *et al.* (2011) que obtiveram médias de 56,85%.

O fruto da pitaiá possui melhor rendimento de polpa, quando relacionada aos frutos de outras cactáceas, tais como *Opuntia* spp. (GUZMÁN-MALDONADO, 2010). Esta é uma característica importante, tanto para o consumo *in natura* como para o processamento de frutos frescos (CORDEIRO *et al.*, 2015). Frutos que têm elevado rendimento de polpa apresentam maiores rendimentos no processamento dos produtos finais, o que pode representar ganho econômicos para as indústrias (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para os diâmetros transversal e longitudinal, as maiores médias (9,5 e 8,89 cm, respectivamente) foram obtidas no ciclo 2 (TABELA 5). Esse aumento seguiu a mesma tendência observada para a massa dos frutos que tiveram incremento de 14,9%. Cordeiro *et al.* (2015) e Muniz (2017), trabalhando com a espécie (*Hylocereus polyrhizus*), relataram valores médios de diâmetro longitudinal de 10,73 e 10,07 cm e de diâmetro transversal de 8,07 cm e 9,42 cm respectivamente. Segundo Cristofoli *et al.* (2014), a análise do comprimento do fruto, isoladamente, tem pouca importância para a caracterização física do fruto, sendo a relação entre essas variáveis bastante representativa, pois, indica o formato do fruto.

No presente trabalho observa-se que a relação entre o diâmetro longitudinal (DL) e o diâmetro transversal (DT) da espécie *Hylocereus* sp. possui valor (1,08). Lessa (2019) indica que frutos de pitaiá que apresentam uma relação DL/DT variando de 0,9 a 1,1 tem formato esférico e que o padrão de tamanho e formato do fruto da pitaiá bem definido, dentro e entre as espécies, ajuda no estabelecimento de padrões de frutos para a comercialização. Também foram encontrados frutos com formato esférico para as espécies *Hylocereus* sp. (OLIVEIRA, 2019 e VAILLANT *et al.*, 2005) e *Hylocereus costaricensis* (LESSA, 2019; SATO *et al.*, 2014).

O aumento da densidade de plantio proporciona maior sombreamento, e consequentemente diminui a área foliar que é responsável por produzir fotoassimilados

indispensáveis ao crescimento das plantas, indicando que existe uma relação entre a área foliar disponível (fonte) e o número de frutos de uma planta, que está diretamente relacionado com o tamanho e a massa dos frutos (WEBER, 2013).

Nesse contexto, confirma-se a premissa de que o total de assimilados de uma planta é diretamente proporcional à fotossíntese, a qual está relacionada a quantidade de radiação solar incidente, a concentração de CO₂ atmosférico e a área foliar. Com o aumento da densidade de plantas ocorre aumento do sombreamento e redução da área foliar por planta, sendo de se esperar que a massa fresca média de frutos diminua com o aumento da densidade de plantas (STREK *et al.*, 1998). Durante os dois ciclos de produção avaliados, não foi observada interferência negativa da densidade de plantio, sobre o incremento das principais variáveis produtivas. Porém, o adensamento é uma técnica que exige maiores cuidados por parte do produtor.

Com relação a colorimetria da polpa da pitáia, observou-se que não houve efeito individual das diferentes densidades de plantio para qualquer das variáveis estudadas (TABELA 6), enquanto que o ciclo promoveu diferença significativa para todas as variáveis ($p < 0,01$).

Tabela 6 – Quadrado médio das características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitáia vermelha (*Hylocereus* sp.) para coloração da polpa e casca L* (L*); coloração da polpa e casca a* (a*) e b* (b*). Fortaleza-CE, 2019.

	GL	Polpa			Casca		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
		----- QM -----					
Dens. de plantio	2	1,33 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,88 ^{ns}	7,36 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Resíduo A	5	1,42	3,76	0,71	1,70	22,38	3,27
Ciclo	1	45,78 ^{**}	18,63 ^{**}	24,94 ^{**}	53,29 ^{**}	159,6 ^{**}	154,55 ^{**}
Dens. x ciclo	2	1,11 ^{ns}	2,32 ^{ns}	1,94 ^{ns}	8,31 ^{ns}	35,57 [*]	1,58 ^{ns}
Resíduo B	20	12,45	39,54	10,13	57,18	139,98	45,31
CV (%)	-	3,14	5,82	19,81	4,70	12,25	9,95

QM: Quadrado médio; GL – Graus de liberdade; **Significativo a 1%, * Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação.

Tabela 7 – Teste de médias das características físicas dos frutos no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (*Hylocereus* sp.) para coloração da polpa L* (L*); coloração da polpa a* (a*) e b* (b*). Fortaleza-CE, 2019.

Dens. de plantio	Polpa			Casca		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
T1	29,27 a	28,21 a	4,09 a	41,91 a	25,80 a	17,77 a
T2	28,91 a	27,90 a	4,33 a	41,50 a	24,66 a	17,54 a
T3	28,60 a	27,49 a	4,01 a	41,12 a	24,30 a	17,03 a
Média	28,93	27,86	4,14	41,51	24,92	17,45
Ciclos						
Ciclo 1	27,80 b	27,15 b	3,31 b	40,30 b	27,03 a	15,38 b
Ciclo 2	30,06 a	28,58 a	4,98 a	42,73 a	22,82 b	19,52 a

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Média: média geral referente às características avaliadas. a, b e c: diferença significativa entre os tratamentos.

Os parâmetros colorimétricos Luminosidade (L*) e as coordenadas cromáticas a* e b* da polpa e da casca foram influenciados somente com relação ao fator época (TABELA 6). No presente estudo, frutos provenientes do segundo ciclo produtivo apresentaram incremento no índice de luminosidade L* em ambas as partes, polpa e casca, indicando que a cor tanto do endocarpo quanto do epicarpo ficaram mais brilhantes comparadas à produção inicial de frutos e, dessa forma, com o estabelecimento do fruto, polpa e casca passaram a refletir mais luz do que a absorver, já que a L* representa valores de 0 (ausência de luz ou negro) a 100 (branco), que representa um difusor perfeitamente refletido, influenciado provavelmente pelas condições climáticas locais e de cultivo.

O índice de luminosidade (L*) é importante para os consumidores, pois, o contraste da luminosidade permite que os frutos sejam exibidos de maneira mais atraente. Martínez-Chávez (2011) avaliou a luminosidade do fruto de seis genótipos de pitaiá e mostrou a ocorrência de variação na faixa de 60,3 (mais brilhante) a 29,7 (menos brilhante). Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os de Oliveira (2019) para o cultivo de pitaiá sob manejo sombreado, que neste caso, apresentaram incremento significativo dos valores máximos observados para polpa. No entanto, Yah *et al.* (2008) não encontraram diferenças significativas na luminosidade durante o desenvolvimento dos frutos desta espécie.

Para avaliar as mudanças no grau de coloração do fruto de verde para vermelho, utilizou-se a coordenada cromática a*, que representa mudança na cor de verde (a* negativo) para vermelho (a* positivo). Observou-se que a* da polpa aumentou com o tempo de 27,15 no primeiro ciclo, para 28,58 no segundo ciclo e, dessa forma, os frutos do segundo ciclo apresentaram polpa mais avermelhada (arroxeadada) do que os frutos colhidos no cultivo inicial,

indicando aprimoramento da cor da polpa, que é resultado do mecanismo de acúmulo de betalaínas (TABELA 7), característica da espécie. Esses valores estão de acordo com Wanitchang *et al.* (2010), que encontraram valores em torno de 25 a 31 após a frutificação.

Sato *et al.* (2014) citam que essa tendência da cor vermelha encontrada nas polpas de pitaias pode ser considerada um interessante atrativo para o seu uso como ingrediente em outros alimentos, além de contribuir para melhorar a qualidade sensorial de vários produtos alimentícios. Além disso, pode ser utilizada como corante em diversos alimentos (DONADIO, 2009).

Porém, com relação à casca, os resultados foram contrários aos da polpa, com redução na variável a^* de 27,03 no primeiro ciclo, para 22,82, no segundo ciclo, sugerindo dessa forma que embora tenha havido redução na coloração vermelha da casca (frutos pouco vermelhos), bem como influencia entre época e densidade de plantio mediante interação (TABELA 8), isso não afetou as características de cor da polpa, que é um dos atributos mais visados pelos consumidores de pitaias.

Tabela 8. Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável cor da casca a^* , de frutos de pitaias vermelhas (*Hylocereus* sp.). Fortaleza-CE, 2019.

	T 1	T 2	T 3
Ciclo 1	28,75 aA	25,60 aA	26,75 aA
Ciclo 2	20,58 bA	23,01 aA	24,86 aA

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à variável b^* , que expressa o grau de variação na cor do azul (negativo) para o amarelo (positivo), identificou-se tendência crescente de acúmulo de pigmentos amarelos com o tempo, tanto na casca quanto na polpa, possivelmente devido ao mecanismo natural de acúmulo de pigmentos amarelados, como os flavonoides, ainda que os mesmos tenham sido mascarados pela coloração arroxeada, característica do acúmulo de betalaínas da pitaias.

3.3.4 Caracterização físico-química

As diferentes densidades de plantio exerceram efeito significativo somente para o pH do fruto ($p < 0,05$) (TABELA 9 e 10). Para interação entre os fatores de densidade de plantio e ciclo, constata-se que houve influência apenas sobre o pH (TABELA 10).

Tabela 9 – Quadrado médio das características físico-químicas dos frutos em função das densidades de plantio no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.) para sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), pH e relação SS/ATT. Fortaleza-CE, 2019.

	GL	pH	SS	ATT	SS/ATT
Dens. de plantio	2	0,013*	1,998 ^{ns}	0,004 ^{ns}	22,10 ^{ns}
Resíduo A	5	0,002	1,619	0,001	36,59
Ciclo	1	0,004 ^{ns}	0,977 ^{ns}	0,002 ^{ns}	16,73 ^{ns}
Dens. x ciclo	2	0,011*	1,136 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	5,02 ^{ns}
Resíduo B	20	0,003	0,787	0,001	528,67
CV (%)	-	1,29	6,32	10,08	14,59

GL – Graus de liberdade; **Significativo a 1%, * Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação

Tabela 10 - Teste de médias para características físico-químicas dos frutos em função das densidades de plantio no primeiro e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.) para sólidos solúveis (SS) (° Brix), acidez total titulável (ATT) (mg ácido málico 100 g⁻¹), pH e relação SS/ATT. Fortaleza-CE, 2019.

	pH	SS	ATT	SS/ATT
Densidade de plantio				
T1	3,958 ab	14,284 a	0,369 a	41,74 a
T2	3,928 b	14,271 a	0,347 a	39,15 a
T3	3,995 a	13,571 a	0,334 a	41,15 a
Média	3,961	14,042	0,350	40,68
Ciclos				
Ciclo 1	3,971 a	13,877 a	0,342 a	41,36 a
Ciclo 2	3,951 a	14,207 a	0,358 a	40,00 a

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Média: média geral referente às características avaliadas. a, b e c: diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 11. Interação entre os fatores de densidade de plantio e ciclo de produção para a variável pH da polpa de pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.). Fortaleza-CE, 2019.

	T1	T2	T3
Ciclo 1	3,95 aAB	3,92 aB	4,04 aA
Ciclo 2	3,96 aA	3,93 aA	3,95 aA

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios de pH do fruto obtidos no presente trabalho, considerando todas as densidades de plantio, foram de 3,96 (TABELA 10). Esses valores de pH são semelhantes aos 3,95 encontrados por Oliveira (2019) para a espécie *Hylocereus* sp., nas mesmas condições edafoclimáticas e superiores aos valores médios encontrados por Silva *et al.* (2011) que relataram valores de pH de 3,15 e 3,28 para os frutos das espécies *Hylocereus Polyrhizus* e *Selenicereus cetaceus*, respectivamente.

Quando se considera a interação entre densidade de plantio e ciclo, observa-se que apenas no primeiro ciclo houve um aumento do pH do fruto na densidade de plantio de 4 plantas/cova (TABELA 11). Resultados superiores a 4,04 foram encontrados nos estudos de Abreu *et al.* (2012), Cordeiro *et al.* (2015) e Lessa (2019) que obtiveram médias de 4,88, 5,32 e 5,64, respectivamente. Segundo Baruffaldi e Oliveira (1998) e Silva e Alves (2009), o valor do pH interfere de maneira significativa no desenvolvimento de micro-organismos, uma vez que os alimentos pouco ácidos, com pH acima de 4,0, são susceptíveis ao crescimento de cepas de *Clostridium botulinum*, produtores de toxinas.

Adicionalmente, Lima *et al.* (2013) afirmam que o pH é uma característica importante do fruto, uma vez que pode influenciar no tempo de deterioração, através do desenvolvimento de microrganismos, na atividade das enzimas, na retenção do sabor-odor de produtos de frutas, na estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutas, na verificação do estágio de maturação de frutas, na escolha da embalagem, na palatabilidade, na escolha da temperatura de tratamento térmico, na escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, na escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria e na escolha de aditivos e conservantes.

Embora os sólidos solúveis e SS/ATT não tenha dado significativo entre os tratamentos de densidade de plantio (TABELA 10), vale ressaltar que os valores obtidos são superiores aos encontrados na literatura, podendo ser considerados mais atrativos quando se considera a qualidade dos frutos. Foi observada variação de 11,6 a 13,6% nos estudos de Yah *et al.* (2008), Osuna-Enciso *et al.* (2011) e Cordeiro *et al.* (2015) para a espécie *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*. Segundo Wanitchang *et al.* (2010) valores dos sólidos solúveis acima de 12 ou 13% têm quantidades de açúcar aceitável para a maioria dos consumidores.

O teor de sólidos solúveis é um indicativo da quantidade de açúcares existentes no fruto (KLUGE *et al.*, 2002) que, em geral, para frutos maduros apresentam teores médios de 8 a 14% (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo uma característica desejável tanto para a agroindústria (NASCIMENTO *et al.*, 2003), pois, quanto maior o seu valor menor a quantidade de frutos necessária para atingir a concentração adequada no produto, quanto para o consumidor, por proporcionar maior percepção de sabor agradável.

Para a relação SS/ATT a média obtida entre os tratamentos foi de 40,68, superior aos estudos de Sarmiento (2017), que obtiveram médias de 33,4 para a espécie *Hylocereus polyrhizus*. Características de elevado teor de açúcares, associadas à baixa acidez, favorecem a pitáia para consumo *in natura* por proporcionar maior valor de relação SS/ATT (SARMENTO, 2017). A relação SST/ATT é uma das formas mais indicadas de avaliação de

sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares e de acidez (PINTO *et al.*, 2003).

Segundo Papadopoulos e Pararajasingham (1997), os plantios adensados aumentam a sobreposição e sombreamento das folhas, por consequência, a área foliar e a taxa fotossintética da planta é reduzida. Devido a essa competição por luz, ocorre maior gasto de energia em processos de crescimento celular e menor translocação de açúcares para os frutos (BORRAZ *et al.*, 1991). Esta situação não foi encontrada no presente estudo com o aumento da densidade de plantas.

3.3.5 Compostos bioativos e atividade antioxidante

De maneira geral, foi observado efeito significativo para a interação entre densidade de plantio e ciclo sobre as variáveis antocianinas totais ($p < 0,01$), flavonoides ($p < 0,05$), polifenóis (PET) ($p < 0,05$) e atividade antioxidante (FRAP) ($p < 0,01$) da polpa. Entretanto, foi observado efeito significativo entre os ciclos apenas para as variáveis betalaínas e polifenóis (TABELA 12).

Tabela 12 – Quadrado médio de compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos em função das densidades de plantio no primeiro ciclo e segundo ciclo produtivo da cultura da pitaiá vermelha (*Hylocereus* sp.) para as variáveis antocianinas totais (ANT), flavonoides amarelos (FLA), betalaínas (BET), polifenóis extraíveis totais (PET) e atividade antioxidante total (AAT), pelo método FRAP. Fortaleza-CE, 2019.

	GL	ANT	FLA	BET	PET	AAT
Dens. de plantio	2	0,019*	0,156**	12,08 ^{ns}	0,00005 ^{ns}	17,46**
Resíduo A	5	0,002	0,006	31,69	0,00005	10,59
ciclo	1	0,038**	0,268**	239,47*	0,00076**	0,61 ^{ns}
Dens. x ciclo	2	0,030**	0,031*	45,19 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	12,48*
Resíduo B	20	0,004	0,008	34,16	0,00006	49,48
CV (%)	-	7,21	7,49	30,21	24,13	14,54

GL – Graus de liberdade; **Significativo a 1%, * Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação

Tabela 13 – Teste de médias para os componentes antocianinas totais (ANT) (mg 100 g⁻¹), flavonoides amarelos (FLA) (mg 100 g⁻¹), betalainas (BET) (mg 100 g⁻¹), polifenóis extraíveis totais (PET) (mg 100 g⁻¹) e atividade antioxidante total (AAT) (μmol Fe₂SO₄ g⁻¹), Fortaleza-CE, 2019.

	ANT	FLA	BET	PET	AAT
Dens. de plantio					
T1	0,88 (1,62) a	1,10 (13,62) c	18,52 a	0,035 (31,62) a	9,58 b
T2	0,84 (1,88) ab	1,21 (17,38) b	20,46 a	0,032 (33,14) a	10,86 ab
T3	0,81 (2,11) b	1,33 (22,28) a	19,05 a	0,031 (35,59) a	11,99 a
Média	1,87	17,75	19,34	33,45	10,81
Ciclos					
Ciclo 1	0,88 (1,68) a	1,13 (14,81) b	16,76 b	0,028 (39,5) b	10,94 a
Ciclo 2	0,81 (2,07) b	1,31 (20,71) a	21,92 a	0,037 (27,3) a	10,68 a

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Média: média geral referente às características avaliadas. a, b e c: diferença significativa entre os tratamentos.

Para os valores de flavonoides amarelos observou-se heterogeneidade de variância e escala, então realizou-se ajustes pelo método de Box-Cox (Log₁₀). A concentração de flavonoides amarelos aumentou de 13,62 para 22,28 mg 100 g⁻¹ com o adensamento de plantas, bem como do primeiro para o segundo ciclo (TABELA 13 e 14). Isso mostra que embora tenha sido verificado significância para essa variável, a densidade de plantio não afetou de forma negativa o comportamento bioquímico da planta.

Tabela 14. Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável flavonoides amarelos na cultura de pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.). Fortaleza-CE, 2019.

	T1	T2	T3
Ciclo 1	0,99 (10,21) bB	1,09 (12,89) bB	1,30 (21,32) aA
Ciclo 2	1,22 (17,02) aA	1,32 (21,87) aA	1,36 (23,22) aA

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estudos de Wu *et al.* (2006) e Lima *et al.* (2013) mostram valores inferiores de 7,21 e 6,03 mg/100 g para a concentração de flavonoides amarelos, para as espécies *Hylocereus polyhizus* e *Hylocereus costaricensis*, respectivamente. Kim *et al.* (2011), estudando a concentração de flavonoides nas pitaias de polpa branca e vermelha, observaram que a pitaia vermelha continha maior quantidade de flavonoides, porém, em ambas as espécies, a maior concentração foi registrada na casca do fruto.

Partindo dessa premissa, os estudos de Cohen e Kennedy (2010) e Oliveira (2019) corroboram que frutos produzidos sob radiação solar direta produzem maior quantidade de flavonoides, já que a temperatura atuará na produção dos mesmos, sendo acumulados e

utilizados como filtros UV para evitar o estresse fotoquímico.

As concentrações de betalaínas aumentaram 23,5% quando se compara o primeiro com o segundo ciclo de produção (TABELA 13). No segundo ano as plantas estavam mais estabilizadas e aprimoraram a quantidade de betalaínas na polpa; estas, além de apresentar potencial como fonte de pigmentos naturais para alimentos (LEONG *et al.* 2018), mostra-se com expressiva capacidade antioxidante (SATO *et al.*, 2014; GENGATHARAN *et al.*, 2015). Stintzing *et al.* (2004), em estudos com cactos, observaram que os pigmentos mais importantes da fruta são as betacianinas (vermelho-violeta) e as betaxantinas (amarelo) que pertencem aos pigmentos das betalaínas, o que confirma a tendência de cores encontradas através dos valores relatados acima para os parâmetros a* e b* (TABELA 7), para a polpa da pitiaia.

Para a variável antocianina (TABELA 15), que foi transformada pelo método de BOX-COX (1/antocianina), constatou-se que no ciclo 1 houve diferença entre as densidades de plantio, sendo que no T3 (4 plantas/cova) a concentração de antocianina foi superior ao observada no T1 (1 planta/cova) e T2 (2 plantas/cova). Quando se considera a variação de antocianina entre ciclos, constata-se que nos tratamentos um e dois (T1 e T2) as maiores concentrações foram encontradas no ciclo 2.

Tabela 15. Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável antocianina na cultura de pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.). Fortaleza-CE, 2019.

	T1	T2	T3
Ciclo 1	0,94 (1,28) aA	0,90 (1,40) aA	0,78 (2,35) aB
Ciclo 2	0,82 (1,95) bAB	0,78 (2,37) bB	0,83 (1,87) aA

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora as concentrações de antocianinas tenham sido significativas, estas são bem inferiores às concentrações dos outros pigmentos (TABELA 13). Quando comparado com as betalaínas, observa-se que estas são superiores quase 2000 mil vezes. Partindo desse pressuposto, Gonçalves *et al.* (2015) afirmam que a presença de betalaínas e antocianinas é mutuamente exclusiva, ou seja, a presença de uma classe elimina a possibilidade de ocorrência da outra (STAFFORD *et al.* 1994). Tal fato sugere a hipótese de que existe uma via regulatória comum, na qual antocianinas atuam como inibidoras da biossíntese de betalaínas e, vice-versa (BROCKINGTON *et al.*, 2011).

Vale ressaltar que o conteúdo de antocianinas encontrado no presente trabalho é inferior aos determinados em acerola (18,9 mg/100 g) por Rufino *et al.* (2010), em açai (21,23

mg/100 g) e morango (21,69 mg/100 g) por Teixeira *et al.* (2008).

Nos valores de polifenóis foram detectados problemas de escala, então, os dados foram transformados pelo método de Box-Cox (1/polifenóis) (TABELA 13). As concentrações médias de polifenóis totais obtidas nos frutos de pitaiia foi de 33,45 mg 100g⁻¹. Lima *et al.* (2013), trabalhando com pitaiias comerciais e nativas do Cerrado, encontraram concentrações de 12,31 mg 100 g⁻¹ para *Hylocereus megalanthus*, 15,81 mg 100 g⁻¹ *Hylocereus setaceus*, 17,28 mg 100 g⁻¹ para *Hylocereus undatus* e 23,15 mg 100 g⁻¹ para *Hylocereus costaricensis*. Juntamente com os flavonoides amarelos, os polifenóis podem atuar como barreira contra a intensidade de radiação solar (ALMEIDA e SANTOS, 2018), combatendo distúrbios que acarretam no estresse oxidativo (LIMA *et al.*, 2013). Segundo Wu *et al.* (2006) essa diferença nas concentrações de polifenóis pode ser devida à variação ambiental do crescimento ou devido à diferença de fase de maturação dos frutos. Estes autores afirmam, ainda, que tanto a polpa como a casca são ricas em polifenóis e sendo ótimas fontes de antioxidante.

A densidade de plantio influenciou significativamente a atividade antioxidante (AAT) nos frutos de pitaiia. O aumento de uma e duas plantas/cova (T1 e T2) para quatro plantas/cova (T3) promoveu um aumento de 24,2 e 10,4%, respectivamente na concentração de AAT (TABELA 13) e, aumento no segundo ciclo para o tratamento de menor adensamento (TABELA 16). Com isso, pode-se observar que o adensamento não influenciou negativamente a atividade antioxidante dos frutos.

Tabela 16. Interação entre os fatores densidade de plantio e ciclo de produção para a variável AAT na cultura de pitaiia vermelha (*Hylocereus sp.*). Fortaleza-CE, 2019.

	T1	T2	T3
Ciclo 1	8,59 bB	11,23 aA	13,00 aA
Ciclo 2	10,57 aA	10,48 aA	10,99 aA

T1 - 1 planta/cova; T2 - 2 plantas/cova; T3 - 4 plantas/cova; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em estudos realizados por Leong *et al.* (2018) observou-se concentrações médias de 15,41. A AAT na pitaiia é considerada moderada a alta, sendo importante fonte de fitoquímicos (GARCÍA-CRUZ *et al.*, 2013 e SONG *et al.*, 2016), bem como auxilia na captura de radicais livres (WOLFE *et al.*, 2008). Seguindo a mesma tendência das betalaínas, esse tipo de avaliação é muito importante, pois, determina a eficácia dos efeitos antioxidantes e seus benefícios nutracêuticos na saúde humana (GARCIA-CRUZ *et al.*, 2016).

Abreu *et al.* (2012) avaliando AAT pelo método do sistema betacaroteno/ácido linoléico, relataram que a pitiaia possui alta capacidade antioxidante. Em função disso, Dai e Mumper (2010) afirmam que métodos de avaliação da atividade antioxidante (FRAP) são baseados na transferência de elétrons, sendo bem conhecidos na avaliação da capacidade antioxidante. Porém, como existem outros métodos relatados na literatura para a avaliação da AAT, seriam necessários estudos posteriores com diferentes métodos de captura de radicais livres que comprovem de forma mais efetiva a capacidade antioxidante na cultura da pitiaia.

3.3.6 Correlação canônica

Por meio da análise de correlação canônica observou-se fortes correlações significativas entre o grupo de variáveis de produção e o grupo das variáveis de qualidade de fruto. O primeiro (V1, W1) e o segundo (V2, W2) par canônico foram significativos a 1% (1,00 e 0,97), respectivamente e o terceiro par (V3, W3) a 5% (0,89).

Na Tabela 17, estão contidos os coeficientes que forneceram as combinações lineares para as correlações canônicas. As correlações canônicas significativas mostram a existência de correlação entre os grupos de variáveis definidos anteriormente.

Dentre as variáveis de produção, a variável NFP foi a que teve maior peso de importância entre as variáveis canônicas de produção. Para o primeiro par de correlação canônica a variável NFP correlacionou-se com maior peso de importância (-0,26) com as variáveis de qualidade de frutos, que foram espessura da casca (1,34), firmeza da polpa (-1,08), SS (-1,92), acidez (106,85) e pH (4,19). O NFP se correlacionou positivamente com as variáveis firmeza da polpa, sólidos solúveis e negativamente com espessura da casca, acidez e pH. Portanto, foi essa relação que mostrou a maior correlação possível entre os dois grupos.

Tabela 17. Coeficientes canônicos entre as variáveis de produção e a qualidade de frutos.

Coeficientes canônicos brutos para as variáveis de produção			
	V1	V2	V3
NFP	-0,26	-1,44	1,42
PROD	0,0005	0,0004	-0,001
MF	0,01	0,0017	0,02
Coeficientes canônicos brutos para as variáveis de qualidade de frutos			
	W1	W2	W3
MFC	-0,0009	-0,046	-0,016
MFP	0,00002	0,002	0,005
RP	0,16	-0,24	-0,33
DL	0,0097	0,16	0,17
DT	0,13	-0,08	-0,09
EC	1,34	0,06	-5,05
FFI	0,11	1,22	0,54
FP	-1,08	9,48	1,97
POLPAL	0,03	0,95	-0,66
POLPAA	-0,23	-0,65	0,59
POLPAB	0,20	0,74	-0,39
CASCAL	-0,22	0,06	0,001
CASCAA	0,01	0,16	-0,04
CASCAB	-0,05	0,02	0,57
SS/ATT	0,83	0,23	-0,77
SS	-1,92	-1,11	1,50
ATT	106,85	2,85	-146,84
pH	4,19	-3,07	-47,71
ANT	0,05	1,65	-0,36
FLA	0,04	-0,10	0,24
BET	0,07	-0,29	0,15
PET	-0,03	-0,13	0,13
AAT	0,03	0,08	-0,11

NFP: número de fruto por planta; PROD: produtividade; MF: massa do fruto; MFC: massa fresca da casca; MFP: massa fresca da polpa; RP: rendimento de polpa; DL: diâmetro longitudinal; DT: diâmetro transversal; EC: espessura da casca; FFI: firmeza do fruto íntegro; FP: firmeza da polpa; POLPA L: cor L* da polpa; POLPA A: cor a* da polpa; POLPA B: cor b* da polpa; CASCAL: cor L* da casca; CASCAA: cor a* da casca; CASCAB: cor b* da casca; SS/ATT: relação acidez/sólidos solúveis; ATT: acidez total titulável; pH: potencial hidrogeniônico; ANT: antocianinas; FLA: flavonoides; BET: betalaínas; PET: polifenóis; AAT: atividade antioxidante.

Para o segundo par de correlação canônica (V2 W2), a variável original NFP teve o maior peso de importância (-1,44) e, entre as variáveis W2, as variáveis que se sobressairam foram: firmeza da casca (1,22), firmeza da polpa (9,48), SS (-1,11), acidez (2,85), pH (-3,07), antocianina (1,65). O NFP se correlacionou positivamente com as variáveis sólidos solúveis e pH e negativamente com as firmezas da casca e polpa, acidez e antocianina. Portanto, foi essa

relação que mostrou a maior correlação possível entre os dois grupos.

Para o terceiro par de correlação canônica V3, a variável de maior escore foi a NFP (1,41) e, na W3, foram as variáveis espessura da casca (-5,05), firmeza da polpa (1,97), SS (1,50), acidez (-146,84), pH (-47,71). O NFP se correlacionou positivamente com as variáveis firmeza da polpa, sólidos solúveis, e negativamente com a espessura da casca, acidez e pH. Portanto, foi essa relação que mostrou a maior correlação possível entre os dois grupos.

3.4 Conclusões

O estudo da produção e qualidade da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) em diferentes densidades de plantio em Fortaleza, CE, concluiu-se que:

O tratamento com quatro plantas por cova aumenta a produtividade de frutos em 296,3% em relação ao tratamento com uma planta por cova;

A densidade de plantio não influencia o número de frutos por planta, porém, houve redução na massa média do fruto;

O aumento da densidade de plantio não interfere as variáveis morfométricas na cultura da pitiaia;

O segundo ciclo de produção promove incremento na qualidade de frutos para as variáveis físicas da pitiaia;

As variáveis fisico-químicas pH, antocianina, flavonoides amarelos, betalaínas e atividade antioxidante são influenciadas positivamente com o estabelecimento da cultura em campo.

4 CAPÍTULO III - Fenologia reprodutiva da pitiaia vermelha no primeiro e segundo ciclo nas condições climáticas de Fortaleza, CE

RESUMO

A pitiaia é uma cultura pertencente à família das cactáceas e está entre as frutíferas exóticas de grande potencial econômico. O estudo fenológico traz informações relevantes que permitirá aos produtores manejarem a cultura de forma mais racional com relação às variáveis climáticas. Objetivou-se com esse estudo, a caracterização das fases fenológicas de crescimento reprodutivo da pitiaia (*Hylocereus* sp.) em Fortaleza, CE. O experimento foi desenvolvido na área experimental do Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, situado no município de Fortaleza, Ceará. O acompanhamento fenológico foi realizado nos períodos seco e úmido dos anos de 2017/2018 (ciclo 1) e 2018/2019 (ciclo 2), em 84 plantas, para a quantificação de botões, flores e frutos além da determinação da quantidade de dias das fenofases, que foram selecionadas ao acaso com uma amostra de 20 plantas. Para as análises de fenologia reprodutiva foram calculados os coeficientes de correlação simples entre botões, flores e frutos das plantas e as variáveis climáticas. Os resultados indicam que o período de antese à colheita do fruto da pitiaia compreende o intervalo de 29 a 35 dias. O maior índice de pegamento botão/flor e flor/fruto ocorreu no período úmido. Os maiores picos de florescimento e frutificação ocorreram nos meses de janeiro a abril de 2018 (ciclo 1) e dezembro/2018 a abril/2019 (ciclo 2). A temperatura apresentou correlação positiva com a produção de botões florais, flores e frutos. A umidade relativa e a precipitação apresentaram correlação positiva com a produção de frutos. A insolação teve correlação negativa com a produção de frutos. A fenologia reprodutiva da pitiaia pode ser influenciada pelas variáveis climáticas.

Palavras-chave: Fenofases. Temperatura. Floração. Índice de pegamento.

ABSTRACT

Pitahaya (Cactaceae) has emerged as a promise exotic fruit crop with great economic potential, however lacking on the local phenological studies. Thus, this investigation aimed to characterize the reproductive phenological phases of red pitahaya (*Hylocereus* sp.) in Fortaleza, Ceará, Brazil. The trial was carried out in an experimental area of the Federal University of Ceará, Ceará, Brazil. The phenological monitoring was performed in the dry and humid seasons, in 84 plants, for the quantification of flower buds, flowers, and fruits besides the determination of the duration in days of the phenophases, which were randomly selected with a sample of 20 plants. For the analysis of reproductive phenology, the simple correlation coefficients between flower buds, flowers, and fruits of the plants and the climatic variables were calculated. The results indicate that the period before the harvest of the pitahaya fruits is between 29 and 35 days. The highest flower bud/flower and flower/fruit setting index occurred in the humid period. The highest peaks of flowering and fruit set occurred from Jan to Apr 2018 (cycle 1) and Dec/2018 to Apr/2019 (cycle 2). The temperature showed a positive correlation with the production of flower buds, flowers, and fruits. The relative humidity and precipitation showed a positive correlation with fruit production. The insolation had a negative correlation with fruit production. The reproductive phenology of pitahaya may be influenced by climatic variables.

Keywords: Phenophases. Temperature. Flowering. Flower/fruit setting index.

4.1 Introdução

A pitiaia (*Hylocereus* sp.) apresenta grande destaque entre as frutas exóticas comercializadas no Brasil. Dados da PROHORT (2018) na Ceasa São Paulo mostraram que, no ano de 2008, a comercialização de pitiaia foi de 82.000 kg e, no ano de 2018, essa comercialização chegou a 786.000 kg, um aumento de 950% nos últimos dez anos, apresentando, assim, potencial como opção para a diversificação da fruticultura nacional e incremento de renda no campo.

A cultura da pitiaia é flexível a diferentes tipos de clima e solo (MIZHARI *et al.*, 2007) e assim, como as outras cactáceas, é altamente adaptável a novos ambientes, particularmente a condições de seca e temperaturas extremas (KISHORE, 2016). Em função de modificações evolutivas como capacidade para armazenamento de água no caule (suculentas), ausência de folhas, presença de camada de cera no caule, via fotossintética CAM (metabolismo ácido das crassuláceas) com abertura estomática noturna, as pitaias se adaptam a condições climáticas adversas (NIE *et al.*, 2015).

Segundo Schwartz (2003), a fenologia é o estudo de eventos biológicos que ocorrem periodicamente, influenciados pelo ambiente, especialmente as mudanças de temperatura. O estudo da fenologia é importante para inserção de culturas em climas diferentes dos quais são tradicionalmente produzidas (LOPES *et al.*, 2018). Visam, em geral, a obtenção de dados sobre o ciclo produtivo e períodos de concentração da produção (OLIVEIRA *et al.*, 2015) que subsidiem o planejamento de ações para o manejo da cultura e comercialização dos frutos.

O acompanhamento sistemático dos estádios fenológicos também é essencial para alcançar maior produtividade, melhor qualidade dos frutos, auxiliar em práticas de cultivo importantes como polinização, adubação, época de colheita, controle de pragas e ervas daninhas e aplicação de hormônio durante as fenofases das plantas.

Estudos sobre a fenologia da cultura da pitiaia foram realizados por Marques *et al.* (2011) na região sudeste do Brasil, que possui clima temperado suave, apresentando inverno seco e verão chuvoso e, também, por Osuna-Enciso *et al.* (2016), na região sudeste do México, que apresenta clima semiárido com chuvas no verão e inverno seco e registraram de cinco a sete, e, de três a cinco picos de floração por ano, com duração de 50 a 60 e 43 a 57 dias, respectivamente. Provando que as variações climáticas podem alterar os estádios fenológicos da pitiaia.

Frente a capacidade adaptativa da pitiaia e a escassez de informações fenológicas

na região nordeste brasileira é relevante o acompanhamento dos estádios fenológicos da espécie. Diante do exposto, com o presente estudo, objetiva-se caracterizar as fases fenológicas de crescimento reprodutivo da pitaiá (*Hylocereus* sp.) em Fortaleza, CE.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Caracterização da área e material vegetal

O experimento foi desenvolvido no Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, situado no município de Fortaleza, Ceará, a 03°43'02" S, 38°32'35" W e altitude de 19,6 m (IPECE, 2015), no período de julho de 2017 a maio de 2019. O clima da região, na classificação climática de Koppen, é do tipo Aw' (tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono), com temperaturas médias de 26,5 °C.

As mudas de pitaiá vermelha (*Hylocereus* sp.) foram produzidas em casa de vegetação localizada no mesmo Setor, utilizando-se propágulos (cladódios/estacas) que foram provenientes de plantas matrizes com aproximadamente 25 cm de comprimento (PONTES FILHO *et al.*, 2014). Para estimular o desenvolvimento radicular utilizou-se o enraizador Sela Gel[®] (ALMEIDA *et al.*, 2016). As estacas foram colocadas em recipientes tipo sacolas plásticas, com dimensões de 16 x 26 cm, preenchidas com substrato composto de solo e fibra de coco (2:1), onde permaneceram por cerca de 60 dias em casa de vegetação para favorecer o enraizamento e o crescimento das mudas. A irrigação foi realizada em dias alternados.

4.2.2 Instalação e condução do experimento

Após o período de enraizamento, as mudas foram levadas para o campo. Na área experimental foram plantadas sob espaçamento de 2 m entre covas e 3 m entre linhas de plantio, com duas plantas por cova, em média, e conduzidas em haste única, tutoradas perpendicularmente ao solo em mourões de eucalipto de 1,80 m, até atingirem a estrutura de apoio na parte superior do mesmo, constituída de uma circunferência lateral de sucata de pneu de automóvel sustentada por duas hastes de vergalhão de 1/2" em forma de cruz, atravessando o mourão a cerca de 30 cm do topo, de modo a suportar a formação da copa da planta.

Após ultrapassar o espaço entre a sucata de pneu e à estaca (aproximadamente 1,70 m), as plantas foram podadas para estimular brotações nos últimos 20 a 30 cm da haste principal (MOREIRA *et al.*, 2012), deixando-se crescer livremente todas aquelas que

pudessem ser conduzidas sobre a sustentação do pneu, para formação da copa. Todos os cladódios emitidos lateralmente abaixo do pneu foram retirados, pois, são pouco produtivos e retardam o crescimento da planta.

4.2.3 Adubação, irrigação e controle de fitopatógenos

Em função da ausência de recomendação de adubação para a cultura da pitaita no Brasil e, sobretudo nas condições edafoclimáticas da região Nordeste, as doses de nitrogênio e potássio tiveram como base os estudos realizados por Almeida *et al.* (2014) e Marques *et al.* (2012), cujas quantidades aplicadas foram: 33 g de N/planta/mês e 25 g de K₂O/planta/mês. O fósforo e o zinco foram recomendados segundo Corrêa *et al.* (2014), sendo 223 g/cova de P₂O₅ aplicado em fundação e, depois, aplicado uma vez por ano em cobertura e 0,54 g de Zn/planta/mês para o período de 12 meses.

Os adubos utilizados como fonte de macronutrientes foram a ureia (46% de N), o superfosfato simples (18% P₂O₅; 25% de CaO; e 12% S) e o cloreto de potássio (62% de K₂O). Os micronutrientes foram fornecidos pelo FTE BR-12 (9% de Zn; 1,80% de B; 0,80% de Cu; 2% de Mn; 0,10% de Mo), em dose equivalente a 6 g/planta/mês. A aplicação dos fertilizantes foi feita de forma manual e em circunferência, com um diâmetro de aproximadamente 30 cm em torno de cada planta. Logo após foi realizada a incorporação dos fertilizantes com uma enxada.

A irrigação foi feita por gotejamento, seguindo as informações técnicas com base em resultados obtidos para o cultivo de *Hylocereus* sp. na mesma área (ALMEIDA, 2015). A lâmina aplicada foi de 13 L planta⁻¹ semana⁻¹ num turno de rega em dias alternados (30 min/linha de cultivo) e, após o primeiro ano de implantação, a irrigação foi realizada diariamente com aproximadamente 4,3 L por gotejador.

Realizou-se, sempre que necessário, capinas manuais nas linhas de plantio durante todo o ano, objetivando o controle de plantas invasoras no experimento e roço nas entrelinhas; foi realizada apenas uma aplicação de inseticida químico (K Othrine[®]) e formicida (Formitol[®]) para o controle de pragas no início do experimento.

4.2.4 Caracterização fenológica

O acompanhamento fenológico foi realizado durante dois ciclos produtivos, referentes aos anos de 2017/2018 (ciclo 1) e 2018/2019 (ciclo 2), e considerando-se duas

estações bem definidas, o período seco, no segundo semestre, e o período úmido, no primeiro semestre de cada ano. Para a quantificação de botões, flores e frutos foram utilizadas 84 plantas e para determinação da duração das fenofases, em dias, foram selecionadas aleatoriamente 20 plantas.

4.2.5 Período reprodutivo

As observações foram realizadas com o auxílio de uma planilha de avaliação, baseada nos estudos fenológicos de Marques *et al.* (2011) e Osuna-Enciso *et al.* (2016), com algumas modificações. Foram avaliadas as 84 plantas para acompanhamento do período de brotação, floração e frutificação, observadas a cada três dias. Foi quantificado o número de botões florais (estádios fenológicos de A a I), flores (estádios fenológicos de J a P) e frutos (estádios fenológicos de Q a W) por planta. Todos esses estádios compreendem, desde o aparecimento do botão floral, passando pela floração (antese), frutificação, maturação, colheita, até o novo período de crescimento reprodutivo (MARQUES *et al.*, 2011; OSUNA-ENCISO *et al.*, 2016), todas as plantas foram polinizadas de forma natural.

As características observadas nos órgãos reprodutivos foram:

- a) Caracterização do botão floral: aparecimento do botão floral à botão prestes a abrir;
- b) Caracterização da flor: início do desprendimento das sépalas e aparecimento das pétalas ao final da floração;
- c) Caracterização do fruto: fruto polinizado apresentando restos florais à maturação completa do fruto;
- d) Índice de pegamento: quantificou-se o número de botões, flores e frutos emitidos por planta em cada um dos ciclos; com esses dados calculou-se a relação entre botões/flores e flores/frutos;
- e) Determinação da quantidade de dias das fenofases: foi obtido a partir de uma amostra de 20 plantas, sendo observado o período de evolução desde o aparecimento do botão floral até a colheita, registrando-se a data de início quando o meristema reprodutivo das aréolas foi observado globular e tinha em torno 0,5 cm de diâmetro e 0,5 cm de comprimento, e a data de término, quando o fruto estava completamente maduro.

As variáveis climáticas de temperatura, precipitação, umidade relativa e insolação utilizadas, foram correspondentes ao do período experimental, estas foram obtidas na estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará, localizada a aproximadamente 500 m da área experimental.

4.2.6 Avaliação estatística

Para as análises de fenologia reprodutiva foram calculados os coeficientes de correlação simples entre botões, flores e frutos das plantas e as variáveis climáticas e os testes de significância foram realizados utilizando-se o *software* Assistat® (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4.3 Resultados e Discussão

O início da fase reprodutiva da pitiaia começa na aréola, local em que se localizam os espinhos nos cladódios, os botões florais surgem abaixo dos espinhos, que têm por função proteger a região meristemática (TAIZ *et al.*, 2017). Durante o monitoramento foi observado que a fase entre o aparecimento do botão floral (FIGURA 2A) e o início do seu alongamento (FIGURA 1E) ocorre de forma rápida, durando aproximadamente de cinco dias (TABELA 18), esse é o período mais susceptível a perda do botão, pois, quaisquer mudanças relacionadas a alta temperatura e baixa umidade (ar e/ou solo) podem provocar a queima ou queda do botão, fato também relatado por Lima (2018) para a mesma espécie e nas mesmas condições climáticas.

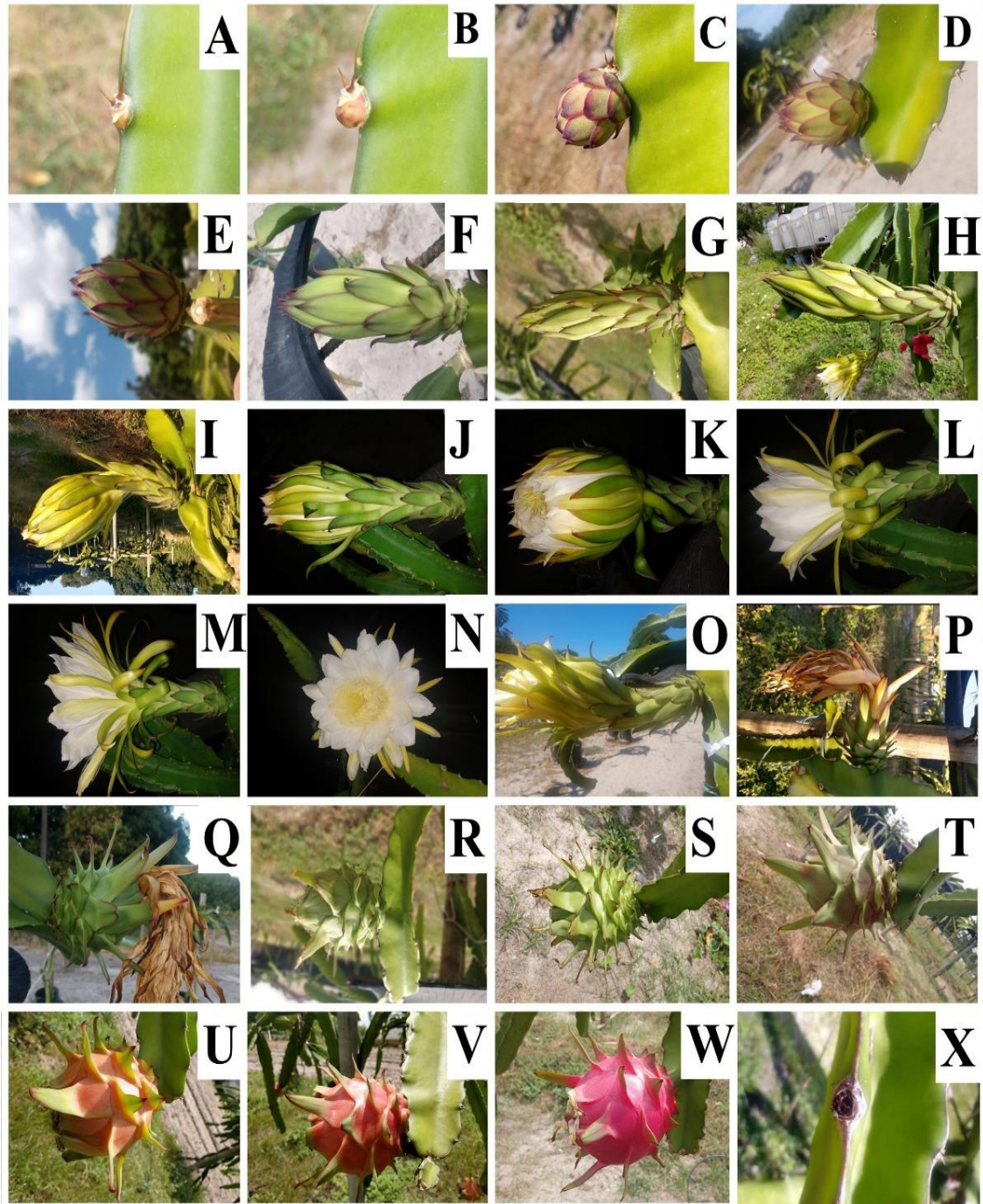


Figura 2. Sequência dos estádios fenológicos reprodutivos da pitaia (*Hylocereus* sp.) no município de Fortaleza, CE. A) aparecimento do botão floral; B) desprendimento dos espinhos que protegem a gema; C) botão no formato de esfera; D) queda do espinho; E, F, G e H) botão floral apresentando respectivamente, cinco, seis, sete e oito níveis de sépalos; I) botão prestes a abrir; J) início do desprendimento das sépalos e aparecimento das pétalas; K) início do desprendimento das pétalas; L) início da abertura da flor; M) flor parcialmente abertas; N) abertura completa da flor; O) flor com as peças florais murchas; P) final da floração; Q) fruto polinizado apresentando restos florais; R) fruto verde em desenvolvimento; S) início da coloração rosada do fruto; T) fruto com 50% da coloração rosada; U) início da coloração da base das brácteas; V) fruto com 70% da coloração; W) maturação completa do fruto; e X) aréola cicatrizada após a retirada do fruto.

Tabela 18. Fases e subfases da fenologia reprodutiva da pitaita (*Hylocereus* sp.) no município de Fortaleza, CE.

Fases	Subfases	Duração (dias)
BOTÃO FLORAL	A	1°
	B	2°
	C	3°
	D	4°
	E	5°
	F	5° ao 6°
	G	6° ao 7°
	H	7° ao 8°
	I	8° ao 10°
FLOR	J	10° ao 11°
	K	11° ao 12°
	L	11° ao 12°
	M	13° ao 14°
	N	14° ao 17°
	O	15° ao 18°
	P	16° ao 20°
FRUTO	Q	19° ao 25°
	R	23° ao 35°
	S	32° ao 40°
	T	35° ao 43°
	U	40° ao 45°
	V	42° ao 49°
	W	43° ao 56°

A) aparecimento do botão floral; B) desprendimento dos espinhos que protegem a gema; C) botão no formato de esfera; D) queda do espinho; E, F, G e H) botão floral apresentando respectivamente, cinco, seis, sete e oito níveis de sépalas; I) botão prestes a abrir; J) início do desprendimento das sépalas e aparecimento das pétalas; K) início do desprendimento das pétalas; L) início da abertura da flor; M) flor parcialmente abertas; N) abertura completa da flor; O) flor com as peças florais murchas P) final da floração; Q) fruto polinizado apresentando restos florais; R) fruto verde em desenvolvimento; S) início da coloração rosada do fruto; T) fruto com 50% da coloração rosada; U) início da coloração da base das brácteas; V) fruto com 70 % da coloração; W) maturação completa do fruto; e X) aréola cicatrizada após a retirada do fruto.

Durante o acompanhamento do experimento em campo, foi observado que nos estádios E a I (FIGURA 2E a 2I), correspondentes ao período de alongamento do botão floral (esse período pode durar cerca de 5 a 6 dias), ocorre maior estabilidade fisiológica em relação as condições climáticas adversas, o que favorece o pegamento do botão floral até a antese. Percebe-se que, quando ocorre interrupção do desenvolvimento do botão floral ou da flor da pitaita, a aréola não é mais utilizada para produção reprodutiva ou vegetativa, esse acontecimento também foi observado por Marques (2010).

A pitaita possui antese noturna e suas flores começam a se abrir por volta das 18:50 h (FIGURA 2J, K e L), chegando à máxima abertura por volta das 20:30 h (FIGURA 2N) e permanecem totalmente abertas até em torno das 03:00 h do dia seguinte, logo após,

começa o fechamento, o que vai até as primeiras horas da manhã (FIGURA 2O). Todo esse processo, desde o início da abertura da flor até o fechamento, dura em torno de 12 horas, com exceção de dias nublados, quando as flores ficaram abertas de uma a duas horas a mais, essa observação coincide com o que foi relatado por Muniz (2017) no semiárido cearense, porém, correspondem a, pelo menos, uma hora a menos do tempo observado por Marques *et al.* (2011) e Yah *et al.* (2008), respectivamente na região sudeste do Brasil, em Lavras-MG, e no México, que registraram antese de até 15 horas em dias nublados.

Do aparecimento do botão floral até a abertura da flor, foram verificados períodos de 14 a 17 dias (TABELA 18), tempo semelhante ao registrado por Osuna-Enciso *et al.* (2016), mas, divergente dos relatos de Marques *et al.* (2011), Yah *et al.* (2008) e Ha e Tran (2014), que registraram períodos variando entre 18 e 31 dias, isso provavelmente ocorreu devido a condições climáticas diferentes, além do sombreamento artificial utilizado por Silva *et al.*, 2015. Segundo Silva *et al.* (2011), temperaturas mais elevadas reduzem o tempo da brotação à floração.

A antese é o período de abertura completa da flor (FIGURA 2N), que ocorre quando os órgãos estão plenamente maduros para haver polinização. Na pitaita, os agentes que fazem a polinização são morcegos, algumas espécies de mariposas (VALIENT-BANUET *et al.*, 2007), abelhas, pequenas vespas e besouros e formigas (MUNIZ, 2017), pode ser realizada, também, de forma manual (SILVA *et al.*, 2015), como ocorre em Israel (MIZRAHI *et al.*, 2014), devido à falta de polinizadores. Logo após a polinização ocorre a fertilização e o desenvolvimento de frutos que se inicia de 4 a 6 dias após a polinização (TABELA 18). Lichtenzveig *et al.* (2000) relataram que os tubos polínicos levam cerca de 48 h para chegar à base do pistilo, a fim de que ocorra a fertilização dos óvulos. Caso haja polinização, o ovário permanece verde e inicia seu desenvolvimento, aumentando diametralmente (FIGURA 2P e 2Q). Já nas flores em que não ocorreu polinização, o pegamento do fruto é comprometido e o ovário amarelece e murcha, caindo alguns dias depois.

Segundo Marques (2010), no início do enchimento dos frutos, as brácteas externas que são extensão do pericarpo, recobrem completamente o fruto (FIGURA 2Q); mas, com o aumento do fruto, sua aparência tornam-se menos salientes (FIGURAS 2R e 2S). Com o passar dos dias o fruto vai adquirindo coloração parcialmente rosada (FIGURA 2T e TABELA 18). Com a aproximação da maturação fisiológica do fruto, a casca vai ganhando coloração completamente rosada (FIGURA 2U e 2V).

Os frutos estão prontos para serem colhidos quando alcançam maturidade fisiológica (FIGURA 2W), que ocorre ao adquirirem coloração rosada intensa na casca

(MIZRAHI, 2014). O fruto estava preparado para ser colhido por volta do 43° ao 56° dia após aparecimento do botão floral, ou, dos 29° aos 39° dias após a polinização (TABELA 18), aproximadamente. Esses resultados são semelhantes aos relatados por Muniz (2017) sob condições climáticas próximas (estado do Ceará) ao do presente estudo.

Os resultados diferiram dos obtidos por Kishore (2016) na Índia, com a espécie *Hylocereus undatus* em que, a maturidade ideal para a colheita aconteceu de 25 a 26 dias depois da antese. Na região sudeste do Brasil, Menezes *et al.* (2015) relataram que o período ideal de colheita seria aos 41 dias após a antese e Silva *et al.* (2015), no município de Lavras, MG, verificaram tempo médio de colheita de 56 dias, do botão a maturidade final, ambos os resultados, foram encontrados para a espécie *H. undatus*. Esse tempo pode variar em função da região de cultivo, pois, nas condições do México, o ciclo reprodutivo compreende de 39 a 52 dias (CASTILLO; ORTIZ, 1994). Estes resultados indicam que as condições climáticas influenciam no comportamento fenológico das plantas (SEGANTINI *et al.*, 2010), sendo menor sua duração em condições de maior temperatura e precipitação (SILVA *et al.*, 2015).

Ao avaliarem o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento e amadurecimento de frutos de pitaia amarela, Nerd e Mizhari (1998) observaram que as maiores temperaturas (20,1 °C), proporcionaram um amadurecimento precoce dos frutos, em torno de 120 dias após a antese e que sob temperaturas mais baixas, em torno de 15,4 °C, os frutos necessitaram de um período de até 181 dias para que se desenvolveram atingissem a maturação.

A pitaia (*Hylocereus* sp.) é um fruto não climatérico (ORTIZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2012), o que torna mais importante o momento ideal de colheita para obtenção da melhor qualidade. Segundo Ortiz e Takahashi (2015), frutos colhidos antes do ponto de maturação ideal são suscetíveis à distúrbios fisiológicos. No presente trabalho também foi observado que a colheita ocorrendo 3 a 4 dias após o amadurecimento completo do fruto, o mesmo começava a se deteriorar, ficando com textura inconsistente e aspecto envelhecido. Portanto, identificar o momento ideal da colheita é pré-requisito para garantir melhor qualidade de frutos e maior longevidade de prateleira.

Após o fruto colhido, no local fica um ferimento no cladódio (FIGURA 2X). Vale salientar que, durante o acompanhamento fenológico (TABELA 18), na mesma planta, foi possível encontrar vários estádios de desenvolvimento, desde botão floral até fruto em fase de colheita.

O desenvolvimento inicial da pitaia ocorreu durante o primeiro ano, após o estabelecimento da planta em campo, que foi marcado pelo crescimento e maturação dos brotos vegetativos, logo após, iniciou-se a fase reprodutiva. Conforme Almeida *et al.* (2016),

as plantas que são originadas pelo método de estaquia iniciam a fase reprodutiva entre um e dois anos após o plantio. A planta iniciou sua reprodução com 1 ano e 6 meses após seu estabelecimento em campo, sendo que no decorrer desse tempo, foram emitidos vários fluxos vegetativos. O primeiro ano de produção (Ciclo 1) iniciou-se em julho de 2017 e finalizou em maio de 2018, nesse primeiro ciclo foram contabilizados 11 fluxos reprodutivos (FIGURA 3).

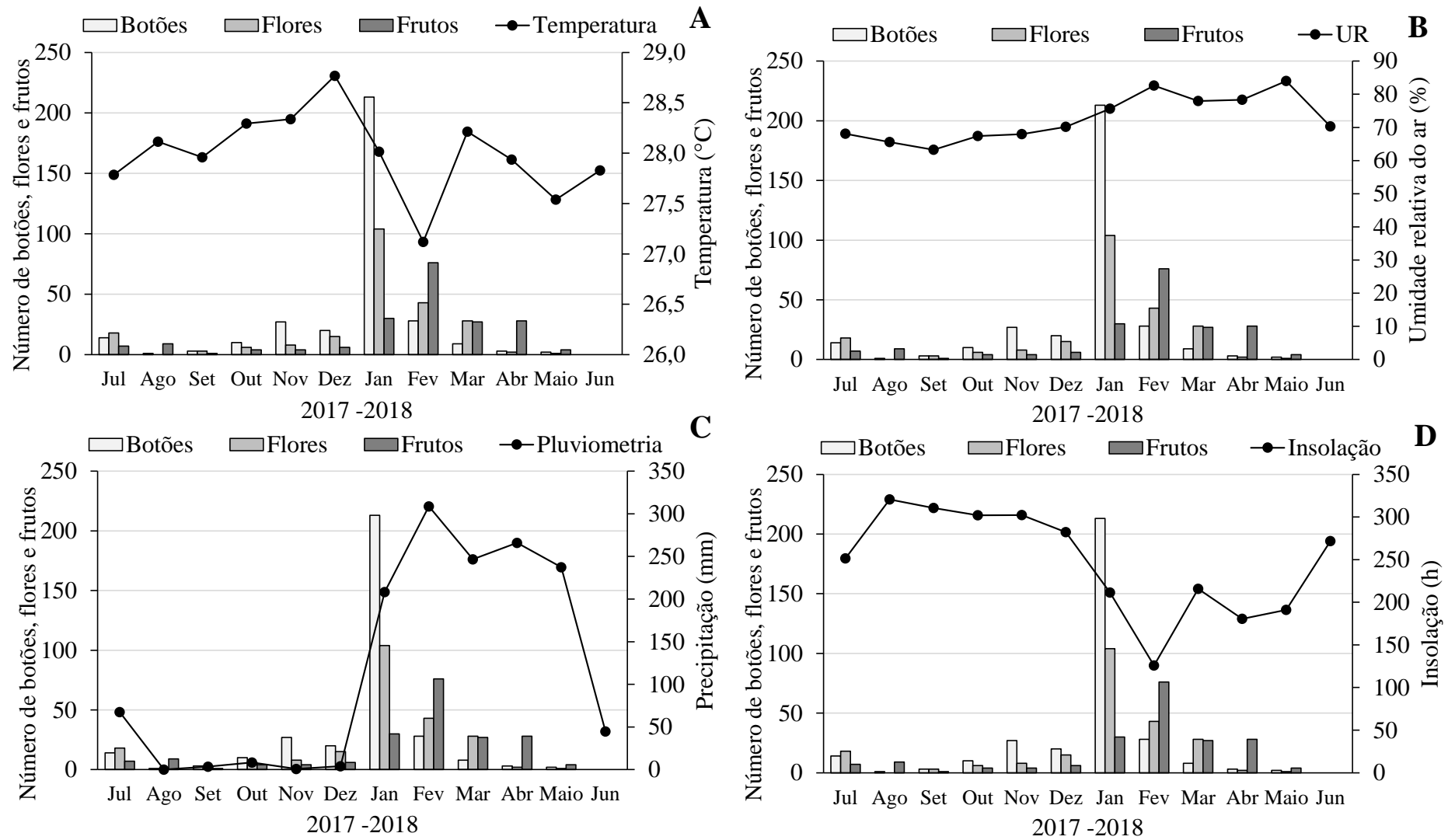


Figura 3. Número de botões, flores e frutos em relação a temperatura (A), umidade relativa do ar (B), precipitação (C) e insolação (D) do ciclo 2017-2018 de pitaia em Fortaleza, CE. *A unidade de insolação é definida em horas de sol, sem a presença de nuvens.

No primeiro ciclo (FIGURA 3) o florescimento ocorreu em 91% das plantas, sendo que o pico de florescimento ocorreu no mês de janeiro, resultando em pico de frutificação no mês de fevereiro. Diferentemente de Marques *et al.* (2011), Osuna-Enciso *et al.* (2016) e Kishore (2016) que tiveram pico de floração nos meses de dezembro a maio, junho a dezembro e de maio a novembro, respectivamente, todos estes supracitados tiveram amplitude térmica em torno de 14°C e começaram a floração no período de maior temperatura, umidade relativa e precipitação, todos estes estão localizados próximos à regiões subtropicais.

Em clima tropical as plantas podem ter até 4 a 6 floradas por ano (PUSHPAKUMARA *et al.*, 2005; JIANG *et al.*, 2012), caso distinto foi encontrado no presente estudo em que a temperatura média mensal variou de 27,1 a 28,8°C (FIGURA 3A) e a umidade relativa variou de 65 a 84 % (FIGURA 3B). Observou-se que o maior número de botões e flores coincide com o aumento da precipitação (FIGURA 3C) e decréscimo da insolação (FIGURA 3D). Nerd *et al.* (2002) e Jaya (2010) relataram que a faixa ótima de temperatura para o florescimento da pitaia foi de 30 a 32°C e a umidade relativa estava entre 60 e 80%, no presente trabalho a temperatura mais favorável ficou em torno de 28°C.

No segundo ciclo da cultura, 100% das plantas floresceram e frutificaram. A produção de frutos ocorreu em de agosto a abril. O maior número de botões florais e florescimento ocorreu no mês de dezembro (FIGURA 4). O pico de maior floração ocorreu com temperaturas em torno de 28°C (FIGURA 4A) e com as taxas de umidade relativa de 76% (FIGURA 4B), que foram ocasionadas pela precipitação (FIGURA 4C), que com o acúmulo de nuvens reduz a insolação (FIGURA 4D). Fonseca *et al.* (2008), estudando *Melocactus*, cultura também pertencente à família das cactáceas, afirmaram que a frutificação em períodos chuvosos pode ser favorável à dispersão e à germinação de sementes da espécie, que segundo Lima (2018), retrata ser uma possível estratégia reprodutiva empregada pela cultura da pitaia.

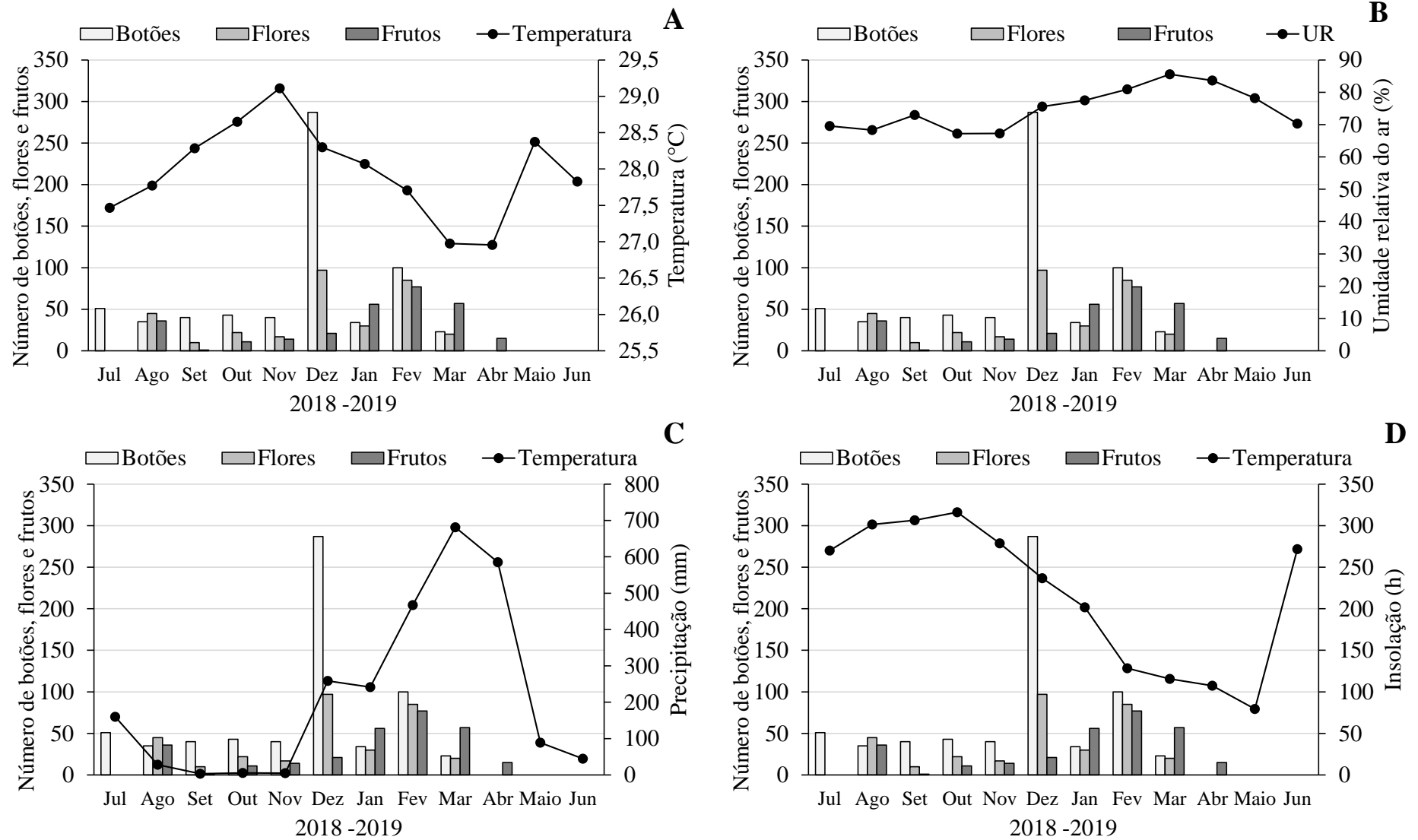


Figura 4. Número de botões, flores e frutos em relação a temperatura (A), umidade relativa do ar (B), precipitação (C) e insolação (D) do ciclo 2018-2019 de pitaya em Fortaleza, Ce. *A unidade de insolação é definida em horas de sol, sem a presença de nuvens.

Isso mostra que existe forte influência dos fatores climáticos sobre a fenologia na cultura da pitáia e, também, foram verificados em outras culturas tais como: maçã (OLIVEIRA *et al.*, 2013), araticum (MELO *et al.*, 2015) pera (OLIVEIRA *et al.*, 2017) e ameixa (LOPES *et al.*, 2018). Após o decréscimo acentuado da precipitação, a pitáia entrou em repouso pelo período de um a dois meses (FIGURA 4), e novamente as plantas se prepararam para um novo ciclo que será iniciado com maiores temperaturas e insolação (FIGURA 4A e 4D).

Nos meses de agosto a novembro foram verificadas maiores insolações (280 a 320 h) e menor umidade relativa (68%), como o experimento possuía sistema de irrigação, as plantas continuaram a produzir, embora a produtividade tenha sido 80% inferior aos meses de dezembro a abril (FIGURA 4). Esses resultados corroboram os estudos de Oliveira (2019), Lima (2018), Muniz (2017) e Silva *et al.* (2015), que tiveram maior produção de botão floral e flores com o início da estação chuvosa. O florescimento é uma resposta a estímulos ambientais como temperatura e presença de água (TAIZ *et al.*, 2017).

Vale ressaltar que no segundo ciclo a precipitação foi quase o dobro (2.525 mm), quando comparada com o ciclo 1 (1.396 mm). No mês de fevereiro houve um pico de quase 700 mm, esse incremento possivelmente favoreceu o aumento de pegamento de flor/fruto do ciclo 1 ao ciclo 2 (55,55%).

Adicionalmente, Marques *et al.* (2011), estudando a fenologia da pitáia no município de Lavras-MG, observaram que o maior número de flores surgiu nos meses de menor insolação, o que pode ser atribuído às características próprias da espécie, que é adaptada ao clima típico de floresta, entretanto, levando-se em consideração o aspecto produtivo, a planta se comporta melhor em dias longos. Kishore (2016) e Jiang *et al.* (2012) afirmam que a pitáia é uma cultura responsiva ao fotoperíodo, sendo a floração induzida por dias longos.

Quanto ao pegamento, (TABELA 19) no ciclo 1, o índice de pegamento de botão à flor foi de 63,6% no período seco e de 70,4% no período úmido (estação chuvosa), o que corresponde a um aumento de 10,7% no período úmido em relação ao período seco. A relação flor/fruto foi de 71,4% no período seco e 88,6% no período das chuvas, resultando em aumento de 24% de um período para o outro. Isso demonstra que, embora o experimento tenha sido irrigado, a presença da chuva proporcionou condições que favoreceram o pegamento tanto de botão à flor como de flor à fruto. No período chuvoso a presença de nuvens ou condições de sombreamento permite que a planta utilize o mecanismo CAM cíclico (SILVEIRA *et al.*, 2010; HAMACHI, 2013; COSTA *et al.*, 2014), fazendo com que a planta capte CO₂ durante o dia, armazenando mais energia para a produção de flores e frutos do que

para manter o equilíbrio térmico.

Tabela 19 - Índice de pegamento de flores (botões/flores) e frutos (flores/frutos) por planta nos períodos seco e úmido dos ciclos avaliados em Fortaleza, CE.

Índice de pegamento	Ciclo 1 (2017-2018)		Ciclo 2 (2018-2019)	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido
Flor	63,63%	70,44%	45,56%	51,44%
Fruto	71,42%	88,6%	62,33%	86%

Um fator que pode ter influenciado a redução do pegamento da flor no período seco é a diminuição da população de insetos polinizadores na área nesse período, principalmente as abelhas, sendo a *Apis mellífera* a principal polinizadora da cultura da pitaita na região (MUNIZ *et al.*, 2019). Esse fato também é reportado por Guedes *et al.* (2011) na cultura da acerola, com abelhas da tribo Centridini.

Nos estudos realizados por Lima (2018) com a espécie *Hylocereus* sp. observou-se índice de pegamento de flor/fruto de aproximadamente 30%, valores abaixo do encontrado no presente trabalho. Osuna-Enciso *et al.* (2016) relataram pegamento de aproximadamente 60%, valores semelhantes aos do período seco no presente estudo. Já Marques (2010) obteve valores de pegamento de aproximadamente 94% e 68%, no primeiro e no segundo ano de produção, resultados estes bem semelhantes aos do período úmido do presente trabalho.

No ciclo 2, o índice de pegamento de flores e frutos foi maior na estação chuvosa com aumentos de 12,9% e 37,97% respectivamente, com relação ao período seco (TABELA 19). Hatfield e Prueger (2015) afirmam que a temperatura é um fator essencial, pois afeta diretamente a taxa de desenvolvimento da planta. Qualquer alteração na temperatura e na umidade relativa afetam a indução do botão (KISHORE, 2016), como pode ser observado na Figura 4 A, que a partir de novembro houve aumento da umidade, precipitação e redução da insolação e temperatura, o que coincide com aumento da floração e frutificação.

Esse estresse por temperatura resulta em baixa produção, que pode estar relacionada com atraso no desenvolvimento dos óvulos e anomalias no pólen, influenciados, sobretudo, por altas temperaturas durante o período de pré-floração e floração das plantas (NAVA, 2007). Normalmente, plantas bem supridas nutricionalmente, que possuem substâncias de reserva, possuem brotos de melhor qualidade que poderão resistir melhor as variações climáticas (NACHIGAL; ROBERTO, 2007).

Esse fato é confirmado na Tabela 20, que expressa correlação positiva entre a

frutificação e a umidade relativa (0,9566^{**}) e a precipitação (0,4771^{*}), indicando correlação muito forte e fraca, respectivamente. Também houve correlação positiva entre temperatura e número de botão floral, flor e frutos, 0,804^{**}, 0,7907^{**} e 0,8745^{**}, respectivamente, o que indica correlação forte e correlação negativa moderada (-0,5098^{*}) entre insolação e frutificação. Correlações semelhantes foram observadas nos estudos de Marques *et al.* (2011), em que a temperatura e insolação apresentaram correlação positiva e negativa, respectivamente, com a quantidade de flores e frutos.

Tabela 20. Coeficientes de correlação simples (r) entre os fatores climáticos e fases de pitaia em Fortaleza, CE.

VA\VA	BOTÃO	FLOR	FRUT	TEMP	UR	PREC	INSOL
BOTÃO	-	0,9799 ^{**}	0,4934 [*]	0,804 ^{**}	0,2908 ^{ns}	0,0896 ^{ns}	-0,1052 ^{ns}
FLOR	-	-	0,4677 [*]	0,7907 ^{**}	0,2638 ^{ns}	0,1451 ^{ns}	-0,1354 ^{ns}
FRUT	-	-	-	0,8745 ^{**}	0,9566 ^{**}	0,4771 [*]	-0,5098 [*]
TEMP	-	-	-	-	0,7695 ^{**}	0,3843 ^{ns}	-0,3528 ^{ns}
UR	-	-	-	-	-	0,5161 [*]	-0,5262 [*]
PREC	-	-	-	-	-	-	-0,8001 ^{**}
INSOL	-	-	-	-	-	-	-

Frut: frutificação; temp: temperatura; ur: umidade relativa; prec: precipitação; insol: insolação.

Devido aos fatores climáticos atuarem em conjunto, muitas vezes a verificação individual da sua influência sobre os parâmetros fenológicos torna-se difícil (BUSTAMANTE; BÚRQUEZ, 2008), outro ponto dificultador são os trabalhos realizados em campo, já que os fatores bióticos e abióticos interagem entre si e nem sempre os resultados são passíveis de interpretação.

Desse modo, a identificação dos estádios fenológicos contribui para melhor compreensão do desenvolvimento das plantas diante dos fatores ambientais e também é considerada chave para a caracterização de germoplasma e programa de melhoramento de culturas. As informações básicas sobre os estádios fenológicos são vitais para avaliar o impacto das variáveis climáticas no crescimento vegetativo, desenvolvimento de frutos e maturação dos frutos, uma vez que a fenologia tem sido considerada um indicador-chave da mudança climática (ZHAO *et al.*, 2013).

4.4 Conclusões

De acordo com as fases fenológicas da pitiaia (*Hylocereus* sp.), estudadas nas condições climáticas de Fortaleza, CE pode-se concluir que:

O período de maturação fisiológica do fruto compreende o intervalo de 43 a 56 dias após o aparecimento do botão floral;

O maior índice de pegamento botão/flor e flor/fruto ocorre no período úmido;

Os maiores picos de florescimento e frutificação ocorre nos meses de janeiro a abril;

Nos ciclos 1 e 2 a pitiaia apresenta 11 e 9 picos de produção, respectivamente.

A temperatura em torno de 28°C apresenta correlação positiva com a produção de botões florais, flores e frutos;

A umidade relativa e a precipitação apresentam correlação positiva com a produção de frutos;

A insolação tem correlação negativa com a produção de frutos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da densidade de plantio no cultivo de pitiaia vermelha afeta diretamente a produtividade, tendo em vista que a densidade de plantio com 4 plantas/cova resultou em melhor produtividade nos dois anos de produção.

A densidade de plantio não influenciou negativamente as variáveis morfológicas e físico-químicas dos frutos de pitiaia vermelha, estes resultados estão dentro do padrão esperado na literatura.

O maior índice de pegamento botão/flor e flor/fruto ocorre no período úmido, o que resultou também em maior produtividade nesses meses.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. C.; LOPES, C. D. O.; PINTO, K. M.; OLIVEIRA, L. A.; CARVALHO, G. B. M. D.; BARCELO, M. D. F. P. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, out./dez. 2012.
- ALMEIDA, A. S.; SANTOS, A. F. Flavonoides do gênero *Annona*. **Diversitas Journal**. Santana do Ipanema, v. 3, n. 2, p. 475-485, ago. 2018.
- ALMEIDA, E. I. B. **Sombreamento na ecofisiologia, produção e propágulos de pitaias vermelha**. 2015. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CAJAZEIRA, J. P.; QUEIROZ, R. F.; BARROSO, M. M. A.; MARQUES, V. B. Cultivo de *Hylocereus* sp. com enfoque na propagação vegetativa, sombreamento e adubação mineral. **Revista Agroambiente**. On-line, v.10, n.1, p.65-76, jan/mar. 2016.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, dez. 2014.
- ALMEIDA, E. I. B.; QUEIROZ, R. F.; CAJAZEIRA, J. P.; OLIVEIRA, I. M. S.; CORRÊA, M. C. M. Shading of stock plants and the use of auxin in red pitaya cuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 5, p. 2977-2988, out. 2016.
- ALVES, A. C. C.; MONTEIRO, L. B.; POMPEU, D. R. Otimização da extração sólido-líquido de compostos fenólicos totais e betalaínas da casca de frutos de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 2556-2577, jan./jun. 2018.
- AMERI, A.; NASSIRI, M.; REZVANI, P. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). **Iranian Journal Field Crops Research**, v. 5, p. 315-325, 2007.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; ARAÚJO NETO, S. E.; RUFINI, J. C. M.; RAMOS, J. D. Produção de maracujazeiro-amarelo sob diferentes densidades de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.12, p.1.381-1.386, dez. 2003.
- ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, M. T. H. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya-vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.183-186, abr. 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Editora Gazeta**, 2018. 136 p.
- ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; LOI, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 561-564, mai. 2009.

ARISMENDI, L. G. **Efeito de métodos de produção de mudas e população no rendimento de repolho (*Brassica oleracea* var., *capitata*)**. 1975. 50p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1975.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. Fundamentos de tecnologia de alimentos. **Atheneu**, São Paulo, v.3, cap. 2, p. 13-25, 1998.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. P.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da Pitaya-'vermelha' por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1106-1109, nov/dez. 2006.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S.T. Propagação de pitaia vermelha por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 1106-1109, nov./dez. 2006.

BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; BARROS, G. L. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, p. 335-343, abr/jun. 2014.

BIONDI, D.; LEAL, L.; BATISTA, A. Fenologia do florescimento e frutificação de espécies nativas dos Campos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v.29, n.3, p.269-276, dez. 2007.

BORRAZ, J. C.; CASTILLO, E. S.; ROBLES, P. E. Efectos dei despunte y la densidad de poblacion sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Miii), en hidroponia bajo invernadero. **Revista Chapingo**, México, v.15, n.73/74, p.26-30, 1991.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 26 p. 211-234, 1964.

BROCKINGTON, S. F.; WALKER, R. H.; GLOVER, B. J.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. Complex pigment evolution in the Caryophyllales. **New Phytologist**, London, v. 190, n. 4, p. 854-864, jun, 2011.

BUSTAMANTE, E.; BÚRQUEZ, A. Effects of plant size and weather on the flowering phenology of the organ pipe cactus (*Stenocereus thurberi*). **Annals of Botany**, London, v. 102, n. 6, p. 1019-1030, 2008.

CAJAZEIRAS, J. P. **Crescimento e ecofisiologia de pitaias cultivadas em vasos submetidas a diferentes doses de K e Ca**. 2016. 142p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; DALASTRA, I. M.; CHAGAS, E. A.; GUIMARÃES, V. F.; DALASTRA, G. M. Sistema despunte na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.25-29, fev. 2010.

CANTO, A. R.; ALBARADO, J. C. G.; SANTAROSA, M. G. G.; RAMOS, C. J.; GARCÍA, M. C. M.; HERNÁNDEZ, L. J. P.; LAZO, V. R.; MEDINA, L. R.; RODRÍGUEZ, R. R.;

- TORRES, E. T. GARCÍA, S. V.; ELOÍSA, E.Z. *El cultivo de pitahya en Yucatan*. Universidad Autonoma Chapingo; Gobierno del Estado de Yucatan, Maxcanú, 14p. 1993.
- CASTILLO M. R.; DIOS H. C.; CANTO A. R. **Guía técnica para el cultivo de pitahaya**. 1996.
- CASTILLO, M. R.; ORTIZ, Y. D. Floración y fructificación de pitajaya en Zaachila, Oaxaca. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v.17, p.12-19, 1994.
- CAVALCANTE, Í. H. L. **Pitaya: propagação e crescimento de plantas**. 2008. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP, 2008.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; MARTINS, A. B. G.; SILVA JÚNIOR, G. B.; ROCHA, L. F.; FALCÃO NETO, R.; CAVALCANTE, L. F. Adubação orgânica e intensidade luminosa no crescimento e desenvolvimento inicial da pitaia em Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 970-982, 2011.
- CAVALCANTI, M. I. L. **Efeito da densidade de plantio em mangueiras ‘tommy atkins’ na microrregião de Teresina**. Dissertação (mestrado em agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2009.
- CAVICHIOLO, J. C.; KASAI, F. S.; NASSER, M. D. Produtividade e características físicas de frutos de *Passiflora edulis* enxertado sobre *Passiflora gibertii* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 1, p. 243-247, mar. 2014.
- CHEOK, C. Y.; ADZAHAN, N. M.; RAHMAN, R. A.; ABEDIN, N. H. Z.; HUSSAIN, N.; SULAIMAN, R.; CHONG, G. H. Current Trends of Tropical Fruit Waste Utilization. **Critical reviews in food science and nutrition**, (*just-accepted*), 00-00, n. just-accepted, p. 00-00, 2016.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CHOAIRY, S. A.; FERNANDES, P. D. Densidades de plantio na cultura do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 9, p. 985-988, set. 1983.
- COHEN, S. D.; KENNEDY, J. A. Plant metabolism and the environment: implications for managing phenolics. **Critical reviews in food science and nutrition**, Corvallis, v. 50, n. 7, p. 620-643, Aug. 2010.
- CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M. D.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. D. Physical, chemical and nutritional characterization of pink pitaya of red pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, mar. 2015.
- CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M.; MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; COSTA, A. C.; NASSUR, R. C. M. M.; RUFINI, J. C. M. Características físicas e físico-químicas de pitaia vermelha durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 631-644, mar./abr. 2015.

CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 23-38, mar. 2014.

CORREDOR, D. Pitahaya (*Hylocereus megalanthus* [K. Schum. ex Vaupel] Ralf Bauer). pp. 802-824. In: Fischer, G. (ed.). **Manual para el cultivo de frutales en el trópico**. Produmedios, Bogotá, 2012.

COSTA, A. C.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. DOS R.; MENEZES, T. P.; MOREIRA, R. A.; DUARTE, M. H. Adubação orgânica e *Lithothamnium* no cultivo da pitaia vermelha. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 77-88, jan./fev. 2015.

COSTA, A. C.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; DUARTE, M. H. Floração e frutificação em diferentes tipos de cladódios de pitaia-vermelha em Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 279-284, mar. 2014.

CREMASCO, J. P. G.; MATIAS, R. G. P.; SILVA, D. F. P.; OLIVEIRA, J. A. A.; BRUCKNER, C. H. Qualidade pós-colheita de oito variedades de pêssego. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 3, ago./out. 2016.

CRISTOFOLI, N. L.; LIMA, C. A. R.; MOTA, A. M.; PEIXOTO, N. M.; LIMA, J. S. S.; SILVA, F. M. R.; VASCONCELOS, L. B. de T.; FIGUEIREDO, R. W. Pitaia (*H. costaricensis*): um fruto com características atrativas para a indústria de processamento. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, COBEQ, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBEQ, 2014. p. 2974-2979.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Cultivo do milho**. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 6. ed., set. 2010.

CUSHMAN, J. C. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. **Plant Physiology**, [S.l.], v.127, n.4, p.1439-1448, dez. 2001.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p.7313-7352, Oct. 2010.

DALASTRA, I. M.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, M. A.; DALASTRA, G. M.; CHAGAS, E. A.; GUIMARÃES, V. F. Épocas de poda na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos' em sistema orgânico na região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.447-453, jun. 2009.

DE DIOS, C. H.; R. CASTILLO M. A.; RODRÍGUEZ C., Y R. CASTAÑEDA C. 2005. **El cultivo de la pitahaya en el trópico**. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. 110 p.

DERETTI, A. R.; DEMARCH, M. B. M.; GESSER, K. **A caracterização do comércio exterior brasileiro de frutas e a exportação de suco de laranja.**, Caderno Científico - Ceciesa/Gestão, Itajaí, v.1, n.1, p.143-152, 2015.

DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, set. 2009.

DUARTE, M. H. **Armazenamento e qualidade de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose] submetida à adubação orgânica**. 2013. 118p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

ECHEVERRI, A. C. El cultivo de la pitaya. **Instituto de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente**, Bogotá, Colombia. 1990. 19 p.

ECKER, S. L.; GIACOBBO, C. L.; GALON, L.; LUGARESI, A. GIRARDI, G. C. Qualidade e produtividade de frutos de figo cultivado em três densidades de plantio. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 14, n.4, out./dez. 2018.

ESQUIVEL, P.; A QUESADA, Y. A. Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valência, v.3, n.1, p.113-129, jun. 2012.

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Phenolic compound profiles and their. **Zeitschrift für Naturforschung**, Tübingen, v.62, n.9-10, 636–644, fev. 2007.

ESTELLENA, N. T. **Dragon fruit production guide. Pinoy bisnes ideas: money making business ideas for entrepreneurs**. Disponível em:<<http://www.pinoybisnes.com/agribusiness/dragon-fruit-production>>. Acesso em 22 de abril de 2018.

FERNANDES, L. M. S.; VIEITES, R. L.; LIMA, G. P. P.; BRAGA, C. L.; AMARAL, J. L.; Caracterização do fruto de pitaia orgânica. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 16, n.1, p. 167-178, 2017.

FIGUEIREDO, F. R. A.; HAFLE, O. M.; RODRIGUES, M. H. B. S.; JÚNIOR, E. B. P.; DELFINO, F. I. Produtividade e qualidade dos frutos do maracujazeiro-amarelo sob diferentes formas de condução das plantas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.11, n.4, p.23-32, jan. 2015.

FIGUEROA, R.; TAMAYO, J.; GONZÁLEZ, S.; MORENO, G.; VARGAS, L. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 12, n. 1, p. 44-50, jun. 2011.

FONSECA, R. B. S.; FUNCH, L. S.; BORBA, E. L. Reproductive phenology of *Melocactus* (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 237-244, abr./jun. 2008.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). Anthocyanins as food colors. New York: **Academic Press**, p.181-207, 1982.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; JOAQUÍN-CRUZ, E. Physical, chemical, and antioxidant activity characterization of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruits. **Plant foods for human nutrition**, Irapuato, v. 68, n. 4, p. 403-410, oct. 2013.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; LUNA-MORALES, D. C. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 69-76, Jan. 2016.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, W. S. Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.l.], v. 64, n. 2, p.645-649, Dec. 2015.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, W. The effect of pH treatment and refrigerated storage on natural colourant preparations (betacyanins) from red pitahaya and their potential applicatiodykn in yoghurt. **LWT-Food Science and Technology**, [S.l.], v. 80, p.437-445, July 2017.

GOLDSTEIN, G.; ANDRADE, J. L.; NOBEL, P. S. Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and the parenchyma of *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 18, p. 95–107, 1991.

GOMES, G. R. Família cactaceae: Breve revisão sobre sua descrição e importância. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, 2. ed., set. 2014.

GONÇALVES, L. C. P.; MARCATO, A. C.; RODRIGUES, A. C. B.; PAGANO, A. P. E.; FREITAS, B. C.; MACHADO, C. O.; NAKASHIMA, K. K.; ESTEVES, L. C.; LOPES, N. B.; BASTOS, E. L. Betalaínas: das Cores das Beterrabas à Fluorescência das Flores. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 7, n. 1, p.292-309, jan./fev. 2015.

GUEDES, R. S. ZANELLA, F. C. V. MARTINS, C. F.; SCHLINDWEIN, C. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 465-471, jun. 2011.

GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. **Dragon Fruit. *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose**. In: PUSHPAKUMARA D. K. N. G.; GUNASENA, H. P. M.; SINGH, V. P. (eds). Underutilized fruit trees in Sri Lanka. World Agroforestry Centre, South Asia Office, New Delhi, India. p: 111-141, 2007.

GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; MORALES-MONTELONGO, A. L.; MONDRAGÓN-JACOBO, C.; HERRERA-HERNÁNDEZ, G.; GUEVARA-LARA, F.; REYNOSO-CAMACHO, R. Physicochemical, nutritional, and functional characterization of fruits xoconostle (*Opuntia matudae*) pears from Central-México Region. **Journal of Food Science**, Mexico, v. 75, n. 6, p. 485-492, mar. 2010.

HA, D.; TRAN, C. R. Y. Morphological Characteristics and Pollination Requirement in Red Pitaya (*Hylocereus* spp.). **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 202-206, mar. 2014.

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; RUFINI, J. C.; SANTOS, V. M. Rendimento do pomar de maracujazeiro-amarelo após diferentes manejos de podas de

renovação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n. 2, p.280-285, mar./jun. 2012.

HAMACHI, L. **Competência para a expressão da fotossíntese CAM em plantas de *Guzmania monostachia* (Bromeliaceae) em diferentes fases ontogenéticas**. 2013. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and climate extremes**, v. 10, p. 4-10, aug. 2015.

HEINE, A. J. M.; MORAES, M. O. B.; PORTO, J. S.; SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; SANTOS, B. S. R. Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate. **Scientia Plena**, Aracajú, v. 11, n. 9, p.1-7, set. 2015.

HEUVELINK, E. Influence of sink - source interaction on dry matter production in tomato. **Annals of Botany** 75, p.381-389, 1995.

HUNT, D., TAYLOR, N.; CHARLES, G. **The New Cactus Lexicon**. dh Books, Milborne Port, UK., 2006.

IBGE. **Fruticultura: produção brasileira de frutas subiu 19% em oito anos**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 março 2019.

IBGE. **Instituto Brasileira de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 19 julho 2018.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Estatística e Geografia. Lista mantida pelo IPECE. Online. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/>. Acesso em: 15 fev. 2017.

JAYA, I, K. D. Morphology and physiology of pitaya and it future prospects in Indonesia. **Crop Agro Jurnal Ilmiah Budidaya, Indonésia**, v. 31, n. 1, p. 44-50, jan. 2010.

JERÔNIMO, M. C. **Caracterização química, físico-química, atividade antioxidante e avaliação dos efeitos citotóxicos da pitáia-vermelha [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose] cultivada no brasil**. 2016. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

JIANG, Y. L.; LIAO, Y. Y.; LIN, T. S.; LEE, C. L.; YEN, C. R.; YANG, W. J. The photoperiod-regulated bud formation of red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Hortscience**, Alexandria, v. 47, n. 8, p.1063-1067, aug. 2012.

KHALILI, R. M. A.; NORHAYATI, A. H.; ROKIAH, M. Y.; ASMAH, R.; NASIR, M. M.; MUSKINAH, M. S. Proximate composition and selected mineral determination in organically grown red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 269-275, 2006.

KIM, H.; CHOI, H. K.; MOON, J. Y.; KIM, Y. S.; MOSADDIK, A.; CHO, S. K. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their

correlation with flavonoid and polyphenol content. **Journal of food science**, Raleigh, v. 76, n. 1, p. 38-45, Nov. 2011.

KISHORE, K. Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 213, p. 294-302, nov. 2016.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002.

KLUGE, R. A. **Fotossíntese**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, Vol. 45, n. 4, p. 1390–1393, Apr. 1997.

LE BELLEC, F.; VILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaia (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, France, v. 61, n. 4, p. 237 - 250. jul. 2006.

LEONG, H. Y.; OOI, C. W.; LAW, C. L.; JULKIFLE, A. L.; LING, T. C.; SHOW, P. L. Application of liquid biphasic flotation for betacyanins extraction from peel and flesh of *Hylocereus polyrhizus* and antioxidant activity evaluation. **Separation And Purification Technology**, Amsterdam, v. 201, p.156-166, Aug. 2018.

LEONG, H. Y.; SHOW, P. L.; LIM, M. H.; OOI, C. W.; LING, T. C. Natural red pigments from plants and their health benefits: a review. **Food Reviews International**, United States, v. 34, n. 5, p. 463-482, 2017.

LESSA, F. O. **Caracterização e avaliação sensorial de frutos de pitaya (*Hylocereus* spp.)**. 2019. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

LICHTENZVEIG, J.; ABBO, S.; NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Cytology and mating Systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 7, p. 1058-1065, jul. 2000.

LIM, S. D.; YUSOF, Y. A.; CHIN, N. L.; TALIB, R. A.; ENDAN, J.; AZZIZ, M. G. Effect of extraction parameters on the yield of betacyanins from pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) pulps. **Journal of Food Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 9, n. 2, p.158-162, Jan. 2011.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G. Avaliação de características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaya. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 377, mai/jun. 2014.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p.565-570, jun. 2013.

LIMA, D. C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes das pitaias vermelha e saborosa**. 2018. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. M.; SILVA-MATOS, R. R. S. Growing Reubennel plum tree under semiarid conditions in Northeastern Brazil. **Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary**, Polônia, v. 5, p. 65-73, apr. 2018.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 486p.

MARO, L. A. C.; PIO, R.; SILVA, T. C.; PATTO, L. S. Ciclo de produção de cultivares de framboesiras (*Rubus idaeus*) submetidas à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, p.435-441, jun. 2012.

MARQUES, V. B. **Germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitaiá [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]**. 2010. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; CRUZ, M. C. M. Porções de cladódios e substratos na produção de mudas de pitaiá vermelha, **Revista Agrarian**, Dourados, v.5, n.17, p.193-197, set. 2012.

MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, F. O. R. Fenologia reprodutiva de pitaiá vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-987, jun. 2011.

MARQUES, V. B.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MOREIRA, R. A. Custo de produção e rentabilidade na cultura da pitaiá sob o efeito de adubação orgânica. **Científica**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, p. 138-149, jun. 2012.

MARTÍNEZ-CHÁVEZ, R. **Relaciones entre genotipo, productividad y calidad de fruto en pitahaya (*Hylocereus spp.*)**. 2011. Dissertação - Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 2011.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, jul. 2010.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Hortscience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p.1254-1255, dec. 1992.

MELO JÚNIOR, H. B.; ALVES, P. R. B.; MELO, B.; DUARTE, I. N.; TEIXEIRA, L. M. Produção do maracujazeiro amarelo sob diferentes sistemas de condução. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; nov. 2012.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; LEITE, A. F.; SOUZA, E. R. B.; NAVES, R. V. Fenologia reprodutiva do araticesum e suas implicações no potencial produtivo. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 4, p. 495-500, set. 2015.

MENCARELLI, F.; BELLINCONTRO, A.; NICOLETTI, I.; CIRILLI, M.; MULEO, R.; CORRADINI, D. Chemical and biochemical change of healthy phenolic fractions in winegrape by means of postharvest dehydration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n.13, p.7557-7564, jun. 2010.

MENDONZA, J. F. B. Efeitos de poda e população de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). In: MULLER, J. J. V. e CASALI, V. W. D. (ed). **Seminários de Olericultura**. Viçosa: UFV. v. 4, p. 122-40, 1982.

MENEZES, P. T.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; COSTA, A. C.; NASSUR, R. C. M. R.; RUFINI, J. C. M. Características físicas e físico-químicas de pitaya vermelha durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 631-643, abr. 2015.

MERCADO-SILVA, E. Pitaya - *Hylocereus undatus* (Haw). In: **Exotic Fruits**. Academic Press, p. 339-349, 2018.

MERTEN, S. A review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Davis, v.5, n.1, p. 98-105, 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crop. In: JANIC, J. (Ed.). **Horticultural Reviews**. New York, v.18, n.2, p. 321-346, 1997.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; SITRIT, Y. New fruits for arids climates. In: **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS, 2002. p. 378-384.

MIZRAHI, Y.; RAVEH, E.; YOSSOV, E.; NERD, A.; BEN-ASHER, J. New fruit crops with high water use efficiency. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (eds). **Issues in new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria, VA., p. 378-384, 2007.

MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas - the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 124-138, mar. 2014.

MONDIN, M. **Influência de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas, na produção de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1988. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1988.

MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; SANTOS, A. M.; FERNANDES, D. R.; OLIVEIRA, J. Rentabilidade do maracujazeiro-amarelo com aumento da densidade de cultivo. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2019.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D. ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V.B. Produção e qualidade de frutos de pitaya vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, E. 762-766, Out. 2011.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B.; MELO, P. C. Produtividade e teores de nutrientes em cladódios de pitaya vermelha utilizando-se adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** -, Fortaleza, v. 7, n., p. 714-719, dez. 2012.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; ARAÚJO, N. A.; MELO, P. C. Crescimento de pitaya vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 785-788, mai, 2011.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; ARAÚJO, N. A.; MELO, P. C.

Crescimento de pitáia vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.5, p.785-788, mai. 2011.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; SILVA, F. O. R. **Cultivo da pitáia: REMOA**, v.13, n.4, p.3299-3305, set./dez. 2014.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MARQUE, V. B. Cultivo da pitáia: implantação. **Boletim Técnico**, Lavras, n.º 92, p. 1-16, 2012.

MUNIZ, J. P. O. **Abelhas e a polinização da pitaya (*Hylocereus* spp.): implicações no vingamento, características físicas e físico-químicas do fruto**. 2017, 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MUNIZ, J. P. O.; BOMFIM, I. G. A.; CORRÊA, M. C. M.; FREITAS, B. M. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, out-dez, 2019.

NACHIGAL, J. C.; ROBERTO, S. R. Poda e quebra de dormência. In: HOFFMANN, A. **Sistema de produção de uva de mesa no norte do Paraná**. Curitiba: Embrapa, 2007.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 856-860, ago. 2014.

NASCIMENTO, W. M. O.; TOMÉ, A. T.; OLIVEIRA, M. S. P.; MULLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. Seleção de progênies de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) quanto à qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 186-188, abr. 2003.

NAVA, G. A. **Desenvolvimento floral e frutificação de pessegueiros [*Prunus persica* (L.) Batsch] cv. Granada, submetidos a distintas condições térmicas durante o período de pré-floração e floração**. 2007, 175 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

NERD, A., MIZRAHI, Y. Fruit development and ripening in yellow pitaya. **Journal of the American Society for horticultural Science**, n. 123, v. 4, p. 560-562, 1998.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. In: JANIC, J. (Ed.). **Horticultural Reviews**. New York: [s.l.], v.18, n.2, p. 321-346, 1997.

NERD, A.; SITRIT, Y.; KAUSHIK, R. A.; MISRAHI, Y. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 96, p. 343-350, may. 2002.

NERD, A.; SITRIT, Y.; KAUSHIK, R. A.; MIZRAHI, Y. High Summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.96, n.1-4, p.323-350, dez. 2002.

NIE, Q.; GAO, G. L.; FAN, Q. J.; QIAO, G.; WEN, X. P.; LIU, T.; PENG, Z. J.; CAI, Y. Q. Isolation and characterization of a catalase gene HuCAT3 from pitaya (*Hylocereus undatus*) and its expression under abiotic stress. **Gene**, [S.l.], v. 563, n. 1, p. 63-71, may. 2015.

NOBEL, P. S.; BARRERA, E. D. Stem water relations and net CO₂ uptake for a hemiepiphytic cactus during short-term drought. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 129-137, set. 2002.

NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; MELO SILVA, S.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 90-98, mar. 2014.

OIRSA - Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. **Manual técnico buenas prácticas de cultivo en pitahaya**. Nicaragua, 2000. 54p.

OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C.; SILVA, R. R. S.; CAVALCANTE, Í. H. L. Fenologia da macieira cv. 'Condessa' no Vale do São Francisco. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 23-30, mar. 2013.

OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C.; SILVA-MATOS, R. R. S. Avaliação fenológica da pereira 'triumfo' cultivada em clima semiárido no nordeste do Brasil na safra de 2012. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 261-266, mar. 2015.

OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C.; SILVA-MATOS, R. R. S. Phenological characterization of pear trees (*Pyrus communis* L.) 'Princesinha' under semiarid conditions in the northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, p. e-598, july/aug. 2017.

OLIVEIRA, M. C.; RAMOS, J. D.; PIO, R.; CARDOSO, M. G. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, 30-35, jan. 2012.

OLIVEIRA, M. M. T. **Sombreamento na fisiologia, produção e qualidade e efeito da temperatura nos aspectos moleculares da pitaia**. 2019. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

OMIDIZADEH, A.; YUSOF, R. M.; ROOHINEJAD, S.; ISMAIL, A.; BAKAR, M. Z. A.; BEKHIT, A. E. D. A. Anti-diabetic activity of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit. **RSc Advances**, v. 4, n. 108, p. 62978-62986, 2014.

ORTEGA, F. B. G.; OLIVEIRA, G. B. G.; **Espécies Vegetais Exóticas no Brasil: impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pelo uso indiscriminado**, IFSP : Campus São Roque, 2011.

ORTIZ, T. A., TAKAHASHI, L. S. A. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. **Genetics and Molecular Research**, Londrina, n.14, v.4, 14422–14439, nov. 2015.

ORTIZ-HERNANDEZ, Y. D. **Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus* sp.)**. Oaxaca: Ed. IPN-CONACYT-SIBEJ-FMCN, 2000. 124p.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 4, p. 220-237, nov. 2012.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. J. Pitahaya: Um Nuevo Cultivo para México. **Colección de Textos Politécnicos**. Serie Biotecnologías, Limusa/Noriega Editores, México, 1999. 111p.

OSUNA-ENCISO, T.; VALDEZ-TORRES, J. B.; SAÑUDO-BARAJAS, J. A.; MUY-RANGEL, M. D. M.; HERNÁNDEZ-VERDUGO, S. H.; VILLARREAL-ROMERO, M. V.; OSUNA-RODRÍGUEZ, J. M. O. Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) En el valle de culiacán, Sinaloa, México. **Agrociencia**, Texcoco, v. 50, n. 3, p. 61-78, jan/fev. 2016.

OSUNA-ENCISO, T.; ZAZUETA, M. E. I.; RANGEL, M. D. M.; TORRES, J. B.V.; ROMERO, M. V.; VERDUGO, S. H. Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 34, n. 1, p. 63-72, enero/marzo 2011.

PACTO MATA ATLÂNTICA. **Espécies exóticas**. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/especies-exoticas.aspx?lang=>>>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2017.

PAPADOPOULOS, A. P.; PARARAJASINGHAM, S. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): a review. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 69, n. 1-2, p.1-29, mar. 1997.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ J. L. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber: effect of plant density and arrangement. **Acta Horticulturae**, [S.l.], n. 588, p.75-80, Oct. 2002.

PEREIRA, A. J; PASA, M. S. Desempenho produtivo de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji’ submetidas a diferentes densidades de plantio e porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.4, p.348- 356, 2016.

PEREZ-LOREDO, M. G.; LOURDES, H. J.; HUERTA, B. B. E. Extraction of red pitaya (*Stenocereus stellatus*) bioactive compounds applying microwave, ultrasound and enzymatic pretreatments. **AGROCIENCIA**, Texcoco, v. 51, n. 2, p. 135-151, mar. 2017.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de janeiro: EDUR, 1998.

PINTO, W. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. S.; JESUS, S. C.; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, set. 2003.

PIRES, M.M.; SÃO JOSÉ, A.R.; CONCEIÇÃO, A.O. **Maracujá**: avanços tecnológicos e sustentabilidade. Bahia: Editus, 2011. p.237.

POLICARPO, M.; TALLUTO, G.; BIANCO, R. L. Vegetative and productive responses of

‘Conference’ and ‘Williams’ pear trees planted at different in-row spacings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 109, n.4, p. 322-331, 2006.

PONTES FILHO, F. S.T.; ALMEIDA, E. I. B.; BARROSO, M. M. A.; CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. M. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaiá. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p.788-793, dez. 2014.

PONTES FILHO, F. S.T.; ALMEIDA, E. I. B.; BARROSO, M. M. A.; CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. M. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaiá. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p.788-793, dez. 2014.

PROHORT - **Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro** (2018). Disponível em: <http://dw.prohort.conab.gov.br/pentaho/Prohort>. Acesso em: 14 fev. 2019.

PROHORT. **Programa Brasileiro de Modernização do Mercado de Hortigranjeiro**. Ministério da Agricultura. Dados 2018/2019. 2019. Disponível em: <<http://dw.ceasa.gov.br/>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

PROHORT. **Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro**. Disponível em: <http://dw.prohort.conab.gov.br/pentaho/Prohort>. Acesso em: 20 dez. 2016.

PUSHPAKUMARA, D.; DK. N. G.; GUNASENA, H. P. M.; KARYAWASAM, M. Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) Sri Lankan. **Journal of Agricultural Sciences**, Sri Lanka, v. 42, p. 81-91, 2005.

RAMLI, N. S.; RAHMAT, A. Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia. **International Food Research Journal**, Chicago, v. 21, n. 4, p. 1689-1697, 2014.

RESENDE, G. M.; BORGES, R. M.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 504-508, jul./set. 2013.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Características produtivas da melancia em diferentes espaçamentos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.695-698, out/dez. 2003.

RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., DE BRITO, E. S., DE MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMENEZ, J., e SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p.996-1002, aug. 2010.

SÁ, J. S.; CRUCIANI, D. E.; MINAMI, K. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.50-54, jan/mar. 2004.

SANTANA, F. M. de S. **Adubação nitrogenada e potássica no cultivo irrigado de pitaiá vermelha (*Hylocereus sp.*), sob condições tropicais**. 2019. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Agronomia/fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SANTOS, A. M. **Rentabilidade da produção em maracujazeiro-amarelo com aumento da densidade de plantio**. 2015. 49f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2015.

SANTOS, V. R.; ANDRADE, I. F.; SANTIAGO, L. J. M.; LOURO, R. P. Análise ultra estrutural e anatômica do cladódio de *Opuntia vulgaris* (cactaceae). In: 64º Congresso Nacional de Botânica, 2013, Belo Horizonte, **Anais[...]**. p.1.

SARMENTO, J. D. A. **Qualidade, compostos bioativos e conservação da pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro**. 2017. 146f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SATO, S. T. A.; RIBEIRO, S. D. C. A.; SATO, M. K.; SOUZA, J. N. S. Caracterização física e físico-química de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 1, n. 2, p. 46-56, jan. 2014.

SCHWARTZ, G.; WATRIN, O. S.; GOMES, J. I. Espécies arbóreas da sede da EMBRAPA Amazônia Oriental: Conservação *ex situ* e um novo espaço de educação Ambiental em Belém. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n.46, p.181-194, 2006.

SCHWARTZ, M. D. Introduction. In: SCHWARTZ, M. **Phenology: an integrative environmental science**. London: Springer, 2003. p.3-7.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cenários e projeções estratégicas**. 2018, 30p. (Boletim de Inteligência).

SEGANTINI, D. M.; TORRES, L. M.; BOLIANI, A. C.; LEONEL, S. Fenologia da figueira-da-índia em Selvíria-MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 630-636, jun. 2010.

SILVA, A. C. C. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 2014. 142 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

SILVA, A. C. C.; CAVALLARI, L. L.; SABIÃO, R. R.; MARTINS, A. B. G. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 585-590, abr. 2015.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 1162-1168, dez. 2011.

- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, Set. 2016.
- SILVA, J. B. C.; VIEIRA, J. V.; MACHADO C. M. M.; LIMA, G. B. Rendimento das cultivares de cenoura Alvorada e Nantes Forto cultivadas sob diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 1-5, 2003.
- SILVA, L. R., ALVES, R. E. Caracterização físico-química de frutos de mandacaru. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 7, n. 2, p.199-205, abr. 2009.
- SILVA, R. A. L.; SOARES, J. D. R.; DIAS, G. D. M. G.; PASQUAL, M.; CHAGAS, E. A.; GAVILANES, M. L. Cultivo de tamarindo sob malhas coloridas: plasticidade anatômica foliar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 238-244, fev. 2015.
- SILVERA, K.; NEUBIG, K. M.; WHITTEN, W. M.; WILLIAMS, N. H.; WINTER, K. CUSHMAN, J. C. Evolution along the crassulacean acid metabolism continuum. **Functional Plant Biology**, v.37, n.11, p. 995-1010, 2010.
- SINGH, G.; SINGH, A. K.; MISHRA, D. High Density Planting in Guava. **Acta Horticulturae**, v.735, p. 235-241, 2007.
- SONG, H. Z.; CHU, Q.; YAN, F. J.; YANG, Y. Y.; HAN, W.; ZHENG, X. D. Red pitaya betacyanins protects from diet-induced obesity, liver steatosis and insulin resistance in association with modulation of gut microbiota in mice. **Journal of Gastroenterology and Hepatology**. Austrália, v.31, p.1462–1469, dez. 2016a.
- SONG, H., ZHENG, Z., WU, J., LAI, J., CHU, Q., e ZHENG, X. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **Plos One**, San Francisco, v. 11, n. 2, p.1-14, Feb. 2016.
- SONG, H.; ZHENG, Z.; WU, J.; LAI, J.; CHU, Q.; ZHENG, X. D. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **Plos One**, San Francisco, v. 11, n. 2, p. 1-14, fev. 2016b.
- SOUSA, E. M. P. **Extração, estabilidade, reologia e higroscopicidade do corante de pitaia (*Hylocereus costaricensis*)**. 2015. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.
- SOUSA, E. M. P. **Extração, estabilidade, reologia e higroscopicidade do corante de pitaia (*Hylocereus costaricensis*)**. 2015. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia de recursos naturais) - Universidade Federal do Pará. 2015.
- SOUZA, T. C. DE; SANTOS, M. V. F. DOS; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. DE A.; SANTOS, D. C. DOS; CUNHA, M. V. DA, LIMA, L. E. DE; SILVA, R. R. DA. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.12, n.4, p.555-560, Dec. 2017.
- SQUIRE, G. R. **The physiology of tropical crop production**. Wallingford: CAB

International, 1990. 236 p.

STAFFORD, H. A. Anthocyanins and Betalains - Evolution of the Mutually Exclusive Pathways. **Plant Science**, Chicago, v. 91, n. 101, 1994.

STINTZING, F. C.; CONRAD, J.; KLAIBER, I.; BEIFUSS, U.; CARLE, R. Structural investigations on betacyanin pigments by LC NMR and 2DNMR spectroscopy. **Phytochemistry**, Toronto, v. 65, n. 4, p. 415-422, Feb. 2004.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; ANDRIOLO, J. L.; SANDRI, M. A. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.105-1112, jul. 1998.

SUH, D. H.; LEE, S.; HEO, D. Y.; KIM, Y.; CHO, S. K.; LEE, S.; LEE, C. H. Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.62, p.8764–8771, 2014.

SUN, J.; JIANG, Y.; SHI, J.; WEI, X.; XUE, S. J.; SHI, J.; YI, C. Antioxidant activities and contents of polyphenol oxidase substrates from pericarp tissues of litchi fruit. **Food chemistry**, London, v. 119, n. 2, p. 753-757, mar. 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª Edição. Artmed-editora, Porto Alegre, 888 p. 2017.

TAVARES, A. E.; CLAUDIO, M. T.; NAKADA-FREITAS, P. G.; CARDOSO, A. I. Densidade de plantio na produção de ervilha-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, jun. 2016.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 297-304, jan. 2008.

TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y.; CISNEROS, A.; MOUYAL, J.; SCHNEIDER, B.; DOYLE, J. J. **Phenotypic and genomic characterization of vine cactus collection (Cactaceae)**. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Heidelberg, v.58, p.1075-1085, out, 2011.

TRINDADE, A.; REIS, A.; SABBO, L.; TRINDADE, D.; PAIVA, P.; DUARTE, A. **Pitáia: Perspetivas e dificuldades de uma “nova” cultura**. Dossier as novas tendências da fruticultura, AGROTEC, mar, 2019.

UTPOTT, M.; KRIGGER, S.; DIAS, C. Z.; THYS, R. C. S.; RIOS, A. O., FLÔRES S. H. Utilização da farinha da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) como substituto de gordura em pães de forma. In: 6º Simpósio de Segurança Alimentar. 2018, Gramado. **Anais...** Gramado:FAURGS-SBCTA, 2018.

VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DAVILA, I.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, Paris, v. 60, n. 1, p. 1-7, Jan. 2005.

VALIENTE-BANUET, A.; GALLY, R. S.; ARIZMENDI, M. C.; CASAS, A. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 68, n. 1, p.1-8, jan. 2007.

WALLACE, R. S.; GIBSON, A. C. **Cacti**: biology and uses. Berkeley: University of California Press, 2002.

WANITCHANG, J.; TERDWONGWORAKAUL, A.; WANITCHANG, P.; NOYPITAK, S. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hyloceresus polyrhizus*. **Journal of Food Engineering**, London, v. 100, n. 3, p.409-416, out. 2010.

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 23-38, mar. 2014.

WEBER, D. **Densidade de plantio e produção do maracujazeiro-amarelo no Sul do Brasil**. 2013. 109f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

WEBER, D.; ELOY, J.; GIOVANAZ, M.A.; FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C. Densidade de plantio e produção do maracujazeiro-azedo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n. 1., p.99-106, fev. 2016.

WEISS, I.; MIZHARI, Y.; RAVEH, E. Effect of elevated CO₂ on vegetative and reproductive growth characteristics of the CAM plants *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 123, p.531–536, 2010.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.12, p.1487-1492, dez. 1994.

WOLFE, K. L.; KANG, X.; HE, X.; DONG, M.; ZHANG, Q.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 18, p. 8418-8426, Sept. 2008.

WU, L.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 2, p. 319-327, mar. 2006.

YAH, A. R. C.; PEREIRA, S. S.; VELOZ, C. S.; SANUDO, R. B.; DUCH, E. S. Sensorial, physical and chemical changes of pitahaya fruits (*Hylocereus undatus*) during development. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 31, n. 1, p. 1-5, mar. 2008.

YAHYA, A.; TAJUDEEN, K.; ISHOLA, A.; SURYANTO, H. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. Fruits from different planting densities. **Journal of Applied Sciences**, Muzaffarpur, v.13, n.7, p.1004-1012, jun. 2013.

YAMAKURA, T.; HOSOMI, A.; HIRAYAMA, D. Effect of tree spacing on vegetative growth and reproduction in early growth stage in two cultivars of *Ficus carica* L. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 77, n. 1, p.7-16, jan. 2008.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, July 1954.

ZARO, G. C.; RICCE, W. S.; CARAMORI, S. H.; CARVALHO, S. L. C.; VICENTINI, M. E. Zoneamento agroclimático para a cultura do abacateiro no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 363-372, jun. 2014.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya (Dragon fruit, Strawberry pearl). **Fruits e Nuts**, Hawaii, v.9, p.1-3, jun. 2004.

ZHAO, J.; ZHANG, Y.; SONG, F.; XU, Z.; XIAO, L. Phenological response of tropical plants to regional climate change in Xishuangbanna, South-Western China. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 29, n. 2, p. 161-172, mar. 2013.