



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**DENISE DE CASTRO LIMA**

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DAS PITAIAS VERMELHA E  
SABOROSA**

**FORTALEZA**  
**2018**

DENISE DE CASTRO LIMA

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DAS PITAIAS VERMELHA E  
SABOROSA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do solo.

Orientador: Prof. Dr. William Natale

Fortaleza

2018

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)

---

- L697c Lima, Denise de Castro.  
Crescimento e acúmulo de nutrientes das pitaias vermelha e saborosa / Denise de Castro Lima. – 2018.  
70 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. William Natale.
1. Hylocereus. 2. Selenicereus. 3. Cactaceae. 4. Nutrição mineral. I. Título.

CDD 631.4

---

DENISE DE CASTRO LIMA

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DAS PITAIAS VERMELHA E  
SABOROSA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do solo.

Aprovado em: 26/07/2018

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

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

---

Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi  
Embrapa Agroindústria Tropical

---

Dr. Ronialison Fernandes Queiroz  
PNPD/CAPES/UFC

---

Prof. Dr. José Aridiano Lima de Deus  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, que me deu forças para vencer todas as dificuldades.  
À minha mãe, Lenizia de Castro Lima, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos. Em você encontrei força e incentivo para continuar.  
Ao meu namorado, Nougla Veloso Barbosa Mendes, companheiro de todas as horas, e que não mediu esforços para me ajudar nessa etapa tão importante da minha vida.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar sempre ao meu lado, me dando força para superar todos os obstáculos.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão de bolsa.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela formação profissional e oportunidade de cursar a Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Ao Laboratório de Solos, da Embrapa Agroindústria Tropical, por todo recurso financeiro investido nesse trabalho.

Ao meu orientador, William Natale, pela orientação, confiança, ajuda e ensinamentos dedicado a mim. E a sua esposa, Dona Marisa Natale, por todo carinho.

Ao professor Márcio Cleber de Medeiros Côrrea, por todo apoio, amizade e incentivo.

Ao Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi, por toda a paciência e ajuda dedicada a mim e a este trabalho.

Ao Dr. Ronialison Fernandes Queiroz, pelo apoio dado sempre que precisei.

Ao Dr. João Paulo Cajazeira, pelas valiosas contribuições.

Ao professor Ismail Soares pelas inestimáveis sugestões e colaborações.

Ao professor Raimundo Nonato de Assis Júnior, pela confiança depositada em mim.

Ao Dr. José Aridiano Lima de Deus, pela ajuda nos momentos em que precisei.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos ensinamentos e por contribuírem com minha formação profissional.

À Maria Fgênia Saldanha Diógenes, pela dedicação e valiosa ajuda nas avaliações do experimento.

À Rafaela Paula Melo e a Graciane Garcia, pela paciência durante os momentos de estresse, pelo carinho, amizade e pelas constantes orações por mim.

Aos colegas do grupo de pesquisa em Fruticultura: Ricardo, Jaiane, Gislene, Isabelle, Jesimiel, Luis Felipe, Eduardo, Milena, Falkner, Monique e Daniela pela ajuda na montagem do experimento.

As colegas do Laboratório de Solos, da Embrapa Agroindústria Tropical, Thais, Esraelda e Beatriz pela ajuda nas análises químicas.

As minhas queridas amigas Regina, Selma, Daniela, Cícera Juliana, Carol, Kaliane, Carol Comunale e Charlene, pela amizade, carinho, ajuda e também pelos valiosos momentos compartilhados.

Ao colega Jameson Guedes da Silva pela tradução do resumo.

Aos colegas Charles Lobo e Thiago Bezerra pela apoio e colaboração.

Aos colegas, amigos e servidores do Departamento de Ciência do Solo e da Fitotecnia com os quais convivi todo esse tempo e compartilhei bons momentos.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho e, que embora não citados aqui, não deixam de merecer o meu agradecimento.

*MUITO OBRIGADA!*

## RESUMO

O conhecimento das quantidades de nutrientes acumulados na pitiaia nas fases de desenvolvimento é de extrema importância, pois permite definir as épocas em que os elementos essenciais são mais exigidos, contribuindo assim para a elaboração de programas de adubação racionais para a cultura, diminuindo os custos de produção. Em função do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento e a demanda nutricional de duas espécies de pitiaia, estimar o acúmulo de macro e micronutrientes pelas plantas e determinar as épocas em que ocorrem os maiores acúmulos e exportações de nutrientes. Foram conduzidos dois experimentos distintos, um empregando-se a pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) e outro usando como planta-teste a pitiaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz). Ambos tiveram duração de um ano e foram desenvolvidos no Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. As mudas de pitiaia foram plantadas em vasos contendo um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e conduzidas a céu aberto. O delineamento utilizado em cada um dos experimentos foi em blocos casualizados, com quatro repetições e sete épocas de amostragens: 0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 DAP (dias após o plantio). Em cada época de amostragem avaliou-se o comprimento dos cladódios, a massa de matéria seca da parte aérea, o número de botões florais, flores e frutos e o acúmulo de nutrientes da parte aérea. A pitiaia vermelha apresentou crescimento contínuo e produção de frutos a partir dos 240 dias após o plantio. O acúmulo de nutrientes ocorreu na seguinte ordem decrescente: K > Ca > N > P > Mg > S > (elemento Na) > Zn > Mn > Fe > B > Cu. Potássio e nitrogênio foram os macronutrientes mais exportados pelos frutos e, dentre os micronutrientes, o zinco e o boro foram os mais exportados. A pitiaia saborosa apresentou crescimento contínuo ao longo dos 360 dias. O acúmulo de nutrientes ocorreu na seguinte ordem decrescente: K > Ca > N > P > Mg > S > (elemento Na) > Zn > Fe > Mn > B > Cu. A pitiaia saborosa não apresentou produção durante o período experimental de um ano.

**Palavras-chave:** *Hylocereus*. *Selenicereus*. *Cactaceae*. Nutrição mineral.



## ABSTRACT

Knowledge in regard to quantities of accumulated nutrients during development stages of the pitaya is extremely important since it makes possible to determine the periods in which essential elements are mostly required, thus contributing to the elaboration of rational fertilization programs for the crop, reducing production costs. In the view of the above, the present research aimed to evaluate the growth and the nutritional demand of two species of pitaya, estimate accumulation of macro and micronutrients by the plants, and determine the epochs in occur the highest accumulations of dry matter mass and nutrient exports. Two different experiments were conducted, in which one has used red pitaya (*Hylocereus* sp.), and the other one used pitaya tasty (*Selenicereus setaceus* Rizz.) as test plant. Both experiments lasted one year and were performed at the Agriculture Sector of the Department of Crop Science at the Center of Agricultural Science of Federal University of Ceará. Pitaya seedlings were planted in pots filled with Eutrophic Red-Yellow Argisol and taken to an outside field. The designs used in both experiments were randomized blocks with four repetitions and seven periods of sampling: 0, 60, 120, 180, 240, 300 and 360 DAP (days after planting). It was assessed, for each period of sampling, the length of cladodes, mass of dry matter of aerial part, number of flower buds, flowers and fruits, and the accumulation of nutrients in the aerial part. The red pitaya has presented continuous growth and fruit production starting from 240 days after planting. Nutrients accumulation has occurred in descending order as the following:  $K > Ca > N > P > Mg > S > (Na\ element) > Zn > Mn > Fe > B > Cu$ . Potassium and nitrogen were the macronutrients most exported by the fruits, and zinc and boron were the most exported among micronutrients. Pitaya tasty has presented continuous growth during the 360 days. Nutrients accumulation has occurred in descending order as the following:  $K > Ca > N > P > Mg > S > (Na\ element) > Zn > Fe > Mn > B > Cu$ . Pitaya tasty has not showed production during the one year experimental period.

**Keywords:** *Hylocereus*. *Selenicereus*. *Cactaceae*. Mineral nutrition.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Frutos maduros (A e B), polpa do fruto (C) e cladódios (D) da <i>Hylocereus</i> sp. Fortaleza - CE, 2018.....	19
Figura 2	- Fruto com espinho (A), fruto maduro e sem espinho (B), polpa do fruto (C) e cladódio (D) da <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz. Fortaleza - CE, 2018.....	20
Figura 3	- Mudanças de pitáia vermelha (A) e saborosa (B). Fortaleza - CE, 2018.....	27
Figura 4	- Vasos mantidos a céu aberto. Fortaleza - CE, 2018.....	28
Figura 5	- Haste única (A), desponete (B), cladódios laterais (C) e cladódios laterais primários (D). Fortaleza – CE, 2018.....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Valores mensais de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C), temperatura mínima (°C) e umidade relativa (%) no período experimental em Fortaleza – CE .....	26
Gráfico 2	- Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea da pitaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	36
Gráfico 3	- Número de botões florais e de flores emitidos pela pitaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	38
Gráfico 4	- Número de frutos produzidos pela pitaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	40
Gráfico 5	- Acúmulo de macronutrientes + Na na parte aérea da pitaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	42
Gráfico 6	- Acúmulo de micronutrientes na parte aérea da pitaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	44
Gráfico 7	- Macronutrientes + Na (A) e micronutrientes (B) exportados pelos frutos de pitaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.). Fortaleza - CE, 2018.....	46
Gráfico 8	- Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea da pitaia saborosa ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	48
Gráfico 9	- Acúmulo de macronutrientes + Na na parte aérea da pitaia saborosa ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza - CE, 2018.....	51
Gráfico 10	- Acúmulo de micronutrientes na parte aérea da pitaia saborosa ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Atributos químicos iniciais do solo utilizado para o preenchimento dos vasos experimentais.....	28
Tabela 2	- Resumo da análise de variância para o somatório do comprimento dos cladódios (SCC) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA). Fortaleza - CE, 2018 .....	35
Tabela 3	- Resumo da análise de variância do acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitiaia vermelha ( <i>Hylocereus</i> sp.). Fortaleza - CE, 2018.....	41
Tabela 4	- Resumo da análise de variância para somatório do comprimento dos cladódios (SCC) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) da pitiaia saborosa ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.). Fortaleza - CE, 2018.....	46
Tabela 5	- Resumo da análise de variância do acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitiaia saborosa ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.). Fortaleza – CE, 2018.....	50
Tabela 6	- Taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de pitiaia. Fortaleza - CE, 2018.....	56
Tabela 7	- Taxa de absorção relativa de nutrientes (TARN) em plantas de pitiaia. Fortaleza - CE, 2018.....	57

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1	Aspectos gerais da pitiaia .....	15
2.2	Descrição do gênero <i>Hylocereus</i> .....	18
2.3	Descrição do gênero <i>Selenicereus</i> .....	19
2.4	Crescimento vegetal .....	21
2.5	Nutrição mineral .....	22
2.6	Marcha de absorção de nutrientes .....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3.1	Localização e caracterização da área experimental .....	26
3.2	Material propagativo utilizado para a produção das mudas e preparo dos vasos .....	27
3.3	Doses e fertilizantes utilizados nos experimentos .....	28
3.4	Irrigação e manejo .....	29
3.5	Sistema de condução da pitiaia .....	29
3.6	Tratamentos e delineamento experimental .....	30
3.7	Características analisadas .....	30
3.7.1	<i>Crescimento</i> .....	30
3.7.2	<i>Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea</i> .....	31
3.7.3	<i>Quantidade de nutrientes exportada pelo fruto</i> .....	32
3.7.4	<i>Taxa de crescimento relativo (TCR)</i> .....	32
3.7.5	<i>Taxa de absorção relativa de nutriente (TARN)</i> .....	32
3.8	Análise estatística .....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
4.1	Experimento I – Pitiaia vermelha .....	35
4.1.1	<i>Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea</i> .....	35
4.1.2	<i>Número de botões florais e de flores</i> .....	37
4.1.3	<i>Número de frutos</i> .....	39

4.2	Acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia vermelha -----	40
4.3	Quantidade de nutrientes exportados pelos frutos da pitaia vermelha -----	45
4.4	Experimento II – Pitaia saborosa -----	46
4.4.1	<i>Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea</i> -----	47
4.5	Acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia saborosa -----	49
5	Taxa de crescimento relativo (TCR) das pitaias vermelha e saborosa -----	55
6	Taxa de absorção relativa de nutrientes (TARN) -----	56
7	CONCLUSÕES -----	58
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	59
	REFERÊNCIAS -----	60
	APÊNDICES -----	69
	APÊNDICE A - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES DOS CLADÓDIOS DE PITAIA VERMELHA ( <i>Hylocereus</i> sp.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018 -----	69
	APÊNDICE B - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM BOTÕES FLORAIS E FLORES DE PITAIA VERMELHA ( <i>Hylocereus</i> sp.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018 -----	69
	APÊNDICE C - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM FRUTOS DE PITAIA VERMELHA ( <i>Hylocereus</i> sp.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018 -----	69
	APÊNDICE D - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES DOS CLADÓDIOS DE PITAIA SABOROSA ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018 -----	70
	APÊNDICE E - SISTEMA RADICULAR DA PITAIA VERMELHA ( <i>Hylocereus</i> sp.) (A) E DA PITAIA SABOROSA ( <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.) (B). FORTALEZA, 2018 -----	70

## 1 INTRODUÇÃO

Há algumas décadas a pitáia, cactácea nativa das florestas tropicais da América Central e do Sul, era desconhecida do mercado mundial, mas atualmente ocupa um crescente espaço como fruta exótica, devido ser altamente nutritiva, de sabor levemente adocicado, contendo alto teor de água, minerais, compostos antioxidantes e baixo valor calórico. Embora tenha havido grande expansão da área agrícola de pitáia no Brasil, ainda é pequena a quantidade de informações sobre o manejo da cultura, o que mostra a necessidade de pesquisas referenciais que possam auxiliar os atuais e potenciais produtores.

A análise de crescimento e a marcha de absorção de nutrientes fornecem informações importantes sobre a cultura. O conhecimento sobre a absorção e o acúmulo de nutrientes em cada estágio de desenvolvimento da planta é fundamental, permitindo determinar em que época de desenvolvimento os nutrientes são mais exigidos, bem como a distribuição dos mesmos nas diferentes estruturas da planta; isso possibilita o manejo racional da adubação. Estudos relacionados à absorção de nutrientes contribuem, também, para aumentar a produtividade das culturas e reduzir os impactos negativos ocasionados por adubações mal planejadas. A análise de crescimento é uma técnica que pode ser explorada com o objetivo de se estudar a marcha de absorção de nutrientes, permitindo aprimorar os programas de adubação e o manejo da cultura.

Para o adequado desenvolvimento da pitáia é importante que sejam atendidas as suas exigências nutricionais, especialmente no período em que ocorre maior demanda de elementos essenciais. Esse período pode ser definido por meio de estudos de acúmulo de nutrientes, os quais podem contribuir para programas de adubação mais eficientes. Há carência de pesquisas sobre marcha de absorção de nutrientes pela pitáia no Brasil. Este fato é motivo de preocupação, pois, o programa de adubação praticado pelos fruticultores é feito com pouco conhecimento sobre a demanda nutricional ou a época adequada para a aplicação dos nutrientes.

Diante da carência de informações sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes pela pitáia, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a demanda nutricional de duas espécies de pitáia, estimar o acúmulo de macro e micronutrientes pelas plantas e determinar as épocas em que ocorrem os maiores acúmulos e exportações de nutrientes.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais da pitaiia

A pitaiia é uma planta rústica, pertencente à família *Cactaceae* e, como a maioria das cactáceas, é originária das Américas (LUDERS; Mc MAHON, 2006). O nome pitaiia é dado tanto para a planta como para o fruto (ZEE; YEN; NISHINA, 2004), cujo significado é fruto escamoso (ECHEVERRI, 1990). É uma planta que apresenta múltiplos nomes, tais como, *pitahaya*, *red pitaya*, e *pitaya* na América Latina; *night blooming* e *queen of the night* na América do Norte e *red dragon fruit* e *dragon fruit* na Ásia (CAVALCANTE, 2008). No Brasil, a sonoridade do nome dessa planta (*pitaya*) foi mantida, mas a escrita foi alterada (para pitaiia) (MARQUES, 2010).

As plantas de pitaiia encontram-se agrupadas em quatro gêneros botânicos: *Stenocereus*, *Cereus*, *Selenicereus* e *Hylocereus*. Atualmente, as espécies mais cultivadas são: a pitaiia amarela (*Selenicereus megalanthus*) de casca amarela (com presença de espinhos) e polpa branca, a pitaiia branca (*Hylocereus undatus*), frutos de casca vermelha e de polpa branca e, a pitaiia vermelha (*Hylocereus costaricensis*), frutos de casca vermelha e polpa vermelha (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). No Brasil, existe uma espécie nativa do Cerrado, conhecida como pitaiia do Cerrado ou “saborosa” (*Selenicereus setaceus* Rizz.), cujos frutos apresentam casca vermelha (com presença de espinhos) e polpa branca (JUNQUEIRA *et al.*, 2002). Há grande variabilidade entre as espécies de pitaiia com relação ao tamanho e a coloração dos frutos (SATO *et al.*, 2014).

A pitaiia é uma planta perene, que normalmente cresce sobre árvores ou pedras, com caule do tipo cladódio. Os cladódios são caules modificados com capacidade de realizar fotossíntese e acumular água, o que dá a planta a capacidade de resistir às secas prolongadas (SANTOS *et al.*, 2013). Dos cladódios, originam-se numerosas raízes adventícias que ajudam na absorção de nutrientes (ORTIZ-HERNANDEZ, 2000). O sistema radicular é superficial, ocupando cerca de 15 cm de profundidade no solo, fasciculado e com grande capacidade para a extração de nutrientes (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006).

A flor é tubular, hermafrodita (com órgãos femininos e masculinos na mesma flor), de coloração branca, grandes (medindo de 20 a 30 centímetros de comprimento) e com antese no período noturno. Em Israel e nos Estados Unidos foram observados de dois a três picos de floração durante o verão (MERTEN, 2003). Em Jaboticabal (SP) foram registrados nove picos de floração por ano e, em Lavras (MG) de três a cinco fluxos de flores, entre



novembro a março (SILVA *et al.*, 2015; MARQUES *et al.*, 2011b). Em Quixeré (CE) foram registrados cinco períodos de florescimento entre fevereiro e junho (MUNIZ, 2017). As flores das pitaias *Hylocereus undatus*, *Hylocereus polyrhizus* e *Selenicereus Megalanthus* apresentam capacidade de autopolinização (MUNIZ, 2017; MIZRAHI; NERD, 1999). Marques *et al.* (2011b), avaliando a fenologia reprodutiva da pitaiá vermelha (*Hylocereus undatus*) em Lavras, observaram que o período reprodutivo dessa cactácea ocorre de novembro a maio, sendo o tempo entre o aparecimento do botão floral e a colheita do fruto cerca de 50 a 60 dias.

O fruto é uma baga indeiscente, globoso, podendo medir de 10 a 12 cm de diâmetro, sendo coberto por brácteas (escamas) (CANTO, 1993), e apresentando sabor levemente adocicado, rico em vitaminas, minerais e compostos antioxidantes. Os frutos das pitaias apresentam características diferentes de acordo com a espécie (LIMA *et al.*, 2014). As sementes medem 3 mm de diâmetro e são muito numerosas, de coloração marrom ou preta (CANTO, 1993). Os frutos são não climatéricos (MIZRAHI; NERD, 1999), ricos em vitamina B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, fibras, betacaroteno, licopeno, polifenóis, ácido ascórbico, potássio, magnésio e carboidratos (ABREU *et al.*, 2012). De acordo com estes autores, o teor de vitamina C encontrado nos frutos de pitaiá é semelhante ao observado em outros frutos como: tomate, manga, maracujá, jabuticaba e umbu.

Fisiologicamente, as cactáceas caracterizam-se por apresentarem um tipo específico de metabolismo, denominado Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), o qual é benéfico para plantas que crescem em locais com pouca água, como desertos e copa das árvores (SILVA, 2014). As plantas CAM atingem sua alta eficiência de uso da água abrindo seus estômatos durante a noite e fechando-os durante o dia. Neste metabolismo, o CO<sub>2</sub> é absorvido durante a noite e fixado na forma de ácido málico. Com o início do dia, os estômatos fecham, evitando a perda de água, e o ácido málico fixado é então descarboxilado, liberando CO<sub>2</sub>, que posteriormente será fixado em carboidrato. O mecanismo CAM permite às plantas melhorarem a eficiência de uso da água (TAIZ; ZEIGER, 2006). Por apresentar um metabolismo adaptativo a condições limitantes de água, o cultivo de pitaiá é indicado para regiões com baixa precipitação em que não seria possível o cultivo de frutíferas que necessitam de grandes volumes de água (SILVA, 2014).

A propagação da pitaiá é comumente realizada por meio de estaquia, o que possibilita a obtenção de plantações mais uniformes, fator importante para cultivos comerciais (ALMEIDA *et al.*, 2016); as plantas obtidas por meio desse método de propagação apresentam precocidade de produção (GUNASENA; PUSHPAKUMARA;

KARIYAWASAM, 2007). As plantas de pitaiia propagadas por semente apresentam variabilidade genética, crescimento inicial lento e requerem maior período para o início de produção (3 a 4 anos) (ORTIZ-HERNANDEZ, 2000; GUNASENA; PUSHPAKUMARA; KARIYAWASAM, 2007). Bastos *et al.* (2006), Marques *et al.* (2011a) e Pontes Filho *et al.* (2014) comprovaram que estacas de 25 cm de comprimento são adequadas para a produção de mudas de pitaiia vermelha. Segundo Barroso *et al.* (2017) estacas estioladas (com 48 cm de comprimento e 29 mm de diâmetro) e, principalmente, estacas vigorosas (com cerca de 45 cm de comprimento e 43 mm de diâmetro) são também adequadas para produção de mudas de pitaiia vermelha.

No Brasil, existem áreas de produção de pitaiia, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Norte, Goiás, Bahia e Ceará. O cultivo dessa frutífera no País vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. De acordo com os dados do Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT), no ano de 2013 foram comercializadas 80 toneladas de pitaiia e, em 2017, mais de 679 toneladas da fruta, provenientes de dez Estados brasileiros. Em ordem de volume comercializado, por estado, estão: São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Ceará, Espírito Santo, Bahia, Goiás e Rio de Janeiro. O estado de São Paulo é responsável por mais de 78 % do volume comercializado. O Ceará responde por apenas 0,38 % do total comercializado, sendo proveniente do Baixo Jaguaribe. No ano de 2017 foram importadas da Colômbia mais de 15 toneladas de pitaiia (PROHORT, 2018), embora praticamente todo esse montante seja referente a pitaiia amarela, demonstrando a grande demanda dessa fruta no País.

A pitaiia apresenta retorno econômico rápido, produzindo logo no primeiro ano após o plantio (ZEE; YEN; NISHINA, 2004; LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). De acordo com Le Bellec, Vaillant e Imbert (2006), a produtividade média da pitaiia oscila entre 10 e 30 t ha<sup>-1</sup>, o que ocorre em função da idade do pomar, das condições edafoclimáticas e das técnicas de cultivo. Devido ao aumento no consumo de frutas exóticas e de seu alto valor comercial, a pitaiia vem despertando interesse dos fruticultores (MOREIRA *et al.*, 2011).

Considerada uma novidade promissora no Brasil, esta é a cactácea frutífera mais cultivada no mundo (MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997). A produção de pitaiia pode ser fonte de diversificação da atividade agrícola, visto a sua rusticidade de cultivo e a beleza dos frutos (SILVA, 2014), além do valor funcional e nutricional na alimentação humana, com algumas espécies apresentando potencial para a ornamentação, o que agrega valor à atividade agrícola (GOMES, 2014).

## 2.2 Descrição do gênero *Hylocereus*

O gênero *Hylocereus* engloba quinze espécies aceitas e outras cinco em estudos (*The Plant List*, 2018), podendo ser encontradas em regiões subtropicais e tropicais de florestas do continente americano (ALMEIDA *et al.*, 2016). Dentro do gênero *Hylocereus*, as espécies mais cultivadas são: *H. undatus*, *H. monacanthus*, *H. costaricensis* (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012). De acordo com a espécie, os frutos podem apresentar características diferentes quanto ao formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa (LIMA *et al.*, 2013).

Os cladódios da pitáia vermelha são triangulares, suculentos e apresentam espinhos com 2 a 4 mm de comprimento. Já os frutos apresentam formato ovoide, peso de 250 a 600g e cor de polpa vermelha (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou processados na forma de sorvetes, sucos e doces. Nos frutos são encontradas grandes quantidades de betalaínas, pigmentos que podem ser utilizados como corantes naturais de alimentos (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002). As betalaínas são importantes substâncias antioxidantes que atuam na proteção das células contra agentes cancerígenos (SOUSA, 2015). O fruto possui inúmeras sementes diminutas, comestíveis e de coloração preta. O óleo extraído das sementes da *H. polyrhizus* apresenta nível elevado de lipídeos, que pode ser utilizado como uma nova fonte de óleo essencial (LIM *et al.*, 2010).

Estudos demonstraram que a casca da pitáia vermelha é rica em antioxidantes, podendo ser considerado um ingrediente valioso que auxilia na prevenção de doenças crônicas (KIM *et al.*, 2011 e WU *et al.*, 2006). A casca do fruto pode ser utilizada como agente espessante em cremes hidratantes ou como corante natural em bebidas (HARIVAINDARAM; REBECCA; CHANDRAN, 2008; STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002).

A pitáia vermelha é uma dentre as espécies de pitáia existentes que apresenta aceitação crescente no mercado consumidor (CORDEIRO *et al.*, 2015). O sabor levemente adocicado, a cor de polpa mais atraente e as suas propriedades funcionais superiores às de outras espécies de pitáia (LIMA *et al.*, 2013) tornam seu cultivo promissor.

Figura 1 - Frutos maduros (A e B), polpa do fruto (C) e cladódios (D) da *Hylocereus* sp. Fortaleza – CE, 2018



Fonte: autora (2018).

### 2.3 Descrição do gênero *Selenicereus*

De acordo com o *The Plant List* (2018), o gênero *Selenicereus* contém trinta e duas espécies aceitas, sendo as mais cultivadas a *S. setaceus* e a *S. megalanthus*. A *Selenicereus setaceus* Rizz, também conhecida como pitaiia do Cerrado ou saborosa, pode ser encontrada em regiões do Cerrado brasileiro. Os frutos dessa espécie são avermelhados, de polpa branca e com pequenas sementes escuras (JUNQUEIRA *et al.*, 2002). Já a *Selenicereus megalanthus*, também chamada de pitaiia amarela, é originária possivelmente da Colômbia ou do Equador (DONADIO, 2009); seus frutos apresentam coloração amarela e cor de polpa esbranquiçada.

A pitaiia saborosa é uma espécie epífita, rústica, possui cladódios de disposição colunar apresentando, em sua maioria, três ângulos, com espinhos mais finos e pontiagudos

(CAJAZEIRA, 2016). Moradores de fazendas mais antigas das regiões do Cerrado brasileiro utilizam o suco concentrado dos cladódios como depurativo para o sangue. Os frutos caracterizam-se por apresentar espinhos na casca, quando maduros pesam de 30 a 80 g e possuem de 13 a 15 °Brix (JUNQUEIRA *et al.*, 2002). Lima *et al.* (2014), avaliando as características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaiá, observaram maior teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos da espécie *Selenicereus setaceus* Rizz. As flores são sésseis, grandes (15 a 30 cm de comprimento), brancas e com grande potencial para a ornamentação (JUNQUEIRA *et al.*, 2002).

É uma espécie que apresenta grande potencial para os mercados interno e externo, porém, ainda são poucas as informações com relação as espécies nativas do Cerrado brasileiro, havendo a necessidade de intensificação de pesquisas visando a obtenção de informações básicas sobre essa espécie de pitaiá.

Figura 2 - Fruto com espinhos (A), fruto maduro e sem espinhos (B), polpa do fruto (C) e cladódios (D) da *Selenicereus setaceus* Rizz. Fortaleza – CE, 2018



Fonte: autora (2018).

## 2.4 Crescimento vegetal

As plantas, em geral, apresentam diferentes fases de crescimento, podendo ser resumidas da seguinte maneira: fase inicial, na qual a planta depende das reservas da semente para o crescimento dos diferentes órgãos; fase exponencial, em que após o desenvolvimento do sistema radicular e a expansão das folhas, a planta retira água e nutrientes do substrato em que se desenvolve, iniciando os processos dependentes da fotossíntese; fase de crescimento linear, com incremento na taxa de matéria seca; e, fase de senescência, apresentando decréscimo no acúmulo de matéria seca (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011). O estudo do crescimento é de grande importância, pois, descreve as mudanças no desenvolvimento vegetal em função do tempo (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000).

O crescimento em plantas é definido como um aumento irreversível de volume (TAIZ; ZEIGER, 2006), sendo avaliado principalmente pelo aumento em tamanho ou em massa. O desenvolvimento é determinado pelas diferentes etapas que a planta passa ao longo do seu ciclo (germinação, maturação, reprodução e senescência), caracterizado por mudanças na forma da planta, que ocorrem por meios de padrões sensíveis de diferenciação e morfogênese (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011).

O crescimento de uma planta pode ser avaliado por meio de medidas de diferentes tipos, tais como, medidas lineares (altura da planta, comprimento e diâmetro do caule, comprimento e largura da folha, entre outras); pelo número de unidades estruturais (folhas, flores, frutos e raízes); por medidas de superfície (principalmente pela determinação da superfície da lâmina foliar), massa da matéria fresca e massa da matéria seca (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011). Os índices fisiológicos, tais como, a taxa de crescimento absoluto, a taxa de crescimento relativo, a razão da área foliar, a taxa de crescimento da cultura, a taxa assimilatória líquida, dentre outros, estimados a partir do acúmulo de matéria seca e do incremento da área foliar são utilizados, também, para avaliar o crescimento das plantas (REIS, 1978).

Diferenças no crescimento devido a genética ou resultantes de modificações ambientais podem ser explicadas por meio da análise de crescimento das plantas (MATA *et al.*, 2011), tornando-se assim, uma ferramenta útil para o reconhecimento de materiais promissores (BENINCASA, 2003); a técnica permite, ainda, identificar características que promovam aumento no rendimento da planta, favorecendo os trabalhos de melhoramento genético na busca de materiais mais produtivos (PEIXOTO *et al.*, 2012).

De acordo com Benincasa (2003), os estudos sobre análise de crescimento vegetal permitem avaliar o desenvolvimento da planta como um todo, bem como a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total, permitindo conhecer o seu funcionamento e suas estruturas. A confecção de curvas de crescimento vegetal consiste na medição destrutiva das plantas, obtendo-se a massa seca dos órgãos, além da sua composição química, essencial em estudos de nutrição e adubação (HUNT, 2003; AUGOSTINHO *et al.*, 2008). Para Melo *et al.* (2014), a análise de crescimento de plantas, em consonância com a quantificação do acúmulo de nutrientes, permite aprimorar os programas de adubação e o manejo da cultura.

## 2.5 Nutrição mineral

Os nutrientes são elementos químicos essenciais requeridos pelas plantas, sem os quais os vegetais não conseguem completar seu ciclo de vida. Esse é um dos critérios para caracterizar se um elemento é nutriente vegetal. Outro critério baseia-se na exigência de o elemento estar diretamente envolvido no metabolismo da planta e, o terceiro critério, refere-se à função específica do elemento, ou seja, o elemento não poderá ser substituído por nenhum outro (ARNON; STOUT, 1939). O fornecimento adequado de nutrientes nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas é fundamental para que as mesmas expressem seu máximo potencial genético (BACKES *et al.*, 2018). Normalmente, os solos não têm capacidade para suprir, naturalmente, a demanda nutricional das culturas, especialmente durante longos períodos de cultivo comercial, sendo necessário o fornecimento adicional de nutrientes, via adubação. Contudo, para tornar a produção economicamente viável e aumentar o crescimento vegetal, é necessário estabelecer doses adequadas de nutrientes, pois, desequilíbrios nutricionais podem provocar prejuízos à cultura (BERNARDI; CARMELLO; CARVALHO, 2000).

Um dos problemas que influenciam o cultivo da pitaiá é a carência de informações a respeito do manejo nutricional das plantas (COSTA *et al.*, 2015). Ainda são poucas as informações sobre a quantidade de nutrientes que a cultura exige ao longo do ciclo para a obtenção de resultados satisfatórios quanto ao crescimento, ao desenvolvimento e à produção. Os nutrientes podem ser disponibilizados no solo, quando da aplicação de fertilizantes minerais, os quais representam o insumo mais importante para a produção agrícola nas áreas tropicais (ALMEIDA, 2013). Para a correta recomendação de fertilizantes é de extrema importância o conhecimento da dinâmica nutricional da planta, a qual é função da velocidade

de crescimento vegetal e da ecofisiologia da cultura (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012).

A pitaia, apesar de ser uma planta rústica, que se adapta bem a diversas condições edafoclimáticas, requer para o seu adequado desenvolvimento adubações com nitrogênio, potássio e fósforo (ORTIZ-HERNANDEZ, 2000). O nitrogênio estimula a emissão de raízes e de brotações, sendo requerido durante o crescimento vegetativo até o pré-florescimento (LUDERS; Mc MAHON, 2006). O potássio favorece o aumento do diâmetro do caule da pitaia (INTA, 2002) e está relacionado com o processo de abertura e fechamento dos estômatos, além da translocação de carboidratos (MARSCHNER, 2012). O fósforo é importante para a formação dos frutos (MARSCHNER, 2012). Dentre os micronutrientes deve-se destacar para a pitaia o boro, com fundamental participação no pegamento, tamanho e massa dos frutos (INFANTE, 1996).

O crescimento e a produtividade da pitaia variam em função da disponibilidade de nutrientes. Araújo *et al.* (2010), avaliando o crescimento da pitaia (*Hylocereus undatus*) após a omissão de macro e micronutrientes, observaram diferenças significativas no crescimento e no número de brotações emitidas pela planta. A utilização de doses de 150 - 225 mg dm<sup>-3</sup> de P com 4 - 6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (CORRÊA *et al.*, 2014) e, 300 - 450 mg dm<sup>-3</sup> de N com 150 - 225 mg dm<sup>-3</sup> de K (ALMEIDA *et al.*, 2014) proporcionaram melhor crescimento das mudas de pitaia branca (*Hylocereus undatus*). A combinação ótima para o crescimento das plantas de pitaia branca (*Hylocereus undatus*) foi de 125 mg dm<sup>-3</sup> de K com 159 mg dm<sup>-3</sup> de Ca (CAJAZEIRA *et al.*, 2018). Fernandes *et al.* (2018), avaliando a melhoria da produção e qualidade dos frutos de pitaia com adubação potássica, concluíram que a aplicação de 106 a 133 g de K<sub>2</sub>O por planta no primeiro ano e, de 200 g de K<sub>2</sub>O no segundo e no terceiro ano após o plantio aumentou a produção e proporcionou melhor qualidade dos frutos de pitaia branca (*Hylocereus undatus*) e vermelha (*Hylocereus polyrhizus*).

Estudos relacionados à nutrição mineral da pitaia ainda são escassos, principalmente no estado do Ceará, onde o cultivo está se expandindo. Existe, portanto, a necessidade de pesquisas que possam auxiliar os produtores quanto ao manejo nutricional da pitaia, contribuindo, assim, para aumentar a produtividade da cultura.

## **2.6 Marcha de absorção de nutrientes**

A marcha de absorção de nutrientes fornece informações sobre a exigência nutricional das plantas em suas fases de desenvolvimento, indicando as épocas mais propícias



à aplicação dos fertilizantes (GRANGEIRO; CECÍLIO-FILHO, 2004), sendo considerada ferramenta importante nos programas de manejo da fertilidade das áreas agrícolas (ECHER; DOMINATO; CRESTE, 2009). De acordo com Marschner (2012), a marcha de absorção de nutrientes estuda a relação existente entre a quantidade de nutrientes absorvidos, a idade da planta e o acúmulo de massa de matéria seca, permitindo identificar: a quantidade de nutrientes necessários para a produção; a época de maior exigência de cada nutriente; em qual órgão o nutriente se acumula em maior quantidade; o quanto é exportado pela colheita; e, o quanto será necessário repor ao solo para não exauri-lo.

O conhecimento sobre a quantidade de nutrientes acumulados nas diferentes fases de desenvolvimento da planta é de extrema importância, pois, permite determinar as épocas em que os elementos são mais exigidos, bem como a correção de possíveis deficiências que venham a ocorrer na cultura (ALVES *et al.*, 2011). No entanto, as curvas de absorção refletem apenas o que a planta necessita, e não o que deve ser aplicado, uma vez que se tem que considerar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes, que é variável com as condições climáticas, o tipo de solo, o sistema de irrigação, o manejo cultural, entre outros fatores (GRANGEIRO *et al.*, 2006). A marcha de absorção de nutrientes visa estabelecer a quantidade mínima de nutriente a ser fornecido para a cultura durante o seu ciclo, a fim de que a mesma não sofra perda em seu potencial de produção por carência de nutrientes em uma de suas fases de desenvolvimento, possibilitando assim, o parcelamento correto dos macro e micronutrientes (REZENDE, 2009).

De acordo com Prado e Franco (2007), os resultados observados de acúmulos de nutrientes ao longo do cultivo das plantas não indicam a quantidade acumulada do nutriente em função da massa pré-existente; de acordo com os autores, este tipo de monitoramento é importante, sobretudo, em mudas de frutíferas propagadas vegetativamente por estaquia, pois, essas mudas já são levadas ao campo com quantidade de biomassa suficiente para a determinação do primeiro coeficiente ou taxa relativa de absorção. Welbank (1962) propôs a taxa de absorção relativa de nutrientes (TARN), que determina a quantidade absorvida ou acumulada de nutriente pela planta em função da massa vegetal pré-existente, em determinado intervalo de tempo. A TARN depende da massa vegetal produzida e de um fator intrínseco ao metabolismo vegetal, como a fotossíntese, que está ligada às necessidades fisiológicas da planta (ALVES *et al.*, 2011). De acordo com Rozane *et al.* (2013), a determinação de índices nutricionais associados ao acúmulo de nutrientes tem ajudado no melhor entendimento da marcha de absorção dos elementos pelas plantas.

Algumas pesquisas realizadas demonstram como os nutrientes podem interferir no crescimento e na produção da pitaia (ALMEIDA *et al.*, 2014; CORRÊA *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2018). Entretanto, são necessários estudos que determinem as quantidades de nutrientes que a pitaia exige ao longo do seu ciclo de vida, definindo as épocas em que os elementos são mais exigidos, contribuindo assim, para a elaboração de programas de adubação racionais para a cultura. No Brasil, a adubação realizada nos plantios de pitaia é baseada na experiência dos produtores, ou utilizando doses recomendadas em outros países com sistemas ecológicos diferentes das regiões produtoras brasileiras (CAVALCANTE *et al.*, 2011), fato que é motivo de preocupação, podendo acarretar desequilíbrio nutricional.

Estudar o acúmulo de nutrientes em função da idade das plantas é fundamental, pois, além de definir as quantidades e as épocas mais adequadas para a aplicação de fertilizantes, contribui para aumentar a eficiência do manejo da cultura, promovendo ganhos em produtividade, redução dos custos de produção por meio da utilização racional e eficiente dos insumos (SOARES *et al.*, 2014). Em virtude da carência de informações quanto à exigência nutricional da pitaia ao longo do seu ciclo de cultivo, estudos sobre acúmulo de nutrientes são essenciais para auxiliar nas estratégias de definição das quantidades e das épocas de realização das adubações.

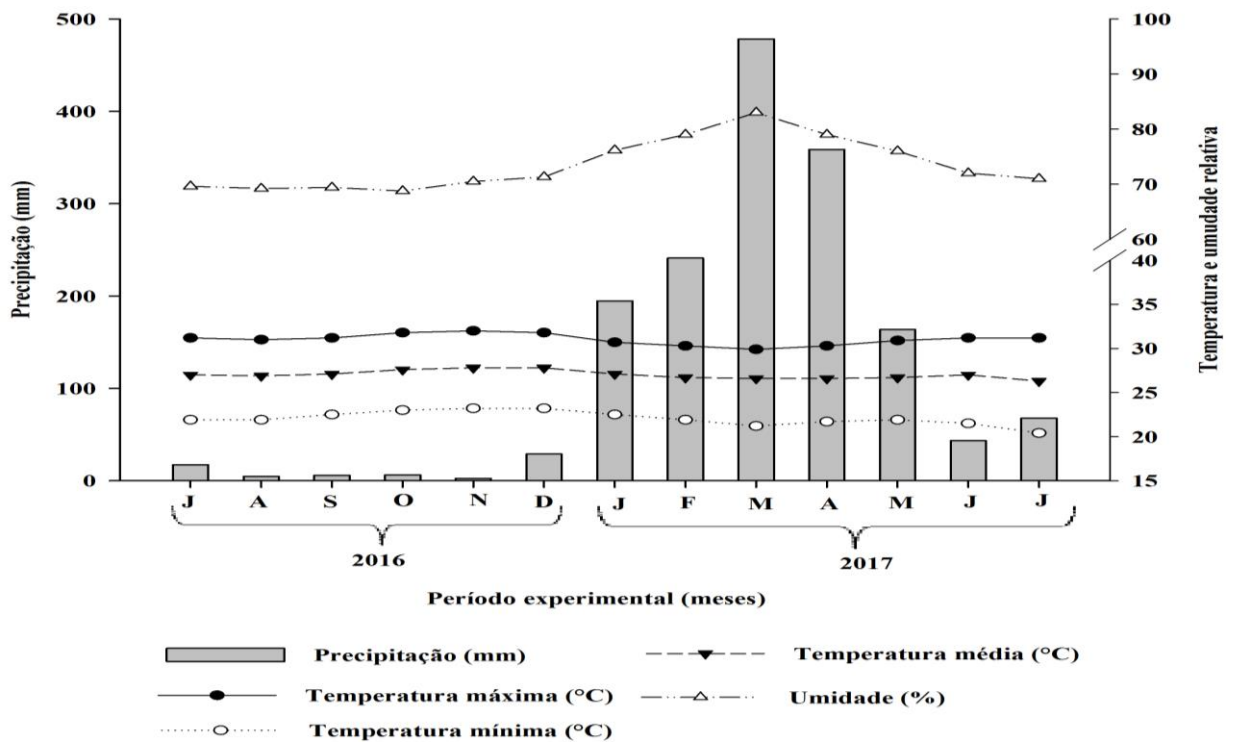
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos: o experimento I foi realizado com a pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) e, o experimento II, com a pitiaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.). Ambos os experimentos foram realizados de forma independente e simultaneamente, sendo conduzidos no mesmo local e recebendo os mesmos tratamentos.

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos no Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza, CE, no período de julho de 2016 a julho de 2017. O clima da região é Aw (tropical e com chuvas de verão) de acordo com a classificação de Köppen (1918). Os dados climatológicos no período experimental estão apresentados na Gráfico 1.

Gráfico 1 - Valores mensais de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C), temperatura mínima (°C) e umidade relativa (%) no período experimental em Fortaleza – CE

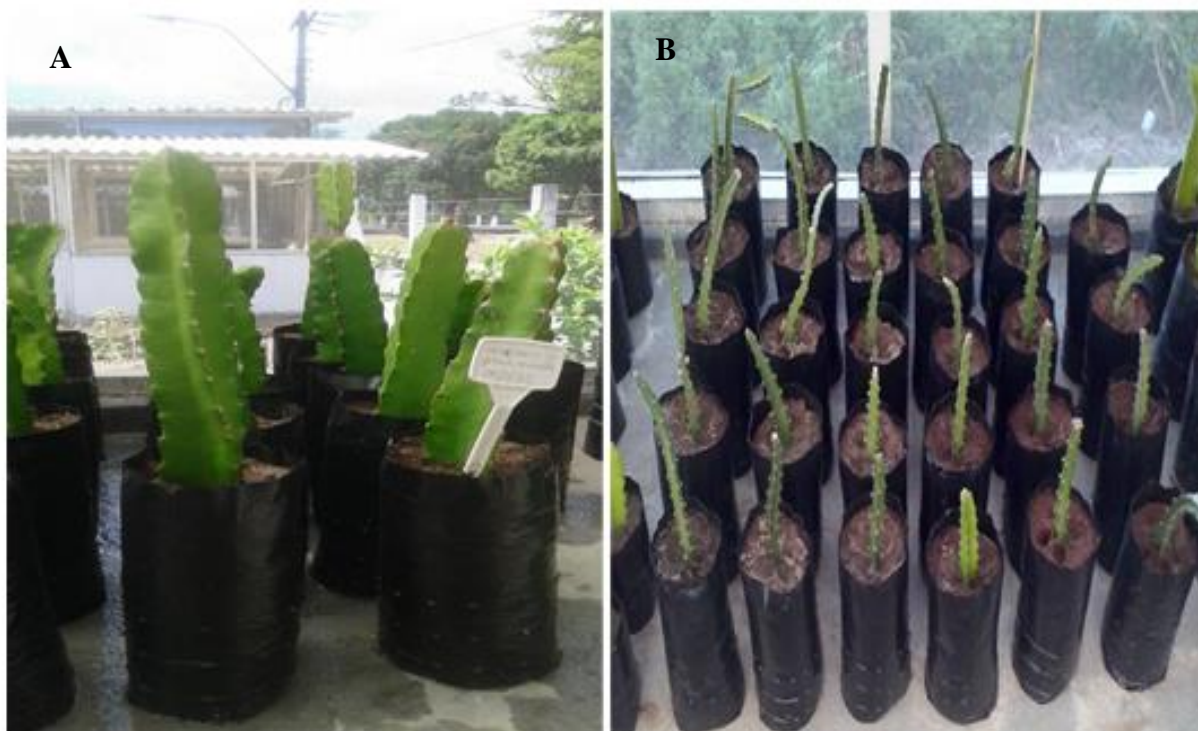


Fonte de dados: Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará.

### 3.2 Material propagativo utilizado para a produção das mudas e preparo dos vasos

Como material propagativo foram utilizadas estacas sadias de pitaiá vermelha (*Hylocereus sp.*) e de pitaiá saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.), com comprimento médio de 25 cm, provenientes de plantas matrizes mantidas no Setor de Agricultura da UFC. As estacas foram plantadas a uma profundidade de 3 cm, em sacos de polietileno com volume de 3 dm<sup>3</sup>, contendo arisco + fibra de coco na proporção de 1:1 v/v; durante 60 dias permaneceram em ambiente protegido até o enraizamento (FIGURA 3), para posterior transplântio para vasos de polietileno. As mudas foram transplantadas para os vasos apenas com o cladódio matriz (cladódio primário).

Figura 3 – Mudanças de pitaiá vermelha (A) e saborosa (B). Fortaleza – CE, 2018



Fonte: autora (2018).

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico proveniente da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC/UFC), em Pentecoste-CE, cujas características químicas se encontram na Tabela 1.

Foi realizada a correção do solo com calcário agrícola (PRNT de 91 %) para elevar a saturação por bases a 70 %. A quantidade de calcário aplicada foi de 0,732 t ha<sup>-1</sup>, o que correspondeu a 9,1 g vaso<sup>-1</sup>; cada vaso com 25 kg de solo. Após a aplicação do calcário,

os vasos foram irrigados e cobertos com sacos de polietileno preto pelo período de 30 dias. Após esse período, realizou-se o transplântio das mudas para vasos de polietileno com capacidade de 25 dm<sup>3</sup>. Os vasos foram mantidos a céu aberto (FIGURA 4).

Tabela 1 - Atributos químicos iniciais do solo utilizado para o preenchimento dos vasos

P	MO	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	SB	T	V	Cu	Fe	Zn	Mn	B
mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>		----- mmolc dm <sup>-3</sup> -----						%	-----mg dm <sup>-3</sup> -----						
4,0	13,9	5,5	2,1	8,4	5,2	2,0	17,3	1,5	17,8	35,1	51,0	0,2	40,0	0,1	3,6	0,3

MO = matéria orgânica; pH em água; P, Na e K, extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al, extrator KCl; H+Al, extrator acetato de cálcio; SB = soma de bases trocáveis; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = saturação por bases; Cu, Zn, Mn e Fe, extrator DTPA; B, extrator HCl.

Figura 4 – Vasos mantidos a céu aberto. Fortaleza – CE, 2018



Fonte: autora (2018).

### 3.3 Doses e fertilizantes utilizados nos experimentos

Devido à ausência de recomendação de adubação para a cultura da pitáia, foram utilizadas as doses de nutrientes sugeridas por Almeida *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2014) em mg dm<sup>-3</sup>: 750 de N, 375 de P, 375 de K e 10 de Zn. As fontes utilizadas foram: a ureia (46 % de N), o superfosfato simples (18 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25 % de CaO e 12 % S), o cloreto de potássio (62

% de  $K_2O$ ) e o FTE BR-12 (9,0 % de Zn; 1,8 % de B; 0,8 % de Cu; 2,0 % de Mn e 0,1 % de Mo). O cálculo das quantidades de micronutrientes foi feito com base na dose de Zn.

No momento da instalação dos experimentos (transplântio das mudas para os vasos), foi aplicado todo o superfosfato simples e 50 % da dose de FTE BR-12, homogeneizando-se com o solo. O restante da dose de FTE BR-12 foi adicionada aos 180 dias após o transplântio da pitáia para os vasos. Foram utilizados 120 g de superfosfato simples vaso<sup>-1</sup> e 2,8 g de FTE-BR-12 vaso<sup>-1</sup>. As adubações nitrogenada e potássica foram distribuídas mensalmente, com as aplicações divididas em onze parcelas. Foram utilizados 3,4 g de ureia vaso<sup>-1</sup> e 1,6 g de cloreto de potássio vaso<sup>-1</sup>; a ureia e o cloreto de potássio foram solubilizados em água (50 mL de água) e aplicados na superfície do solo.

### **3.4 Irrigação e manejo**

A irrigação foi feita manualmente, três vezes por semana. Foram realizadas observações visuais para determinar a quantidade de água que seria aplicada sem que houvesse vazamento pela parte inferior do vaso e, mediante estas observações, estipulou-se 1L de água vaso<sup>-1</sup>; a irrigação foi suspensa com o início da estação chuvosa. Em relação à manutenção dos vasos, foram realizadas periodicamente capinas manuais com o intuito de controlar as plantas daninhas.

### **3.5 Sistema de condução da pitáia**

A pitáia é uma cactácea que necessita de sistema de condução e, neste experimento, empregou-se mourões de eucalipto interligados por quatro fios de arame liso (fio com diâmetro de 3 mm) para a sustentação das plantas, a 1,6 m de altura. Em cada vaso foi colocada uma estaca de marmeleiro (tutor com diâmetro de 25 mm e 1,5 m de altura) para a condução da planta até chegar ao fio de arame. As mudas foram conduzidas em haste única até atingirem 1,6 m de altura, quando foram despontadas para induzir a emissão dos cladódios laterais (um cladódio lateral para direita e outro para esquerda). Estes, por sua vez, foram despontados quando atingiram 40 cm, para estimular a emissão dos cladódios laterais primários (três cladódios primários por cladódio lateral) (FIGURA 5).

Figura 5 – Haste única (A), desponte (B), cladódios laterais (C) e cladódios laterais primários (D). Fortaleza – CE, 2018



Fonte: autora (2018).

### 3.6 Tratamentos e delineamento experimental

Em ambos os experimentos foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com sete tratamentos, representados pelas épocas de amostragem (0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias após o plantio) e quatro repetições.

### 3.7 Características analisadas

#### 3.7.1 Crescimento

Em cada época de amostragem foram avaliadas, para a determinação do crescimento, as seguintes características:

- a) Somatório do comprimento dos cladódios: Foi determinado pelo somatório do cladódio principal com os laterais. O comprimento do cladódio principal foi

determinado pela distância entre a parte apical terminal do cladódio matriz até a parte apical terminal do último cladódio que constitui o eixo principal. Já o comprimento dos cladódios laterais foi determinado pela distância entre a inserção da brotação e a parte apical terminal desta ramificação, incluindo os cladódios laterais primários. A medição foi realizada com uma trena e os resultados expressos em  $\text{cm planta}^{-1}$ ;

b) número de botões florais e de flores: determinou-se o número de botões florais e de flores emitidos pela planta. O resultado foi expresso em unidades de botões florais e de flores  $\text{planta}^{-1}$ ;

c) número de frutos: foi determinado pelo número de frutos colhidos em cada planta. O resultado foi expresso em unidades de frutos  $\text{planta}^{-1}$ ;

d) massa de matéria seca da parte aérea: os cladódios (principal e laterais), os botões florais, as flores e os frutos foram lavados, separados e colocados em sacos de papel previamente identificados, e acondicionados em estufa com circulação de ar forçada ( $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), até peso constante. Após a secagem, os materiais dos diferentes órgãos da planta foram pesados e, em seguida, foi feito o somatório de todas as partes da planta para a determinação da massa de matéria seca da parte aérea, cujos resultados foram expressos em  $\text{g planta}^{-1}$ .

### ***3.7.2 Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea***

Após a determinação da massa de matéria seca da parte aérea, o material foi moído em moinho tipo Willey, com malha de 1 mm de abertura e, em seguida, colocado em potes de polietileno, evitando-se o contato do material moído com o ar, identificado e levado ao Laboratório de Solos, da Embrapa Agroindústria Tropical, para a caracterização química do material vegetal.

Após a determinação dos teores de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B + elemento Na (APÊNDICE A, B, C e D), conforme metodologia descrita pela Embrapa (2009), o acúmulo de macro ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e de micronutrientes ( $\text{mg planta}^{-1}$ ) foi determinado pela multiplicação do teor de cada nutriente na parte aérea pela massa de matéria seca da parte aérea.



### 3.7.3 Quantidade de nutrientes exportada pelo fruto

Foi determinada pela multiplicação do teor de cada nutriente no fruto pela massa de matéria seca do fruto, cujos resultados foram expressos em g fruto<sup>-1</sup>.

### 3.7.4 Taxa de crescimento relativo (TCR)

Utilizou-se os dados obtidos da massa de matéria seca da parte aérea para a elaboração da taxa de crescimento relativo (TCR), segundo a equação de Welbank (1962):

$$TCR = \frac{(\ln M_2 - \ln M_1)}{(t_2 - t_1)}$$

na qual:

TCR: Taxa de crescimento relativo, em g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

ln - Logaritmo neperiano;

M<sub>1</sub> e M<sub>2</sub>: Massa da matéria seca do órgão ou da planta, em g por planta, referente aos tempos t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub>, respectivamente;

t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub>: Intervalo de tempo entre as avaliações, em dias.

### 3.7.5 Taxa de absorção relativa de nutrientes (TARN)

A partir da taxa de crescimento relativo (TCR) e dos dados obtidos de acúmulo de nutrientes na parte aérea elaborou-se a taxa de absorção relativa de nutrientes (TARN), segundo a equação de Welbank (1962):

$$TARN = \frac{(N_2 - N_1)(\ln M_2 - \ln M_1)}{(t_2 - t_1)(M_2 - M_1)}$$

na qual:

TARN: é a Taxa de absorção relativa dos nutrientes, em mg g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e µg g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

N<sub>1</sub> e N<sub>2</sub>: são as quantidades do nutriente no órgão vegetal referente aos tempos t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub>, respectivamente;

ln - Logaritmo neperiano;

$M_1$  e  $M_2$ : massa da matéria seca total da planta referente aos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.  
 $t_1$  e  $t_2$ : Intervalo de tempo entre as avaliações.

### 3.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (S-W) a 5 % de probabilidade e, quando verificada normalidade dos dados, foi realizada a análise de variância para avaliar os efeitos da época de amostragem. Quando verificada diferenças significativas para a época de amostragem a 1 % de probabilidade, realizou-se a análise de regressão.

Para a pitaia vermelha, utilizou-se os modelos de regressão de segundo grau ( $a + bx + cx^2$ ) e o logístico. Empregou-se o modelo logístico de três parâmetros, descrito por Nelder (1961), representado pela equação:

$$Y = \frac{a}{1 + b * e^{(-cX)}}$$

na qual:

$Y$  = variável dependente;

$a$  = é o parâmetro assintótico (máximo crescimento ou acúmulo);

$e$  = é o inverso do logaritmo neperiano;

$b$  = parâmetro de locação;

$c$  = taxa de maturidade (indica a velocidade de crescimento no sentido de atingir o valor assintótico);

$X$  = tempo.

Para a pitaia saborosa, empregou-se o modelo exponencial do tipo II descrito por Ratkowsky (1990), representado pela equação:

$$Y = e^{a-bX}$$

na qual:

$Y$  = variável dependente;

$e$  = é o inverso do logaritmo neperiano;

$a$  = intercepto em  $Y$ ;

$b$  = inclinação da reta;

$X$  = tempo.

Os modelos de regressão utilizados foram avaliados com base no quadrado médio do resíduo (QMR) e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Quanto maior o valor do coeficiente de determinação, melhor é o ajuste do modelo, enquanto que para o quadrado médio do resíduo, menores valores representam melhores ajustes. O programa estatístico utilizado foi o SAS (SAS, 2012). Os gráficos foram produzidos por meio do programa Sigma Plot versão 11.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento I – Pitaia vermelha

Observou-se diferença significativa da época de amostragem sobre as variáveis somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea (TABELA 2) e os dados ajustaram-se ao modelo logístico (GRÁFICO 2). Os valores dos coeficientes de variação oscilaram entre 3,85 a 11,55 %, indicando boa precisão experimental.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para somatório do comprimento dos cladódios (SCC) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA). Fortaleza – CE, 2018

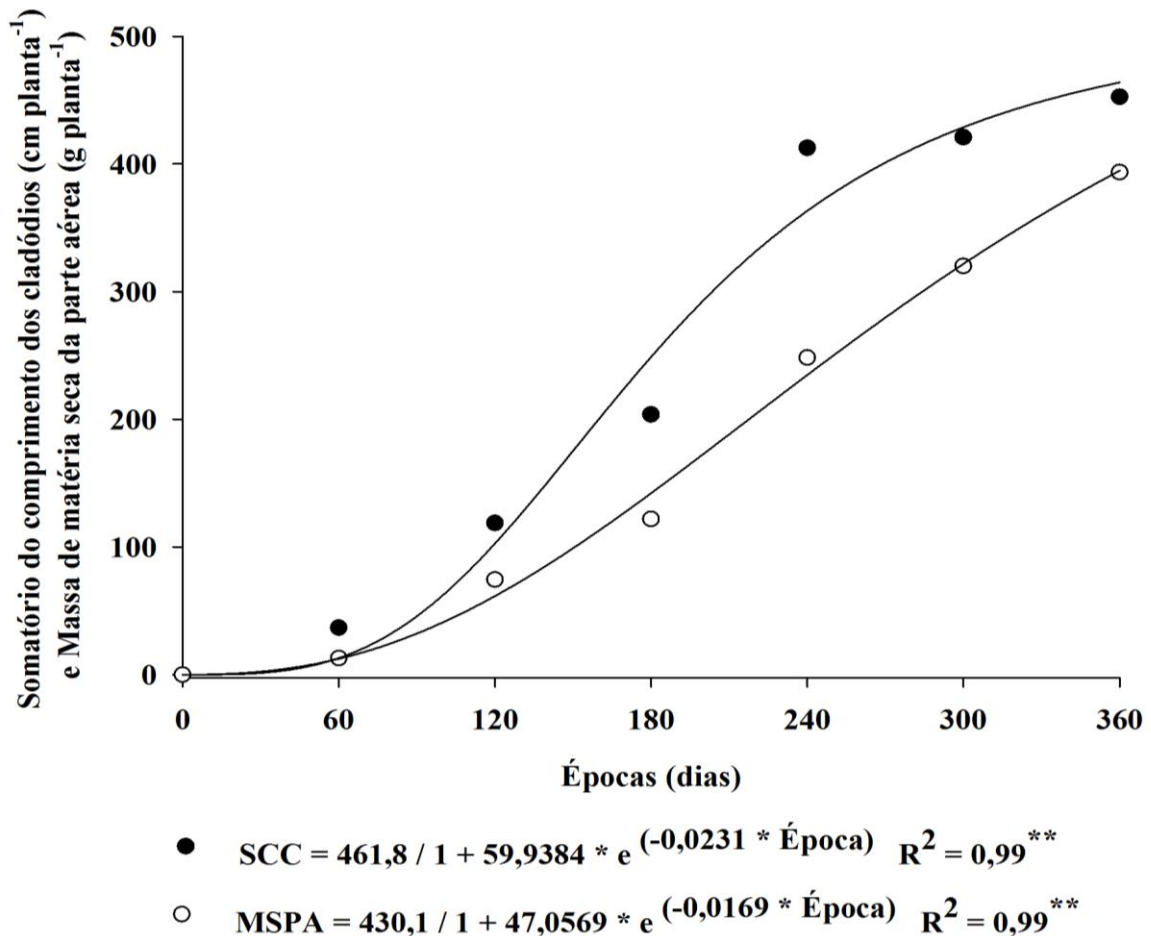
FV	GL	Quadrado médio	
		SCC	MSPA
Épocas	6	148297,88**	95702,36**
Bloco	3	176,11 <sup>ns</sup>	458,12 <sup>ns</sup>
Erro	18	81,92	373,44
CV(%)		3,85	11,55

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F  
Fonte: autora (2018).

#### 4.1.1 Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea

As plantas de pitaia apresentaram crescimento inicial lento até 60 dias após o plantio (DAP), sendo observados nessa época os menores valores de comprimento dos cladódios (GRÁFICO 2). De 60 a 240 dias, verificou-se crescimento mais vigoroso das plantas. O período compreendido entre 120 e 180 dias foi o de maior crescimento; as plantas de pitaia cresceram em média 2,35 cm dia<sup>-1</sup>, atingindo aos 180 dias o comprimento estimado de 238,37 cm; nesta fase, a planta ainda estava emitindo cladódios laterais, o que contribuiu para o aumento do comprimento dos cladódios.

Gráfico 2 – Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



Fonte: autora (2018).

Avaliando o crescimento inicial da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) em função das doses de potássio, em casa de vegetação, Cajazeira (2016) encontrou aos 270 dias valores de 65,90 cm para o somatório do comprimento dos cladódios. Essas diferenças observadas no comprimento dos cladódios se devem, provavelmente, ao ambiente onde foram conduzidos os experimentos, verificando-se que a maior disponibilidade de luz durante a condução deste experimento proporcionou maior crescimento dos cladódios. Outro fator que pode justificar essas diferenças é o tamanho dos vasos, pois Cajazeira (2016), utilizou vasos menores (11 dm<sup>3</sup>) o que pode ter ocasionado menor desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, menor absorção de nutrientes pelas plantas, influenciando assim, o crescimento dos cladódios.

Até os 60 DAP, dos 61 aos 240 DAP e de 241 aos 360 DAP, as taxas de crescimento dos cladódios foram de 0,36; 1,91 e 0,67 cm planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> respectivamente. A

partir dos 240 DAP, a diminuição na taxa de crescimento dos cladódios pode estar relacionada à menor emissão de cladódios laterais, o que coincide com o início da frutificação. Redução no crescimento dos cladódios ao final do período experimental foi observado por Cavalcante *et al.* (2011), o que de acordo com os autores, pode ser função da mudança de estágio de desenvolvimento, passando da fase vegetativa para a reprodutiva.

O acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea ao longo do ciclo foi lento até 60 dias; entretanto, no final do experimento a produção estimada de massa seca da parte aérea foi de 388,44 g planta<sup>-1</sup>. Analisando o crescimento e a produção do abacaxizeiro “vitória” irrigado em condições semiáridas, Pegoraro *et al.* (2014a) observaram padrão de acúmulo de massa seca similar ao verificado neste trabalho com pitaia. O maior acúmulo de matéria seca da parte aérea da pitaia vermelha ocorreu no período compreendido entre 180 e 240 dias, quando a taxa de incremento estimada foi de 1,74 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GRÁFICO 2).

Avaliando o crescimento e o acúmulo de nutrientes em pitaia branca (*Hylocereus undatus*), durante seis meses, Diógenes (2017) observou que o período de maior acúmulo de massa de matéria seca ocorreu entre 165 e 195 dias, com incremento de 0,47 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Essa diferença observada no acúmulo de massa de matéria seca pode estar relacionada as diferentes condições ambientais nas quais os experimentos foram conduzidos, ao tempo de avaliação e as espécies analisadas.

O acúmulo de massa de matéria seca mostrou-se crescente durante todo o período experimental (GRÁFICO 2). Existem espécies que convertem todos os seus ápices vegetativos em ápices florais, e a planta inteira senesce e morre após a dispersão das sementes; as espécies perenes não convertem todos os seus ápices vegetativos em ápices florais (TAIZ *et al.*, 2017), apresentando portanto, várias fases reprodutivas ao longo do seu ciclo de vida, contribuindo assim, para o acúmulo crescente de massa seca.

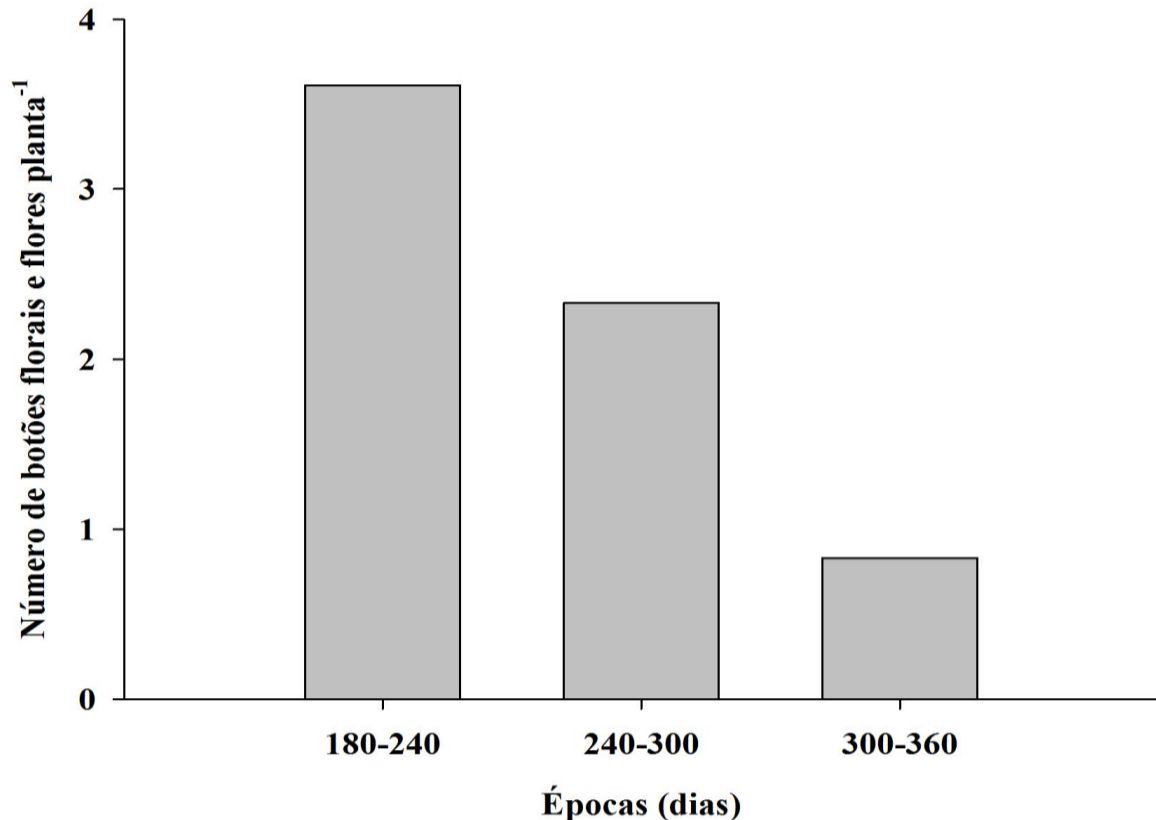
#### **4.1.2 Número de botões florais e de flores**

A emissão dos botões florais e das flores de pitaia iniciou-se entre 180 e 240 dias (janeiro a março); nesse período foram observadas, também, as maiores quantidades de botão floral e de flor por planta, com média de 3,6 (GRÁFICO 3). Observou-se que o início da emissão dos botões florais e das flores coincidiu com o início da estação chuvosa (GRÁFICO 1) e, também, com o período de maior florescimento na região de Quixeré (CE) (MUNIZ, 2017). Em Jaboticabal (SP), a emissão de gemas reprodutivas e o florescimento ocorrem nos meses de novembro e dezembro respectivamente (SILVA *et al.*, 2015). Em Lavras (MG), a

floração compreendeu de novembro a março (MARQUES *et al.*, 2011b). Tanto em Jaboticabal (SP) como em Lavras (MG), o período de emissão de botões florais e de floração se deu nas épocas de maior precipitação, fato semelhante ao observado neste trabalho.

Avaliando a correlação dos fatores ambientais e o período reprodutivo da pitaia (*Hylocereus undatus*) em Lavras- MG, Marques *et al.* 2010 observaram que a temperatura, a umidade relativa e a precipitação são as variáveis climáticas que mais interferem na fenologia da pitaia. De acordo com os autores o maior número de flores surge nos meses de menor insolação, o que pode ser atribuído à característica própria da espécie, que é adaptada a um clima típico de floresta. O florescimento em resposta a estímulos ambientais assegura que as sementes sejam produzidas sob condições favoráveis, particularmente em resposta à água e à temperatura (TAIZ *et al.*, 2017). Verificou-se neste experimento, ainda, que nem todos os botões florais emitidos foram convertidos em flores, ocorrendo aborto de alguns botões florais quando os mesmos se encontravam com cerca de 2 cm de comprimento.

Gráfico 3 - Número de botões florais e de flores emitidos pela pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



Fonte: autora (2018).

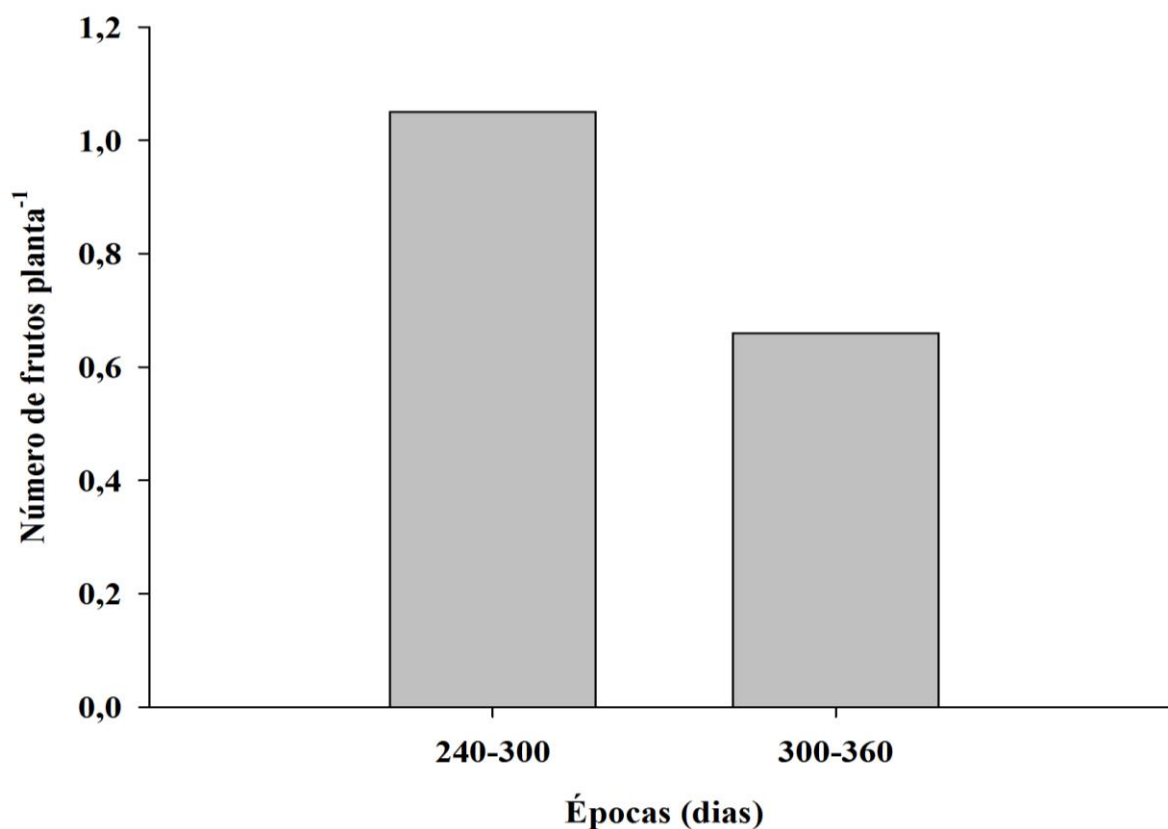
### 4.1.3 Número de frutos

A produção de frutos ocorreu entre 240 e 360 dias (março a julho), com maior intensidade no período de 240 a 300 dias (março a maio), com média de 1,0 fruto planta<sup>-1</sup> (GRÁFICO 4). No primeiro ano, como no caso da presente pesquisa, a pitaia ainda está em formação, emitindo cladódios estruturais e produtivos, o que pode acarretar baixas produções. De acordo com o observado, a produção de frutos da pitaia vermelha ocorre no período chuvoso (GRÁFICOS 1 e 4). Fonseca, Funch e Borba (2008), avaliando a fenologia reprodutiva de espécies de *Melocactus*, ressaltam que a frutificação em períodos chuvosos pode ser favorável à dispersão e à germinação de sementes da espécie. Esta pode ser a estratégia utilizada por essa espécie de pitaia, já que os frutos começam a amadurecer no auge do período chuvoso. Garcia-Suarez *et al.* (2007), estudando o crescimento dos frutos da pitaya *Stenocereus stellatus*, observaram que o crescimento dos frutos dessa espécie é influenciado pelo período chuvoso.

Ao longo do período reprodutivo (180 a 360 dias) observaram-se botões florais em estágio inicial, botões florais em desenvolvimento, flores e frutos na mesma planta de pitaia. Esse comportamento demonstra que a espécie pode apresentar diferentes demandas nutricionais nessa fase (SILVA *et al.*, 2015). De acordo com o que foi observado durante o experimento, o período reprodutivo da pitaia vermelha de polpa vermelha, em Fortaleza, ocorre de janeiro a julho, sendo que o tempo decorrido entre o aparecimento do botão floral até a colheita do fruto, neste período, foi de 50 a 60 dias.



Gráfico 4 - Número de frutos produzidos pela pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



Fonte: autora (2018).

#### 4.2 Acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia vermelha

O resumo da análise de variância do acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia vermelha está apresentado na Tabela 3. Verificou-se diferença significativa da época de amostragem sobre todos os nutrientes. Os valores de CV observados na Tabela 3 são considerados médios (PIMENTEL GOMES, 2000), indicando boa precisão experimental, com exceção P, S, Cu, Zn, Mn e B que são considerados altos, ou seja, de menor precisão. Porém, não há referencial de valores de CV que identifique a cultura da pitaia, o que poderia ser considerado ao tratar-se da avaliação da precisão de um experimento.

A maioria dos nutrientes ajustou-se ao modelo logístico, com exceção do Zn que apresentou ajuste quadrático (GRÁFICO 5). O acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia após 360 dias de crescimento seguiu a seguinte ordem decrescente: K > Ca > N > P > Mg > S > Na > Zn > Mn > Fe > B > Cu (GRÁFICOS 5 e 6). Esta ordem de acúmulo de nutrientes diferiu da observada por Moreira *et al.* (2016), que relataram a seguinte ordem no acúmulo de

nutrientes da parte aérea da pitaita (*Hylocereus undatus*):  $K > Ca > N > S > Mg > P > Mn > Fe > Zn > B \geq Cu$ . De acordo com Rozane *et al.* (2011), variações no acúmulo de nutrientes podem ocorrer quando se empregam materiais genéticos e meios de cultivo distintos.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.). Fortaleza – CE, 2018

FV	GL	Quadrado médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Épocas	6	16,6889 <sup>**</sup>	2,2617 <sup>**</sup>	39,2720 <sup>**</sup>	30,6527 <sup>**</sup>	2,0774 <sup>**</sup>	0,8834 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,2500 <sup>ns</sup>	0,0590 <sup>ns</sup>	0,7161 <sup>ns</sup>	0,2120 <sup>ns</sup>	0,0141 <sup>ns</sup>	0,0130 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,0920	0,0410	0,4942	0,2276	0,0138	0,2880
CV(%)		10,87	24,34	18,15	16,38	12,36	23,03

FV	GL	Quadrado médio					
		Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Épocas	6	0,1032 <sup>**</sup>	3,3986 <sup>**</sup>	460,34 <sup>**</sup>	1410,94 <sup>**</sup>	678,62 <sup>**</sup>	36,9062 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,0013 <sup>ns</sup>	0,0336 <sup>ns</sup>	2,0520 <sup>ns</sup>	6,3130 <sup>ns</sup>	22,098 <sup>ns</sup>	1,8030 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,0007	0,0827	4,1273	11,1872	9,1809	0,7680
CV(%)		13,33	32,41	20,24	23,69	21,52	25,21

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F

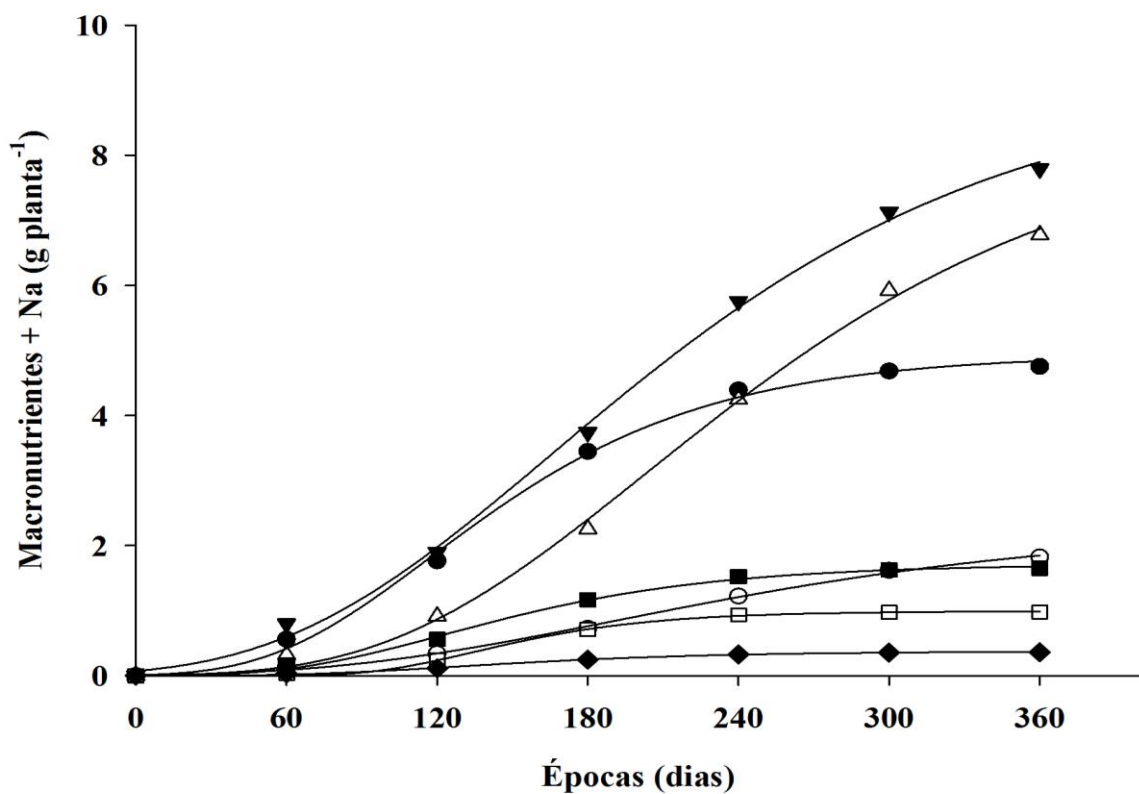
Fonte: autora (2018).

O K foi o macronutriente mais acumulado na parte aérea da pitaita, com valor máximo de 7,79 g planta<sup>-1</sup>, obtido aos 360 dias (GRÁFICO 5). A taxa de acúmulo máximo de potássio foi obtida no período de 180 a 240 dias, sendo de 0,034 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Nesse intervalo a fase vegetativa (emissão e crescimento de cladódios laterais) e reprodutiva (emissão de botões florais, flores e frutos) da pitaita estavam ocorrendo simultaneamente. De acordo com Prado (2008), o potássio é normalmente destinado aos tecidos meristemáticos ou para os frutos. A grande quantidade de K acumulado na parte aérea pode estar relacionada ao fato da pitaita não ter cessado seu crescimento vegetativo, mesmo durante a fase reprodutiva, pois, de acordo com Rajj (2017), a maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo. Moreira *et al.* (2016), avaliando o acúmulo de nutrientes durante o crescimento inicial da pitaita branca, em função da adubação fosfatada pelo período de dez meses, observaram que o potássio foi o nutriente mais acumulado pela parte aérea dessa frutífera (2,49 g planta<sup>-1</sup>).

O Ca foi o segundo macronutriente mais acumulado pela pitaita, com 6,78 g planta<sup>-1</sup>. A taxa de acúmulo máximo de cálcio também foi obtida no período de 180 a 240 dias, com 0,033 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GRÁFICO 5). Isso demonstra que a cultura é exigente em

cálcio, o qual deve estar disponível no solo ao longo de todo o ano. O cálcio é um elemento essencial que atua na formação das paredes celulares (TAIZ *et al.*, 2017); entre 180 e 240 dias inicia-se a emissão e a formação de botões florais, flores e frutos na planta de pitiaia (GRÁFICO 3), aumentando assim a demanda de Ca para a formação e a constituição dessas partes reprodutivas; esses órgãos tornam-se os principais drenos da planta, contribuindo assim para o acúmulo crescente de cálcio até o final do período experimental.

Gráfico 5 - Acúmulo de macronutrientes + Na na parte aérea da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



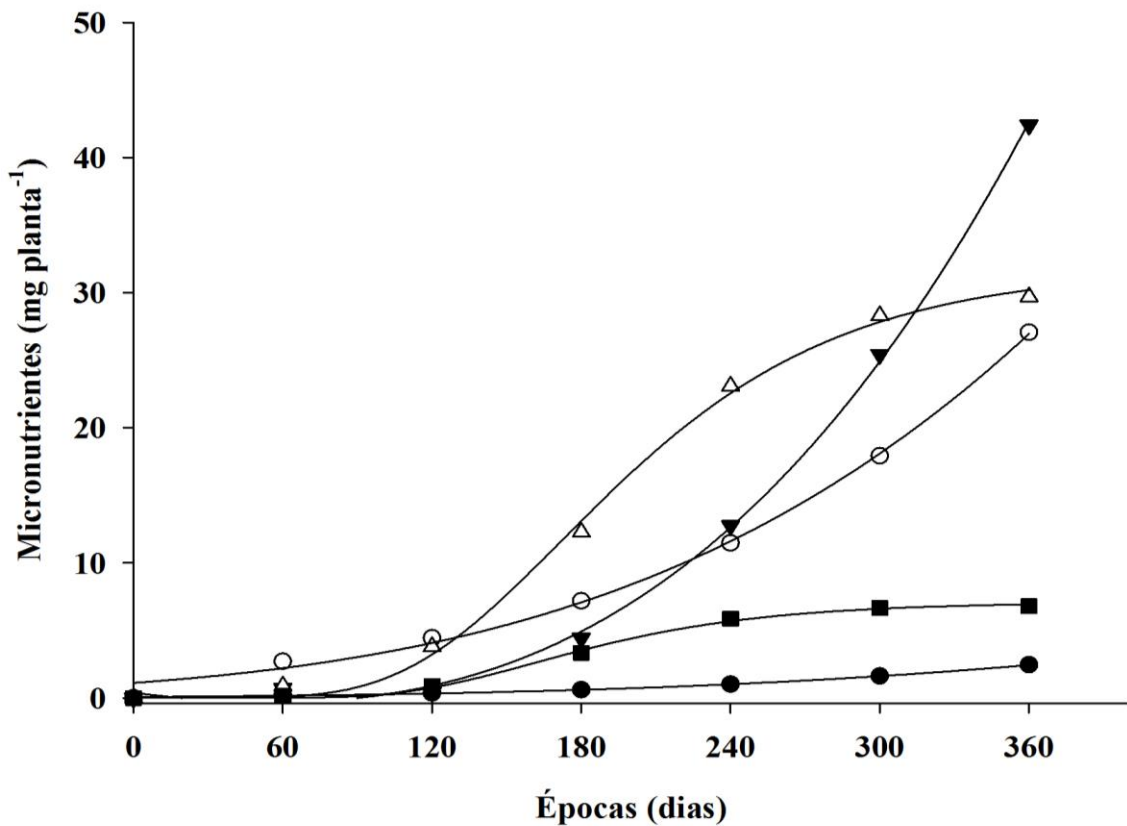
●	$N = 4,7725 / 1 + 33,5133 * e^{(-0,0248 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,98^{**}$
○	$P = 1,9604 / 1 + 38,4021 * e^{(-0,0173 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,95^{**}$
▼	$K = 8,2192 / 1 + 25,9761 * e^{(-0,0171 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,97^{**}$
△	$Ca = 7,2690 / 1 + 68,0205 * e^{(-0,0190 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,98^{**}$
■	$Mg = 1,6558 / 1 + 43,5585 * e^{(-0,0258 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,98^{**}$
□	$S = 0,9773 / 1 + 215,1000 * e^{(-0,0325 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,94^{**}$
◆	$Na = 0,3616 / 1 + 51,1363 * e^{(-0,0262 * \text{Época})}$	$R^2 = 0,97^{**}$

O nitrogênio foi o terceiro macronutriente mais acumulado pela pitiaia. A taxa de acúmulo máximo de nitrogênio foi  $0,028 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  obtida no período entre 120 e 180 dias (GRÁFICO 5), período este que coincide com o de maior crescimento de cladódios (GRÁFICO 2). Observa-se que até 180 dias o acúmulo de N era superior ao de Ca; a partir de 240 dias (início da frutificação) a planta passa a acumular mais Ca, sendo portanto, o nitrogênio mais exigido durante a fase de crescimento vegetativo e o cálcio durante a fase de frutificação da pitiaia. Devido a sua grande mobilidade nas plantas, o N se concentra nas regiões de maior atividade metabólica, ou seja, nos cladódios; o Ca, por ser responsável pela formação das paredes celulares, apresenta menor mobilidade nas plantas e se concentra, além dos cladódios, nas regiões de menor atividade, como as flores e os frutos.

Os macronutrientes menos exigidos foram o fósforo, o magnésio e o enxofre, cujo acúmulo, ao final do período experimental, foi de: 1,822, 1,659 e 0,977  $\text{g planta}^{-1}$  a respectivamente (GRÁFICO 5). O sódio apresentou acúmulo de  $0,360 \text{ g planta}^{-1}$  aos 360 dias (GRÁFICO 5). A taxa de acúmulo máximo do Na foi determinada no período de 120 a 180 dias, com  $0,002 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . O sódio é importante para espécies que utilizam a rota CAM para a fixação do carbono, empregando esse elemento na regeneração da fosfoenolpiruvato (TAIZ *et al.*, 2017).

O Zn foi o micronutriente mais acumulado pela parte aérea da pitiaia, com valor de  $42,397 \text{ mg planta}^{-1}$  aos 360 dias (GRÁFICO 6). A partir de 180 dias observa-se maior exigência de zinco pela planta; por ser ativador de várias enzimas e precursor na formação de auxinas (TAIZ *et al.*, 2017), esse aumento no requerimento de Zn pode estar relacionado à síntese desses compostos demandados para a formação de flores e frutos. Com relação ao Mn, o período compreendido entre 180 e 240 dias foi o de maior acúmulo, com taxa máxima de  $0,180 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . O Mn foi o segundo micronutriente mais acumulado pela parte aérea, com valor de  $29,681 \text{ mg planta}^{-1}$  observado aos 360 dias (GRÁFICO 6). O manganês exerce, segundo Malavolta (2006), funções metabólicas vitais para a planta, atuando como ativador enzimático da fotossíntese e respiração e, participando do controle hormonal, justificando assim, o acúmulo crescente de manganês durante todo o período experimental. Diógenes (2017) observou acúmulo de Mn de  $4,508 \text{ mg planta}^{-1}$  na parte aérea da pitiaia branca. Essa diferença observada com relação aos valores acumulados na parte aérea da pitiaia pode estar relacionada ao tempo de execução do trabalho, pois, Diógenes (2017) avaliou as plantas após seis meses de plantio e, no presente experimento, as pitaias foram avaliadas aos doze meses após o plantio, tendo portanto, mais tempo para crescer, absorver e acumular os nutrientes na parte aérea, justificando assim os valores mais altos.

Gráfico 6 - Acúmulo de micronutrientes na parte aérea da pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



- $\text{Cu} = 7,9377 / 1 + 65,3522 * e^{(-0,00937 * \acute{E}poca)}$   $R^2 = 0,92^{**}$
- $\text{Fe} = 119,5000 / 1 + 71,5666 * e^{(-0,0084 * \acute{E}poca)}$   $R^2 = 0,89^{**}$
- ▼  $\text{Zn} = 0,0006x^2 - 0,1130x + 5,3170$   $R^2 = 0,99^{**}$
- △  $\text{Mn} = 30,0730 / 1 + 159,1000 * e^{(-0,0261 * \acute{E}poca)}$   $R^2 = 0,96^{**}$
- $\text{B} = 6,8284 / 1 + 272,7000 * e^{(-0,0309 * \acute{E}poca)}$   $R^2 = 0,96^{**}$

Fonte: autora (2018).

O Fe foi o terceiro micronutriente mais acumulado pela parte aérea da pitaita vermelha. A taxa de acúmulo máximo de ferro foi obtida no período de 300 a 360 dias, com 0,152 0,180 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GRÁFICO 6). Por ser um ativador enzimático e integrar algumas coenzimas e moléculas que participam do transporte de elétrons nos processos de fotossíntese e respiração, o ferro é um micronutriente de extrema importância para as plantas (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009).

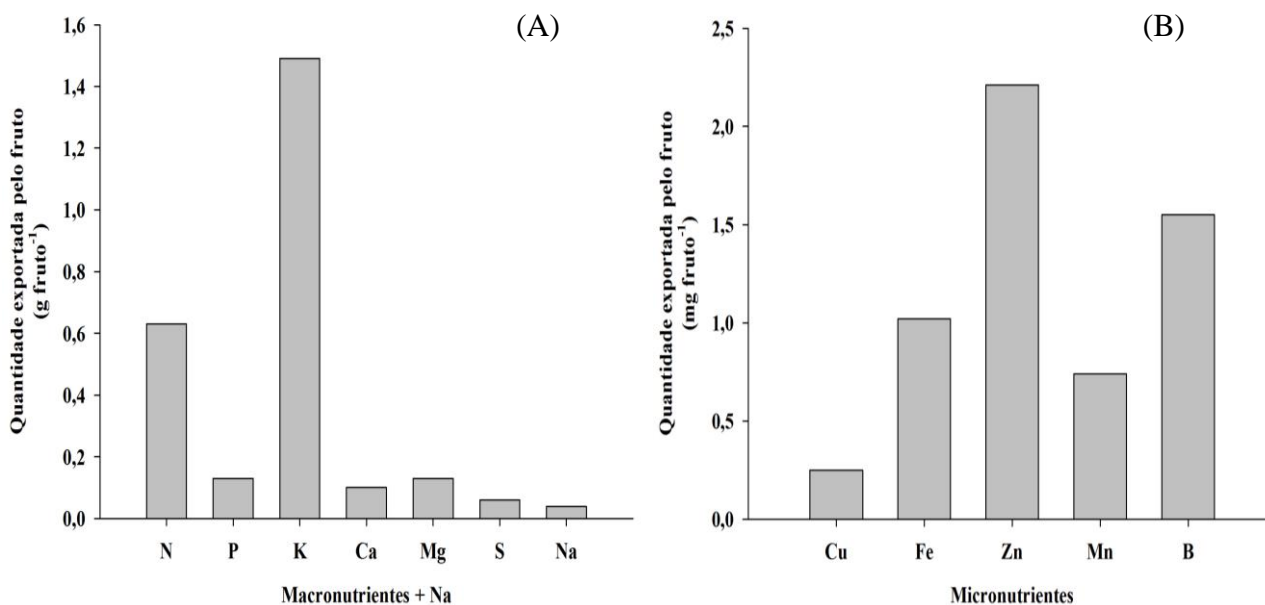
O B e o Cu foram os micronutrientes menos acumulados pela parte aérea da pitaia, com acúmulo máximo de 6,80 0,180 mg planta<sup>-1</sup> e 2,45 0,180 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente, aos 360 dias. O período compreendido entre 180 e 240 dias foi o de maior acúmulo de B, com taxa de acúmulo máximo de 0,042 0,180 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GRÁFICO 6). Observou-se que a exigência de boro pela pitaia é maior durante a fase reprodutiva. De acordo com Malavolta (2006), em muitas plantas as exigências de boro na fase reprodutiva são muito mais altas do que as necessidades para o crescimento vegetativo, pois o B influencia na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico.

Aos 360 dias foram determinados os seguintes acúmulos de nutrientes na parte aérea da pitaia (g planta<sup>-1</sup>): N = 4,75; P = 1,82; K = 7,79; Ca = 6,78; Mg = 1,65; S = 0,98; Na = 0,36; Cu = 0,002; Fe = 0,027; Zn = 0,042; Mn = 0,029 e B = 0,006. Esses valores são superiores aos de Moreira *et al.* (2016), que observaram os seguintes acúmulos na parte aérea da pitaia, em g planta<sup>-1</sup>: N = 2,06; P = 0,16; K = 2,49; Ca = 3,16; Mg = 0,29; S = 0,61; Cu = 0,001; Fe = 0,011; Zn = 0,004; Mn = 0,018 e B = 0,001. Entretanto, esses autores trabalharam com outra espécie de pitaia; o tempo de execução do experimento foi menor e não incluíram flores e frutos em sua avaliação, o que pode justificar as diferenças observadas em relação ao presente estudo.

#### 4.3 Quantidade de nutrientes exportados pelos frutos da pitaia vermelha

Considerando que somente os frutos são retirados do campo, em termos de quantidade total, o K foi o macronutriente mais exportado, seguido pelo N (GRÁFICO 7A). O potássio e o nitrogênio foram também os nutrientes mais exportados pelos frutos do abacaxi (PEGORARO *et al.*, 2014b). Apesar das pequenas quantidades de P, Ca, Mg e S exportadas pelos frutos, estima-se que 8,2%, 1,7%, 8,9% e 7,7% do total de P, Ca, Mg e S absorvido, respectivamente, seja exportado pela colheita. Com relação aos micronutrientes, o Zn e o B foram os mais exportados pelos frutos (GRÁFICO 8B), o que representa 5,2% e 22,1% do total absorvido respectivamente. A exportação de nutrientes pelos frutos ocorreu na seguinte ordem decrescente: K > N > P = Mg > Ca > S > elemento Na > Zn > B > Fe > Mn > Cu. Os nutrientes exportados pelos frutos representam perdas significativas de nutrientes do solo, devendo ser restituídos por meio da adubação.

Gráfico 7 – Macronutrientes + Na (A) e micronutrientes (B) exportados pelos frutos da pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.). Fortaleza, 2018



Fonte: autora (2018).

#### 4.4 Experimento II – Pitaia saborosa

Observa-se na Tabela 4 diferença significativa da época de amostragem sobre as variáveis somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea da pitaia saborosa; os dados ajustaram-se ao modelo exponencial (GRÁFICO 8). Os valores de CV observados na Tabela 4 são considerados médios (PIMENTEL GOMES, 2000), significando boa precisão experimental.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para somatório do comprimento dos cladódios (SCC) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) da pitaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.). Fortaleza – CE, 2018

FV	GL	Quadrado médio	
		SCC	MSPA
Épocas	6	115737,60**	14841,45**
Bloco	3	275,36 <sup>ns</sup>	143,36 <sup>ns</sup>
Erro	18	1075,16	96,38
CV(%)		19,31	19,25

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F

Fonte: autora (2018).

#### ***4.4.1 Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea***

Verificou-se menores taxas de crescimento dos cladódios da pitaiá saborosa até 180 dias (GRÁFICO 8). Observou-se que a emissão dos cladódios laterais teve início após 180 dias, ou seja, baixas taxas de crescimento até esse período podem ser atribuídas a ausência de cladódios laterais, tendo em vista que essa variável de crescimento é determinada pelo somatório de todos os cladódios presentes nas plantas; assim, o menor número de cladódios contribuiu para o menor comprimento de cladódios.

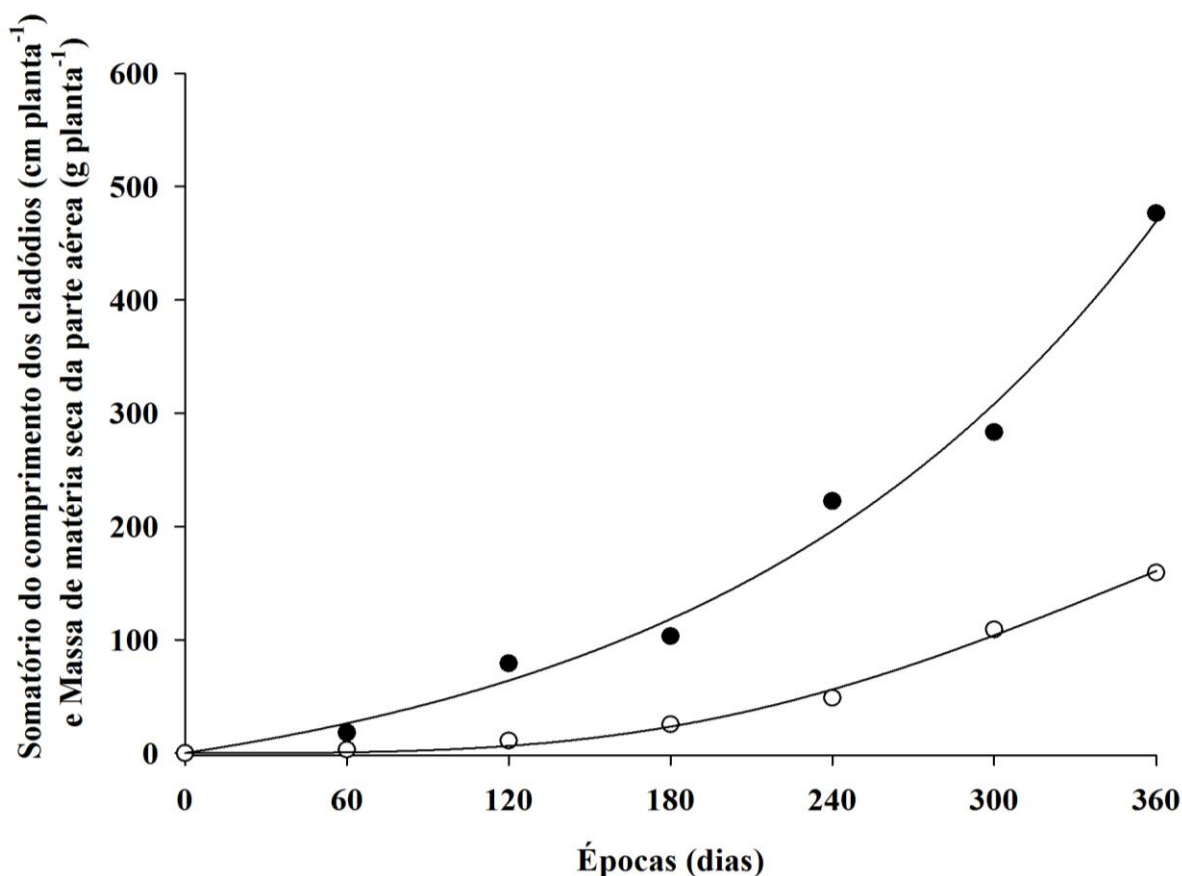
De 180 a 360 dias verificou-se crescimento mais vigoroso dos cladódios (GRÁFICO 8). Nessa fase, além do cladódio principal, as plantas já haviam emitido cladódios laterais, o que contribuiu para o aumento do comprimento total de cladódio. O período compreendido entre 300 e 360 dias foi o de maior crescimento, em média,  $3,02 \text{ cm dia}^{-1}$ , atingindo aos 360 dias o comprimento estimado de  $478,37 \text{ cm planta}^{-1}$ . A taxa de crescimento dos cladódios até 180 DAP foi de  $0,64 \text{ cm dia}^{-1}$  e, de 180 a 360 foi de  $2,02 \text{ cm dia}^{-1}$ .

A curva sigmoide é a que melhor representa o crescimento das plantas em geral, pois retrata uma fase de crescimento inicial lento, seguido de uma fase mais intensa, com posterior estabilização do crescimento e a fase final (senescência) com queda na taxa de crescimento. No presente trabalho, a pitaiá saborosa não seguiu esse modelo de crescimento visto que as plantas não desenvolveram estruturas reprodutivas até 360 dias, não sendo, portanto, observada a fase de estabilização do crescimento (GRÁFICO 8).

Analisando o crescimento inicial de três espécies de pitaiá em função das doses de potássio, Cajazeira (2016) encontrou aos 270 dias valores de 84,9 cm para o somatório do comprimento de cladódios de pitaiá saborosa. Estudando o crescimento inicial de três espécies de pitaiá, Oliveira (2017) obteve aos 150 dias valores acima de 140 cm para o somatório do comprimento de cladódios de pitaiá saborosa adubada com doses de N. Essas variações observadas em relação ao comprimento dos cladódios podem estar relacionadas ao suprimento adequado de nutrientes, que poderá influenciar diretamente o crescimento dessas estruturas da planta, como também, as condições ambientais e ao tempo de execução dos experimentos. No presente trabalho, as plantas tiveram maior disponibilidade de luz e tempo para se desenvolver, justificando os maiores comprimentos de cladódios.



Gráfico 8 – Somatório do comprimento dos cladódios e massa de matéria seca da parte aérea da pitiaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



$$\bullet \quad \text{SCC} = e^{(3,3120 - (-0,00794 * \text{Época})} \quad R^2 = 0,97^{**}$$

$$\circ \quad \text{MSPA} = e^{(1,6498 - (-0,00961 * \text{Época})} \quad R^2 = 0,97^{**}$$

Fonte: autora (2018).

O acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea apresentou pequeno incremento até aos 180 dias, com taxa de incremento diário de 0,163 g dia<sup>-1</sup> e de 0,756 g dia<sup>-1</sup> dos 180 a 360 dias (GRÁFICO 8). Até os 180 dias, as plantas acumularam apenas 18 % da massa de matéria seca total, enquanto os 82 % restantes foram acumulados na fase seguinte, até os 360 dias. A pequena taxa de incremento inicial pode ser atribuída ao tamanho e ao menor número de cladódios presentes nas plantas até os 180 dias; nesta fase, provavelmente, ocorre menor absorção de CO<sub>2</sub> e produção de fotoassimilados, resultando em menor acúmulo de massa de matéria seca. De acordo com Laredo (2016), o tamanho e o número de brotações são características importantes na pitiaia, pois, plantas que apresentam maior vigor da parte

aérea captam mais luz e produzem mais fotoassimilados, tornando-se bem nutridas e acumulando mais reservas.

O período de maior acúmulo foi entre 300 e 360 dias, quando a taxa de incremento estimada foi de  $1,21 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (GRÁFICO 8). O período entre 300 e 360 dias foi, também, o de maior crescimento dos cladódios (GRÁFICO 8), o que contribuiu para o maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea neste período (GRÁFICO 8). Na presente pesquisa, a condução do experimento até 360 dias não foi tempo suficiente para atingir a fase reprodutiva da pitiaia saborosa (GRÁFICO 8). Aos 360 dias, a produção estimada de massa de matéria seca da parte aérea foi de  $165,57 \text{ g planta}^{-1}$  (GRÁFICO 8). Cajazeira (2016) obteve aos 270 dias valores de  $26,10 \text{ g}$  de massa seca para a pitiaia saborosa com diferentes doses de K. Essa diferença, provavelmente, se deve a maior quantidade de luz disponível para as plantas neste experimento, que promoveu maior crescimento e acúmulo de biomassa.

Ao comparar o desenvolvimento da pitiaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) com o da pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.) observa-se que a primeira apresenta desenvolvimento inicial mais lento, bem como produção de frutos mais tardia.

#### 4.5 Acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitiaia saborosa

As épocas de amostragens ocasionaram diferenças significativas sobre o acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitiaia (TABELA 5). Ocorreram diferenças significativas no acúmulo de nutrientes na parte aérea nas diferentes épocas de amostragem, sendo os maiores acúmulos observados no final do período experimental (360 dias) para todos os elementos analisados. Todos os nutrientes tiveram ajuste exponencial (GRÁFICOS 9 e 10). O acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitiaia saborosa seguiu a seguinte ordem decrescente:  $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{S} > \text{Na} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Cu}$  (GRÁFICOS 9 e 10). A sequência de acúmulo de nutrientes da pitiaia saborosa e da vermelha são bem semelhantes, com exceção do Fe e Mn (GRÁFICOS 5, 6, 9 e 10).

O K foi o nutriente mais acumulado pela parte aérea da pitiaia saborosa, sendo o máximo estimado de  $3,91 \text{ g planta}^{-1}$  aos 360 dias, e maior exigência entre 300 e 360 dias, acumulando nesse período  $1,68 \text{ g planta}^{-1}$  (GRÁFICO 9), o que corresponde a 42,96 % do total de potássio determinado na parte aérea. Nesse período (300 e 360 dias), a taxa de acúmulo máximo diário foi  $0,028 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (GRÁFICO 9). Amaral *et al.* (2014),

avaliando o acúmulo de macronutrientes em abacaxi 'Pérola,' observaram que o K é o macronutriente mais acumulado pela planta.

Tabela 5. Resumo da análise de variância do acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaita saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.). Fortaleza - CE, 2018

FV	GL	Quadrado médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Épocas	6	1,9375**	0,7944**	7,8911**	3,4105**	0,1093**	0,0499**
Bloco	3	0,0380 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,1035 <sup>ns</sup>	0,0224 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,0275	0,0089	0,077	0,0232	0,0003	0,0002
CV(%)		25,90	29,99	22,04	24,07	12,44	16,71

FV	GL	Quadrado médio					
		Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Épocas	6	0,0021**	0,5806**	89,0616**	113,04**	76,5909**	15,4685**
Bloco	3	0,00004 <sup>ns</sup>	0,0104 <sup>ns</sup>	4,2308 <sup>ns</sup>	0,0550 <sup>ns</sup>	0,3751 <sup>ns</sup>	0,3011 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,00003	0,0065	1,9624	0,4145	0,5637	0,1677
CV(%)		28,99	29,85	44,73	21,48	25,00	28,65

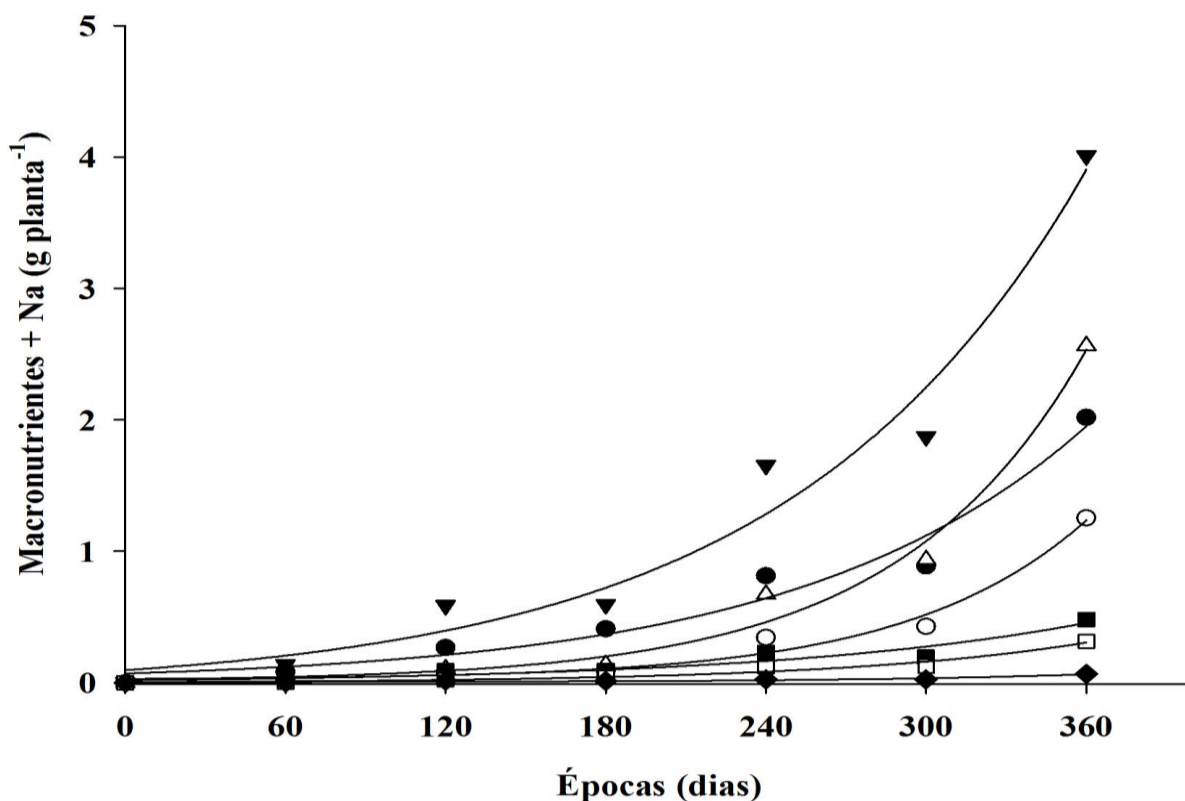
\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F

Fonte: autora (2018).

Estudando o efeito de diferentes doses de potássio sobre o estado nutricional da pitaita saborosa, Cajazeira (2016) observou que a absorção de potássio pela pitaita saborosa foi influenciada pelas doses de K, sendo maior nas maiores doses do elemento. De acordo com o autor, a pitaita saborosa é uma cultura bastante exigente em potássio. As constantes adubações potássicas realizadas neste experimento devem ter mantido as concentrações de K no solo em níveis adequados, possibilitando maior disponibilidade às plantas, aumentando assim a absorção desse macronutriente, o que contribuiu para seu maior acúmulo nos cladódios.

Mesmo não fazendo parte da estrutura de qualquer composto orgânico, o potássio desempenha importantes funções nas plantas, como na abertura e fechamento estomático, translocação de açúcares, fotossíntese, regulação osmótica, entre outros (MALAVOLTA, 2006) estimulando o crescimento e a produção dos vegetais. As informações em relação a influência do K sobre o desenvolvimento da pitaita indicam, aumento no comprimento, diâmetro e espessura dos cladódios (CAJAZEIRA *et al.*, 2018), além de melhorias na qualidade dos frutos (FERNANDES *et al.*, 2018).

Gráfico 9 - Acúmulo de macronutrientes + Na na parte aérea da pitiaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



●	$N = e^{-2,6613 - (-0,0092 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,95^{**}$
○	$P = e^{-4,8184 - (-0,0140 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,96^{**}$
▼	$K = e^{-2,0228 - (-0,0094 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,96^{**}$
△	$Ca = e^{-4,1698 - (-0,0142 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,95^{**}$
■	$Mg = e^{-3,8580 - (-0,0085 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,95^{**}$
□	$S = e^{-5,0994 - (-0,0109 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,97^{**}$
◆	$Na = e^{-6,1800 - (-0,0095 * \acute{E}poca)}$	$R^2 = 0,93^{**}$

Fonte: autora (2018).

O Ca foi o segundo macronutriente mais acumulado pela parte aérea da pitiaia saborosa, atingindo aos 360 dias valor máximo estimado de 2,56 g planta<sup>-1</sup>. Observa-se que o acúmulo de cálcio foi lento até 180 dias, verificando-se valores de 0,199 g planta<sup>-1</sup> na parte aérea; a partir de 240 dias observa-se aumento no acúmulo de cálcio nas plantas. A baixa produção de massa de matéria seca até os 180 dias pode ter contribuído para o menor acúmulo desse macronutriente. O período de maior exigência de Ca foi entre 300 e 360 dias, cuja taxa

de acúmulo máximo diário de cálcio foi de  $0,024 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (GRÁFICO 9). A taxa de acúmulo máximo neste período foi de  $1,44 \text{ g planta}^{-1}$ , o que representa 56,25 % do total de cálcio acumulado pela planta. Durante o crescimento da pitiaia saborosa ocorreu a emissão e a formação de vários cladódios; a partir de 180 dias houve formação de cladódios laterais, aumentando a exigência do elemento e, contribuindo assim, para elevar o acúmulo de Ca aos 360 dias.

No caso do N, o terceiro macronutriente mais acumulado, a maior demanda foi entre 300 e 360 dias, com taxa de acúmulo máximo diário de  $0,013 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (GRÁFICO 9). Observa-se que até 240 dias o acúmulo de N era superior ao de Ca (GRÁFICO 9); de acordo com Luders e Mc Mahon (2006), o nitrogênio é requerido pela pitiaia durante todo crescimento vegetativo, sendo responsável pela emissão de novas brotações (cladódios); neste trabalho, após o plantio das mudas nos vasos, observou-se fortes emissões de novas brotações; essas emissões foram intensas até a definição de todos os cladódios da planta, que ocorreu em torno de 300 dias, o que pode ter contribuído para o maior acúmulo de N até 240 dias. O valor máximo acumulado de N na parte aérea foi de  $1,95 \text{ g planta}^{-1}$ , obtido no final do experimento (GRÁFICO 9). De acordo com INTA (2002), o nitrogênio favorece o desenvolvimento dos cladódios de pitiaia.

Fósforo, o quarto nutriente mais acumulado pela pitiaia, tem maior acúmulo a partir de 240 dias; no período compreendido entre 300 e 360 dias ocorre maior acúmulo, sendo a taxa máxima de  $0,011 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (GRÁFICO 9). Ao final do período experimental a planta acumulou em sua parte aérea  $1,24 \text{ g}$  de P. Este resultado difere do encontrado por Moreira *et al.* (2016), que observaram acúmulo inferior de P na parte aérea de plantas de pitiaia branca ( $0,16 \text{ g planta}^{-1}$ ). É possível que essas diferenças se devam a aspectos morfológicos e fisiológicos das espécies, bem como à quantidade de P disponível para as plantas no solo e ao tempo de avaliação do experimento. De acordo com Barbosa, Soares e Crisóstomo (2003), a quantidade de nutrientes absorvida depende de características morfológicas e fisiológicas das plantas, como também, da disponibilidade de nutrientes e umidade do solo, fatores esses responsáveis por alterações nos padrões de absorção de elementos essenciais.

O Mg e o S foram os macronutrientes menos exigido pela pitiaia saborosa, com acúmulo máximo de  $0,45 \text{ g planta}^{-1}$  e  $0,30 \text{ g planta}^{-1}$ , respectivamente, aos 360 dias. O período compreendido entre 300 e 360 dias foi o de maior acúmulo para ambos os nutrientes, com taxa de acúmulo máximo para o Mg e o S, de  $0,18 \text{ g planta}^{-1}$  e  $0,14 \text{ g planta}^{-1}$ , respectivamente (GRÁFICO 9). O magnésio faz parte da molécula de clorofila, tem papel

específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e na síntese de DNA e RNA (TAIZ *et al.*, 2017). De acordo com Malavolta (2006), devido a ser muito móvel no floema, o Mg é mais abundante nos tecidos novos e nos órgãos reprodutores como flores e grãos. O enxofre é um dos constituintes dos aminoácidos cisteína e metionina e, de várias coenzimas e vitaminas que são essenciais para o metabolismo vegetal. A necessidade de enxofre para o bom crescimento das plantas varia de 0,1 a 0,5 % do peso seco (MARSCHNER, 2012).

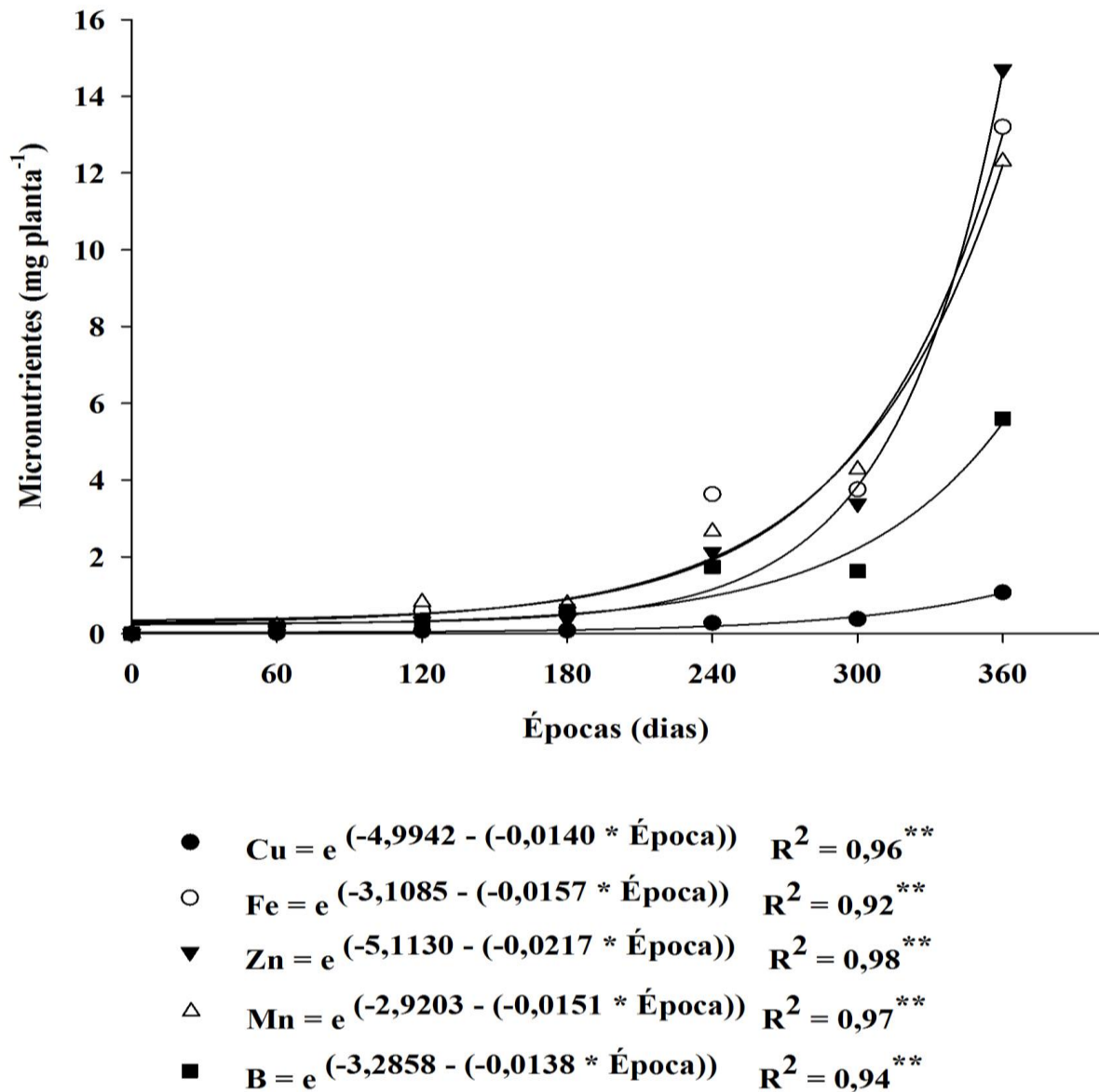
O acúmulo de sódio foi de 0,064 g planta<sup>-1</sup> aos 360 dias (GRÁFICO 9). A taxa de acúmulo máximo foi de 0,028 g planta<sup>-1</sup>, entre 300 e 360 dias. De acordo com Taiz *et al.* (2017), as espécies que utilizam as rotas C4 e CAM de fixação de carbono requerem íons de sódio, pois, esses íons estimulam o crescimento mediante a expansão celular.

O acúmulo de Zn na parte aérea da pitiaia saborosa foi de 14,86 mg planta<sup>-1</sup> aos 360 dias, com maior demanda entre 300 e 360 dias, acumulando nesse período 10,82 mg planta<sup>-1</sup>, o que corresponde a 72,81 % do total de zinco na parte aérea. Neste período (300 e 360 dias), a taxa de acúmulo máximo diário foi 0,18 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. O Zn foi o micronutriente mais acumulado pela parte aérea da pitiaia saborosa (GRÁFICO 10). Corrêa *et al.* (2014), avaliando o crescimento inicial da pitiaia em função de combinações de doses de fósforo e zinco, observaram redução no crescimento vegetativo das plantas que receberam menor suprimento de Zn. De acordo com os autores, possivelmente, a deficiência de Zn na pitiaia provoca redução na síntese de auxina e RNA, comprometendo o metabolismo das plantas e, conseqüentemente, diminuindo o crescimento vegetativo.

O Fe foi o segundo micronutriente mais requerido pela pitiaia saborosa. Observa-se aumento da demanda de Fe a partir de 240 dias (GRÁFICO 10). De acordo com Prado (2008), o ferro está ligado à síntese de clorofila e atua na constituição e ativação de importantes enzimas fotossintéticas. É provável que o aumento da demanda por Fe a partir de 240 dias esteja associado à função desempenhada pelo elemento no processo fotossintético, visto que, a partir desse período, a produção de cladódios se intensificou, aumentando assim a demanda da planta por ferro.

O Mn foi o terceiro micronutriente mais acumulado pela parte aérea da pitiaia. Ao final do período experimental a planta acumulou em sua parte aérea 7,37 mg de Mn. O período compreendido entre 300 e 360 dias foi o de maior acúmulo de Mn, com valor máximo de 0,12 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GRÁFICO 10). O alto acúmulo de Mn nos cladódios está relacionado, possivelmente, com a função desempenhada pelo elemento na planta. O Mn atua como ativador e componente enzimático na fotossíntese (PRADO, 2008).

Gráfico 10 - Acúmulo de micronutrientes na parte aérea da pitiaia saborosa (*Selenicereus setaceus* Rizz.), em função das épocas de amostragem. Fortaleza, 2018



Fonte: autora (2018).

Com relação ao B, o acúmulo máximo na planta ocorreu aos 360 dias e correspondeu a  $5,37 \text{ mg planta}^{-1}$  (GRÁFICO 10), sendo o quarto micronutriente mais exigido pela pitiaia saborosa. Dentre os micronutrientes estudados, o Cu foi o menos requerido cujo acúmulo máximo foi de  $1,04 \text{ mg planta}^{-1}$ , obtido aos 360 dias (GRÁFICO 10). O Cu atua na fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, metabolismo da parede celular e na reprodução vegetal (YRUELA, 2005). De acordo com Kirkby e Römheld (2007), a carência de cobre afeta mais o crescimento reprodutivo (influenciando a formação de sementes e frutos) que o vegetativo das plantas.

Para o presente trabalho, aos 360 dias, foram observados os seguintes valores de acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaiia saborosa ( $\text{g planta}^{-1}$ ): N = 1,95; P = 1,24; K = 3,91; Ca = 2,56; Mg = 0,45; S = 0,30; Na = 0,064; Cu = 0,0001; Fe = 0,013; Zn = 0,014; Mn = 0,012 e B = 0,0003. Nota-se que a soma total dos nutrientes acumulado pela planta foi de 10,63 g e, considerando-se a massa de matéria seca da parte aérea de 165,57 g (GRÁFICO 8), os nutrientes acumulados na parte aérea representam 6,4% da massa seca. De acordo com Benincasa (2003), 90 % da matéria seca acumulada pela planta é resultante da atividade fotossintética, sendo os outros 10% resultante da absorção mineral via solo.

## 5 Taxa de crescimento relativo (TCR) das pitaiias vermelha e saborosa

A taxa de crescimento absoluto indica a velocidade de crescimento da planta ( $\text{g/planta}$ ); portanto, para alguns pesquisadores é mais interessante expressar o crescimento segundo uma base comum, a própria massa da planta. Neste caso, tem-se a taxa de crescimento relativo (TCR), que mede o aumento de massa de matéria seca por unidade de massa já existente, em um dado intervalo de tempo. A taxa de crescimento relativo pode ser uma medida mais apropriada para avaliar o crescimento do vegetal, pois, de acordo com Benincasa (2003), a taxa de crescimento de uma planta ou órgão é função do seu tamanho inicial. Para Lima, Peixoto e Ledo (2007) qualquer incremento (massa, altura ou área foliar) ao longo de um determinado tempo está diretamente relacionado ao tamanho obtido no tempo anterior.

Verifica-se que a pitaiia vermelha teve maior crescimento relativo no período de 0-60 dias ( $0,043 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e a pitaiia saborosa apresentou maior TCR no período de 60-120 dias ( $0,022 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), sendo que ambas apresentaram diminuição da TCR até 360 dias (TABELA 6). De acordo com Hunt (2003), à medida que a planta cresce a proporção da sua massa acumulada em estruturas de sustentação e reprodutivas cresce, reduzindo o incremento de massa seca por unidade existente.

Tanto a pitaiia vermelha como a pitaiia saborosa apresentaram, após atingirem a máxima TCR, decréscimo dessa variável com o decorrer das avaliações (TABELA 6). De acordo com Gonçalves *et al.* (2017), decréscimos na TCR ao longo do ciclo das culturas refletem redução na capacidade da planta de produzir material novo ao longo do ciclo. Declínios na TCR são esperados; com o aumento da massa de matéria seca acumulada nas plantas, ocorre aumento da necessidade de fotoassimilados para a manutenção de estruturas já



formadas e, assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para os novos crescimentos diminui relativamente (FERRARI *et al.*, 2008).

Tabela 6. Taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de pitaia. Fortaleza - CE, 2018

Período	Pitaia vermelha (Planta inteira)	Pitaia saborosa (Planta inteira)
Dias	.....g g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> .....	
0-60	0,043	0,019
60-120	0,029	0,022
120-180	0,008	0,014
180-240	0,012	0,011
240-300	0,004	0,013
300-360	0,003	0,006

Fonte: autora (2018).

## 6 Taxa de absorção relativa dos nutrientes (TARN)

A taxa de absorção relativa dos nutrientes (TARN) para as duas espécies de pitaia variou em função do nutriente e da época de amostragem; porém, de modo geral, as maiores TARN para pitaia vermelha ocorreram entre 0 e 60 dias e para pitaia saborosa entre 60 e 120 dias (TABELA 7), o que possivelmente contribuiu para os maiores valores de TCR (TABELA 6) no mesmo período. Rozane *et al.* (2013) verificaram que as maiores TARN são observadas nos períodos iniciais das avaliações, devido aos pequenos acúmulos de massa seca observados nessa fase, que no quociente da fórmula, evidenciam maior teores de nutrientes e, portanto, maiores TARN.

A TARN é dependente da massa vegetal produzida, e de um fator interno do metabolismo vegetal ligado às necessidades fisiológicas da planta pelo elemento, em um determinado período do desenvolvimento, para um tecido ou órgão em particular (LIMA-FILHO *et al.*, 1997a). De acordo com Lima-Filho *et al.* (1997b), a maior acumulação do nutriente, por unidade de massa, em determinado órgão e período do ciclo, sugere que os eventos metabólicos desse órgão necessitam da entrada do nutriente em maiores concentrações do que nos demais órgãos.

Tabela 7. Taxa de absorção relativa de nutrientes (TARN) em plantas de pitaia. Fortaleza - CE, 2018

Pitaia vermelha (Planta inteira)												
Períodos	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Dias	.....mg g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> .....						.....µg g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> .....					
0-60	1,15	0,23	1,45	0,53	0,30	0,07	0,03	0,16	1,75	1,09	3,33	0,96
60-120	0,83	0,16	0,94	0,44	0,27	0,09	0,05	0,18	0,89	0,77	1,84	0,71
120-180	0,17	0,03	0,18	0,18	0,07	0,09	0,02	0,01	1,03	0,39	1,00	0,13
180-240	0,16	0,08	0,23	0,22	0,06	0,00	0,01	0,10	1,03	1,38	1,39	0,40
240-300	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,01
300-360	0,01	0,03	0,05	0,06	0,01	0,00	0,01	0,06	0,84	1,39	0,31	0,00
Pitaia saborosa (Planta inteira)												
Períodos	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Dias	.....mg g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> .....						.....µg g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> .....					
0-60	0,49	0,06	0,79	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	1,22	0,49	1,16	0,79
60-120	0,48	0,16	1,20	0,21	0,21	0,03	0,00	0,16	1,01	0,61	1,65	0,45
120-180	0,14	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,28
180-240	0,19	0,12	0,49	0,25	0,07	0,04	0,00	0,09	1,44	0,81	0,87	0,53
240-300	0,02	0,02	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,28	0,36	0,00
300-360	0,14	0,10	0,27	0,20	0,04	0,02	0,01	0,09	1,19	1,42	1,01	0,50

Fonte: autora (2018).

## **7 CONCLUSÕES**

As plantas de pitaiia vermelha apresentaram crescimento contínuo e produção de frutos a partir dos 240 dias após o plantio.

A pitaiia saborosa apresenta porte menor e desenvolvimento inicial mais lento; assim, um ano não foi tempo suficiente para as plantas atingirem a fase reprodutiva. Essa espécie de pitaiia apresenta maior demanda de nutrientes no período entre 300 e 360 dias.

As duas espécies de pitaiia estudadas apresentam comportamentos distintos em relação ao crescimento e a quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora já se tenha trabalhos relacionados com nutrição mineral de pitaia, informações sobre acúmulos de nutrientes nessa cactácea são praticamente inexistentes, o que tem gerado necessidade de novas pesquisas, considerando a importância crescente dessa cultura. Neste estudo sobre pitaia, por ser uma planta perene, não foi possível determinar os pontos de máximo crescimento e acúmulo de nutrientes, pois, o período de avaliação compreendeu a fase inicial de desenvolvimento.

As diferenças observadas entre as espécies quanto ao crescimento e ao acúmulo de nutrientes podem estar relacionadas às estruturas morfológicas dos cladódios de cada uma, pois, as espécies estudadas apresentam características peculiares quanto à largura e espessura dos cladódios, bem como a precocidade quanto ao início de produção dos frutos. O sistema radicular das duas espécies é bem distinto; a pitaia vermelha apresenta sistema radicular mais extenso e largo, o que pode ter proporcionado maior exploração do solo pela planta, acarretando maior absorção de nutrientes.

Tendo em vista que o cálcio foi o segundo macronutriente mais acumulado pela parte aérea das duas espécies de pitaia, a calagem é uma prática de extrema importância para a cultura. Resultados encontrados na literatura sobre os efeitos da calagem no crescimento da pitaia, bem como a saturação por base ideal para a cultura são escassos, o que indica a oportunidade e a necessidade de pesquisas, considerando a crescente expansão da cultura no País. A adubação deve ser específica para cada espécie de pitaia, haja vista as diferenças em relação às épocas de maior demanda de nutrientes. Assim, as adubações devem ocorrer nos momentos de maiores taxas de acúmulo de nutrientes, principalmente para aqueles elementos que sofrem perdas significativas.

Devido à carência de informações quanto à exigência nutricional da pitaia ao longo do seu ciclo de cultivo, os resultados obtidos neste trabalho servem de orientação com relação às quantidades de nutrientes que a cultura necessita durante o seu primeiro ano de desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, W. C.; LOPES, C. O.; PINTO, K. M.; OLIVEIRA, L. A.; CARVALHO, G. B. M.; BARCELOS, M. F. P. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.
- ALMEIDA, E. I. B. **Crescimento inicial de pitaia (*Hylocereus undatus*) em função de combinações de doses de fósforo-zinco e nitrogênio-potássio**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORREA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; ARAUJO, N. A.; VALE, J. C. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, 2014.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORREA, 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. **Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 65-76, 2016.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; GONDIM, A. R. O.; CECILIO FILHO, A. B.; POLITI, L. S. Couve-flor cultivada em substrato: marcha de absorção de macronutrientes e micronutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 45-55, 2011.
- AMARAL, U.; MAIA, V. M.; PEGORARO, R. F.; KONDO, M. K.; ASPIAZÚ, I. Water depths and macronutrients accumulation in 'pérola' pineapple irrigated by drip. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 755-760, 2014.
- ARAÚJO, N. A.; MOREIRA, R. A.; MARQUES, V. B.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R. Omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pitaia (*Hylocereus undatus*). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 21., 2010, Natal. **Anais...Natal: Centro de Eventos**, 2010. p.1-4.
- ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiol.** v. 14, n. 2, p. 371-375, 1939.
- AUGOSTINHO, L. M. D.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; FREITAS, N. Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'Pedro Sato'. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 536-568, 2008.
- BACKES, C.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BOAS, R. L.; VARGAS, P. F.; SANTOS, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in Bella Vista onion. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 246-246, 2018.
- BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.

- BARROSO, M. M. A.; ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CAJAZEIRA, J. P.; QUEIROZ, R. F.; OLIVEIRA, I. M. S. Morfologia de propágulos e auxina exógena na estaquia de pitaiá vermelha. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 60, n. 4, p. 350-357, 2017.
- BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. 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, 2006.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.41p.
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 733-738, 2000.
- CAJAZEIRA, J. P. **Crescimento e ecofisiologia de pitaias cultivadas em vasos submetidas a diferentes doses de K e Ca**. 2016. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; QUEIROZ, R. F.; MESQUITA, R. O. Growth and gas exchange in white pitaya under different concentrations of potassium and calcium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 1, p. 112-121, 2018.
- CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya en Yucatan**. Yucatán: Universidad Autónoma Chapingo, 1993. 53p.
- CAVALCANTE, I. 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, 2008.
- CAVALCANTE, I. H. L.; MARTINS, A. B. G.; SILVA JUNIOR, G. B.; ROCHA, L. F.; FALCÃO NETO, R.; CAVALCANTE, L. F. Adubação orgânica e intensidade luminosa no crescimento e desenvolvimento inicial da Pitaya em Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 970-983, 2011.
- CORDEIRO, M. H. M.; PINHEIRO, J. M. S.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. Caracterização física, química e nutricional da pitaiá-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaiá em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014.
- COSTA, A. C.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MENEZES, T. P.; MOREIRA, R. A.; DUARTE, M. H. Adubação orgânica e *Lithothamnium* no cultivo da pitaiá vermelha. **Semina**, Londrina, v. 36, n.1, p. 77-87, 2015.

CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. 1 ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238p.

DIÓGENES, M. F. S. **Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes da pitaia (*Hylocereus undatus*)**. 2017. 39 f. Monografia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 176-182, 2009.

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

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 40, n.1, p. 2-9, 2018.

FERRARI, T. B.; FERREIRA, G.; ZUCARELI, V.; BOARO, C. S. F. Efeito de reguladores vegetais nos índices da análise de crescimento de plântulas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 45-51, 2008.

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

GARCÍA-SUÁREZ, F.; CARRETO-MONTOYA, L.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; DÍAZ-PÉREZ, J.; LÓPEZ-GÓMEZ, R. Pitaya (*Stenocereus stellatus*) fruit growth is associated to wet season in Mexican dry tropic. **International Journal of Experimental Botany**, Argentina, v. 76, n. 1, p. 19-26, 2007.

GOMES, G. R. Família Cactaceae: Breve revisão sobre sua descrição e importância. **Revista Técnico-Científica CREA-PR**, Paraná, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2014.

GONÇALVES, E. D. V.; DARTORA, J.; MENDONÇA, H. F. C.; RISSATO, B. B.; DILDEY, O. D. F.; COLTRO-RONCATO, S.; SANTANA, J. C.; KLOSOWSKI, E. S.; ECHER, M. M.; TSUTSUMI, C. Y. Crescimento e produtividade de cultivares de alface em ambiente protegido com e sem tela termorrefletora. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 16, n.2, p-193-199, 2017.

GRANGEIRO, L. C.; CECILIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 93-97. 2004.

- GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A. DE.; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S. K. L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do semiárido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n.2, p. 190-194, 2006.
- GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In: PUSHPAKUMARA, D. K. N.; GUNASENA, H. P.M.; SINGH, V. P. **Underutilized fruit trees in Sri Lanka**. Nairobi: World Agroforestry Centre, 2007. 110-142p.
- HARIVAINDARAM, K. V.; REBECCA, O. P. S.; CHANDRAN, S. Study of optimal temperature, ph and stability of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel for use as potential natural colorant. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 18, p. 2259-2263, 2008.
- HUNT, R. Growth analysis, individual plants. In: THOMAS, B, MURPHY, D. J.; MURRAY, D. **Encyclopedia of applied plant sciences**. London: Academic, 2003. 579-588p.
- INFANTE, G.S. El cultivo de la pitahaya: experiencias en Colombia. In: CASTILLO, M.; CÁLIX, H. **Memoria del primer curso teórico-práctico sobre el cultivo de la pitahaya**. Quintana: Universidad de Quintana Roo, 1996. 31p.
- INTA. **Guía técnica para la producción de pitahaya**. San Marcos: Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária, 2002. 52p.
- JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 18p.
- KIM, H.; CHO, 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**, Chicago, v. 76, n. 1, p. 38-45, 2011.
- KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. 1.ed. Piracicaba: IPNI, 2007. 24p.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1918. 478p.
- LAREDO, R. R. **Épocas de coleta e tipos de incisão no cladódio para propagação de pitaia vermelha de polpa branca**. 2016. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- LE BELLEC, F.; VAILLANT.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) a new crop, a Market with a future. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.
- LIM, H. K.; TAN, C. P.; KARIM, R.; ARIFFIN.; A. A.; BAKAR, J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus* cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, Londres, v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010.



- 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. 377-383, 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, 2013.
- LIMA FILHO, O. F.; MALAVOLTA, E.; SENA, J. O. A.; CARNEIRO, J. W. P. Absorção e acumulação de nutrientes em estévia [*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni]: I. Macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1/2, p. 23-30, 1997a.
- LIMA FILHO, O. F.; MALAVOLTA, E.; SENA, J. O. A.; CARNEIRO, J. W. P. Absorção e acumulação de nutrientes em estévia [*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni]: II. Micronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1/2, p. 23-30, 1997b
- LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.
- LUDERS, L.; Mc MAHON, G. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. 2006. Disponível em: < [https://dpir.nt.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/232933/778.pdf](https://dpir.nt.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/232933/778.pdf) >. Acesso em: 30 de janeiro de 2018.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1 ed. São Paulo: CERES, 2006. 631p.
- MARQUES, V. B. **Germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitaiá [*Hylocereus undatus* (Haw). Britton & Rose]**. 2010. 141 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. Tamanho de cladódios na produção de mudas de pitaiá vermelha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 50-54, 2011a.
- 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, 2011b.
- MARQUES, V. B.; RAMOS, J. D. R.; ARAÚJO, N. A.; MOREIRA, R. A. Correlação dos fatores ambientais e o período reprodutivo da pitaiá (*Hylocereus undatus*) em Lavras-MG. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 21., 2010, Natal. **Anais...**Natal: Centro de Eventos, 2010. p.1-4.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 3ed. London: Academic Press, 2012. 889p.
- MATA, J. F.; ERASMO, E. A. L.; SIEBENEICHLER, S. C.; SARAIVA, A. S.; GONÇALVES, R. C. Análise de crescimento da Brachiaria em diferentes densidades e época

de semeadura sob consórcio com a cultura da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 4, n. 3, p. 7-17, 2011.

MELO, D. M.; CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; BRAZ, L. T. Dinâmica do crescimento do meloeiro rendilhado ‘Fantasy’ cultivado em substrato sob ambiente protegido. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 19-29, 2014.

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 crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, n.1, p. 291-320, 1997.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti: new arid land fruit crops. In: JANICK, J. **Perspectives on new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 1999. 358-366p.

MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 230-237, 2016.

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

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) - Universidade Federal do Ceará, 2017.

NELDER, J. A. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, Washington, v. 17, n. 1, p. 89-110, 1961.

OLIVEIRA, I. M. S. **Adubação nitrogenada para formação de mudas de três espécies de pitaya**. 2017. 50 f. Monografia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

ORTIZ- HERNÁNDEZ, Y. D. **Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus* sp.)**. 1 ed. Oaxaca: IPN-CONACYT-SIBEJ-FMCN, 2000. 124p.

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

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 51-75, 2011.

PEIXOTO, C. P.; MACHADO, G. S.; BORGES, V. P.; ALVES, E. C.; LEAL, G. M. F. Índices fisiológicos de soja hortalíça em duas épocas de semeadura no Recôncavo Sul Baiano. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 11, n.3, p. 56-67, 2012.

PEGORARO, R. F.; SOUZA, B. A. M.; MAIA, V. M.; AMARAL, U.; PEREIRA, M. C. T.

Growth and production of irrigated 'vitória' pineapple grown in semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 693-703, 2014a.

PEGORARO, R. F.; SOUZA, B. A. M.; MAIA, V. M.; SILVA, D. F.; MEDEIROS, A. C.; SAMPAIO, R. A. Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 896-904, 2014b.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

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 pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 788-793, 2014.

PRADO, R. de M. **Nutrição de Plantas**. 1. ed. São Paulo: UNESP/FUNESP, 2008. 408 p.

PRADO, R. M.; FRANCO, C. F. Eficiência de absorção de nutrientes em mudas de goiabeiras Paluma e Século XXI, cultivadas em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 4, p. 275-280, 2007.

PROHORT. Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro. Disponível em: <<http://dw.ceasa.gov.br/>>. Acesso: 26 de abril de 2018.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2 ed. Piracicaba: IPNI, 2017. 420p.

RATKOWSKY, D. A. **Handbook of nonlinear regression models**. New York: Marcel Dekker, 1990. 241p.

REIS, G. G. **Análise de crescimento de plantas - mensuração do crescimento**. Belém: Embrapa CPATU, 1978. 27p.

REZENDE, C. F. A. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido no Estado de Goiás**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em hipobiotos de caramboleiras, cultivados em diferentes soluções nutritivas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 366-372, 2011.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; FRANCO, C. F. Caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira cultivada em solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 426-436, 2013.

SANTOS, V. R.; ANDRADE, I. F.; SANTIAGO, L. J. M.; LOURO, R. P. Análise ultraestrutural e anatômica do cladódio de *Opuntia vulgaris* (cactaceae). In: Congresso

Nacional de Botânica, 64., 2013, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: Mina Gerais, 2013. p.1.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT 12.1 User's Guide**. Cary: SAS Institute, 2012.

SYSTAT SOFTWARE Inc – SSI. SigmaPlot version 11.0. 2006.

SATO, S. T. A.; RIBEIRO, S. 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**, Amapá, v. 1, n. 1, p. 46-56, 2014.

SILVA, A. C. **Pitaya: Melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

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

SOARES, E. R.; COUTINHO, E. L. M.; RAMOS, S. B.; SILVA, M. S.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por cultivares de sorgo sacarino. **Semina**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 3015-3030, 2014.

SOUSA, E. M. P. **Extração, estabilidade, reologia e higroscopicidade do corante de pitaya (*Hylocereus costaricensis*)**. 2015. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. **Food Chemistry**, Londres, v. 77, n. 1, p. 101-106, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. Disponível em: <http://www.theplantlist.org>. Acesso em: 06 maio de 2018.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

WELBANK, P. J. The effects of competition with *Agropyron repens* and of nitrogen and water supply on the nitrogen content of *Impatiens parviflora*. **Annals of Botany**, Londres, v. 26, n. 103, p. 361-373, 1962.

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

YRUELA, I. Copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Pelotas, v. 17, n. 1, p. 145-156. 2005.

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

## APÊNDICES

**APÊNDICE A - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES DOS CLADÓDIOS DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus* sp.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018**

Épocas	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	.....g kg <sup>-1</sup> .....						.....mg kg <sup>-1</sup> .....					
60	30,2	6,5	38,4	14,3	8,1	1,8	1,5	4,9	56,5	28,3	93,6	19,3
120	26,7	5,2	30,2	13,7	8,2	2,6	1,5	5,3	55,2	25,1	62,7	27,5
180	25,2	5,4	30,2	17,1	8,7	6,1	1,8	3,7	67,1	34,7	87,5	24,3
240	17,9	5,7	20,5	20,6	6,4	3,0	1,4	5,5	61,8	73,3	99,5	21,2
300	16,9	4,9	25,9	22,4	5,5	4,6	1,1	4,2	33,5	101,7	110,7	20,2
360	14,6	4,5	18,9	20,3	4,9	2,6	1,5	7,8	92,1	141,5	104,8	15,8
CV(%)	6,9	19,4	13,1	16,3	12,3	24,6	23,3	29,0	33,5	29,7	19,4	29,4

**APÊNDICE B - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM BOTÕES FLORAIS E FLORES DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus* sp.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018**

Época	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	.....g kg <sup>-1</sup> .....						.....mg kg <sup>-1</sup> .....					
240	14,5	1,7	38,4	4,5	5,2	1,2	0,1	4,2	33,1	48,7	40,2	32,3
CV(%)	3,0	15,1	11,2	4,3	19,5	13,8	6,9	6,7	26,9	3,3	20,6	17,2

**APÊNDICE C - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM FRUTOS DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus* sp.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018**

Épocas	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	.....g kg <sup>-1</sup> .....						.....mg kg <sup>-1</sup> .....					
240	13,1	2,1	23,1	2,2	2,1	1,2	0,1	2,0	38,0	33,0	13,5	25,9
300	8,9	1,8	19,7	1,1	1,7	0,9	0,06	3,0	20,0	26,6	8,9	24,4
360	8,0	1,9	20,0	1,6	2,2	0,9	0,03	4,3	16,1	31,9	11,3	18,0
CV(%)	15,9	12,7	11,9	36,0	14,9	11,5	16,3	8,0	15,6	6,6	14,2	19,5

**APÊNDICE D - TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES DOS CLADÓDIOS DE PITAIA SABOROSA (*Selenicereus setaceus* Rizz.), EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. MÉDIA DE QUATRO REPETIÇÕES. FORTALEZA, 2018**

Épocas	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	.....g kg <sup>-1</sup> .....						.....mg kg <sup>-1</sup> .....					
60	23,7	4,7	42,8	6,6	5,2	1,5	0,6	6,0	74,6	25,1	49,9	36,6
120	24,7	6,1	49,6	9,7	8,2	2,9	1,4	6,2	51,5	26,3	63,1	28,9
180	22,8	7,3	48,6	6,8	6,9	3,5	0,7	6,2	64,3	32,2	55,6	34,5
240	17,1	6,0	28,8	14,0	5,0	2,0	0,4	5,3	57,7	44,7	60,4	26,5
300	11,5	5,4	26,9	15,9	2,8	2,0	0,2	6,5	54,5	65,5	71,9	20,7
360	12,6	7,3	25,4	14,1	2,9	1,8	0,4	6,2	67,3	90,2	82,1	32,1
CV(%)	6,1	14,2	3,04	7,2	4,4	4,4	5,4	7,1	9,21	7,2	4,7	5,7

**APÊNDICE E – SISTEMA RADICULAR DA PITAIA VERMELHA (*Hylocereus* sp.) (A) E DA PITAIA SABOROSA (*Selenicereus setaceus* Rizz.) (B) COM 180 DIAS. FORTALEZA, 2018**

