

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
MESTRADO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**EDMILSON IGOR BERNARDO ALMEIDA**

**CRESCIMENTO INICIAL DE PITAIA (*Hylocereus undatus*) EM FUNÇÃO DE  
COMBINAÇÕES DE DOSES DE FÓSFORO-ZINCO E NITROGÊNIO-  
POTÁSSIO**

**FORTALEZA  
2013**

**EDMILSON IGOR BERNARDO ALMEIDA**

Dissertação submetida à coordenação do curso de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

**FORTALEZA  
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- A446c Almeida, Edmilson Igor Bernardo.  
Crescimento inicial de pitaia (*Hylocereus undatus*) em função de combinações de doses de fósforo-zinco e nitrogênio-potássio / Edmilson Igor Bernardo Almeida. – 2013.  
85 f. il., color. enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2013.  
Área de concentração: Fruticultura  
Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
1. Plantas suculentas. 2. Adubos e fertilizantes. 3. Plantas - Nutrição. I. Título.

**EDMILSON IGOR BERNARDO ALMEIDA**

**CRESCIMENTO INICIAL DE PITAIA (*Hylocereus undatus*) EM FUNÇÃO DE  
COMBINAÇÕES DE DOSES DE FÓSFORO-ZINCO E NITROGÊNIO-  
POTÁSSIO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em: 28/ 02/ 2013

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof. PhD. Lindbergue Araujo Crisostomo (Co-orientador)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA

---

Prof. Dr. Júlio César do Vale (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

Dr.<sup>a</sup> Virna Braga Marques (Conselheira)  
Universidade Federal do Ceará-UFC (PRODOC/CAPES)

---

Prof. PhD. Boanerges Freire de Aquino (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

A Deus, o meu bom pastor.  
À minha mãe, Maria Goretti, e a minha avó  
materna (In memoriam), Maria Lenilda, duas  
pessoas que sempre se esforçaram para que eu  
me tornasse um cidadão exemplar.  
Ao meu amigo e mestre, professor José Alves  
Barbosa.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Márcio Cleber, pela orientação, conselhos e profissionalismo.

Ao Doutor Lindbergue, pela receptividade e orientação nas análises realizadas no Laboratório de Solos e Água da EMBRAPA – Agroindústria Tropical.

Aos profissionais e estagiários do Laboratório de Solos e Água da EMBRAPA (Wanderléia, Machado, Luís, Raimundo) pela amizade e orientação nas análises realizadas naquela estrutura de pesquisa.

À Doutora Virna Braga Marques e Neimar Arcanjo pelo apoio, amizade e orientação desempenhada ao decorrer das atividades experimentais realizadas na casa de vegetação do Setor de Horticultura.

Aos colegas de curso, em especial: Wener, Márcio Ootami, João Paulo Cajazeira, Ronialisson, Alan Bernard, Fabrício, Frederico, os quais auxiliaram nas atividades experimentais e/ou análises estatísticas.

Aos meus amigos: Alisson Velozo, Yan Marcel, Barrabás Lima, Braz Perazzo, Vinícius Caldas, Wellington Souto e Wandson Wagner, pessoas que há muito tempo tenho o prazer de cultivar a amizade, e sempre me incentivaram a crescer intelectualmente e socialmente.

Aos colegas de moradia, Aires Sizenando e Hélder Horácio pela convivência e qualidade de vida compartilhada em Fortaleza-CE.

Aos meus pais, José Alberto e Maria Goretti, pela amizade, carinho e confiança.

Aos demais familiares: meus tios (Naldo, Bel, Carmita, Letinha etc); minha bisavó: Daluz (In Memoriam); e meus primos (Edílson, Ítalo, Diego, Gilmar, Raquel, Fátima, Vanessa, Cléber, Glauber etc.).

À minha namorada Priscilla Sales, pelo amor, companheirismo e estímulo credenciado durante esse longo tempo de relacionamento sério.

À CAPES, pelo auxílio financeiro (Projeto 23038.006862/2010-02 - Edital 029/2010).

Ao CNPq, pela bolsa de estudo durante o período de Mestrado em Agronomia.

## RESUMO

A pitiaia (*Hylocereus undatus*) é uma cactácea epífita, perene, suculenta que apresenta caule do tipo cladódio, de onde partem numerosas raízes adventícias que permitem o crescimento da planta sobre árvores e pedras em ambientes sombreados de florestas tropicais da América. Embora tenha havido uma grande expansão agrícola da pitiaia no Brasil e em outros países do mundo, a cultura ainda é extremamente carente de estudos e informações que subsidiem a definição/adaptação de sistemas de produção mais adequados às condições edafoclimáticas brasileiras. Visando avaliar o efeito da adubação mineral sobre o crescimento inicial de pitiaia e, dessa maneira obter informações direcionadas para a definição de manejos de fertilização adequados à exploração agrícola da cultura, realizou-se dois experimentos. Inicialmente o crescimento inicial das plantas foi analisado em casa de vegetação durante um período de 180 dias, para em seguida determinarem-se em laboratório, os teores de nutrientes presentes no solo, sistema radicular e parte aérea. Foram testadas cinco doses de fósforo (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e zinco (0, 2,4, 6 e 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn) no experimento I, e cinco doses de N (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>) e K (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm<sup>-3</sup>) no experimento II. Ambos os experimentos foram arranjados em esquema fatorial 5x5 com quatro blocos e 100 unidades amostrais. Ao término do presente estudo foi constatado que a aplicação de P e Zn, N e K, e as interações fósforo-zinco e nitrogênio-potássio afeta os teores dos respectivos nutrientes no solo, sistema radicular e parte aérea, como também o crescimento inicial das plantas de pitiaia avaliadas. A aplicação de 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de P com 4 – 6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (experimento I), e 300 – 450 mg dm<sup>-3</sup> de N com 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de K (experimento II) resultou nos rendimentos mais satisfatórios. Estas combinações de P e Zn, e N e K disponibilizaram 60 – 75 mg de P dm<sup>-3</sup> e 3,0 – 4,0 mg de Zn dm<sup>-3</sup> no solo; 4,5 – 6,0 g kg<sup>-1</sup> de P e 150 mg de Zn kg<sup>-1</sup> na parte aérea; 0,7 mmol dm<sup>-3</sup> de K no solo; 20 – 25 g kg<sup>-1</sup> de N e 30 – 40 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Hylocereus undatus*. Adubação. Cactácea. Frutíferas exóticas. Nutrição mineral.

## ABSTRACT

The pitaya (*Hylocereus undatus*) is a cactaceous epiphytic, perennial succulent stem that presents the type cladodes, from where numerous adventitious roots which allows plant growth on trees and rocks in shaded environments of American rainforests. Although there was a great expansion of dragon fruit farm in Brazil and other countries of the world, the culture is still sorely lacking in studies and information that supports the definition/adaptation of production systems adapted to Brazilian soils and climate. To evaluate the effect of mineral fertilization on the early growth of pitaya and thus information directed to the definition of adequate fertilization managements of the farm culture, two experiments were conducted. Initially the initial growth of the plants was examined in the greenhouse for a period of 180 days, then to determine in the laboratory, the levels of nutrients in the soil, roots and shoots. We tested five doses of phosphorus (0, 75, 150, 255 and 300 mg dm<sup>-3</sup>) and zinc (0, 2, 4, 6 and 8 mg dm<sup>-3</sup>) in experiment I, and five doses of N (0, 150, 300, 450 and 600 mg dm<sup>-3</sup>) and K (0, 75, 150, 225 and 300 mg dm<sup>-3</sup>) in experiment II. Both experiments were arranged in a 5x5 factorial design with four blocks and 100 sampling units. At the end of this study it was found that the application of P and Zn, N and K, and interactions phosphorus-zinc and nitrogen-potassium affect the levels of the respective nutrients in the soil, roots and shoots, as well as the initial growth pitaya. The application of 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> of P with 4 – 6 mg dm<sup>-3</sup> Zn (experiment I), and 300 – 450 mg dm<sup>-3</sup> of N with 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> K (experiment II) resulted in yields more satisfactory. This combinations of P and Zn, and N and K have provided 60 – 75 mg P dm<sup>-3</sup> and 3.0 – 4.0 mg dm<sup>-3</sup> of Zn in the soil; 4.5 to 6.0 g kg<sup>-1</sup> P and 150 mg Zn kg<sup>-1</sup> in shoots; 0.7 mmol dm<sup>-3</sup> K in the soil; 20 – 25 g kg<sup>-1</sup> of N and 30 – 40 g kg<sup>-1</sup> K in shoots, respectively.

**Keywords:** *Hylocereus undatus*. Fertilization. Cactaceous. Exotic fruit. Mineral nutrition.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Influência de doses de P e Zn sobre o teor de P no solo utilizado para preencher os vasos cultivados com plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	37
Figura 2	Influência de doses de P e Zn sobre o teor de P no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	38
Figura 3	Influência de doses de P e Zn sobre o teor de P na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	39
Figura 4	Influência de doses de P e Zn sobre o teor de Zn no solo utilizado para preencher os vasos cultivados com plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	41
Figura 5	Influência de doses de P e Zn sobre o teor de Zn no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	42
Figura 6	Influência de doses de P e Zn sobre o teor de Zn na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	
Figura 7	Influência de doses de P e Zn sobre o somatório do comprimento dos cladódios (SCC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	43
Figura 8	Influência de doses de P e Zn sobre o número dos cladódios (NC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	45
Figura 9	Influência de doses de P e Zn sobre a massa fresca (MFC) dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	47
Figura 10	Influência de doses de P e Zn sobre a massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	48
Figura 11	Influência de doses de P e Zn sobre o comprimento do sistema	

	radicular (CSR) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	49
Figura 12	Influência de doses de P e Zn sobre a massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	52
Figura 13	Influência de doses de N e K sobre o teor de K no solo utilizado para preencher os vasos cultivados com plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	53
Figura 14	Influência de doses de N e K sobre o teor de K no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	57
Figura 15	Influência de doses de N e K sobre o teor de K na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	58
Figura 16	Influência de doses de N e K sobre o teor de N no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	61
Figura 17	Influência de doses de N e K sobre o teor de N na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	63
Figura 18	Influência de doses de N e K sobre o somatório do comprimento dos cladódios (SCC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	65
Figura 19	Influência de doses de N e K sobre o número dos cladódios (NC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	67
Figura 20	Influência de doses de N e K sobre a massa fresca (MFC) dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	68
Figura 21	Influência de doses de N e K sobre a massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	69

Figura 22	Influência de doses de N e K sobre o comprimento do sistema radicular (CSR) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	72
Figura 23	Influência de doses de N e K sobre a massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).....	73

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características químicas iniciais do solo utilizado para o preenchimento dos vasos experimentais.....	29
Tabela 2	Características físicas iniciais do solo utilizado para o preenchimento dos vasos experimentais.....	29
Tabela 3	Teores de P no solo, sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	35
Tabela 4	Teores de Zn no solo, sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	39
Tabela 5	Influência de doses de P e Zn sobre o somatório do comprimento (SCC), número (NC), massa fresca (MFC) e massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	44
Tabela 6	Influência de doses de P e Zn sobre o comprimento (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	50
Tabela 7	Teores de K no solo, sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	53
Tabela 8	Teores de N no sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação	

	dos tratamentos em casa de vegetação.....	59
Tabela 9	Influência de doses de N e K sobre o somatório do comprimento (SCC), número (NC), massa fresca (MFC) e massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	63
Tabela 10	Influência de doses de N e K sobre o comprimento (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do planto dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos em casa de vegetação.....	70

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1	Situação da Fruticultura no Brasil e no Mundo.....	16
2.2	Exploração comercial de frutas exóticas.....	17
2.3	Descrição do gênero <i>Hylocereus</i> com ênfase na <i>Hylocereus undatus</i> .....	18
2.4	Nutrição de plantas.....	20
2.4.1	Fósforo (P).....	21
2.4.2	Zinco (Zn).....	22
2.4.3	Interação fósforo-zinco.....	23
2.4.4	Nitrogênio (N).....	24
2.4.5	Potássio (K).....	25
2.4.6	Interação nitrogênio-potássio.....	26
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
3.1	Local.....	28
3.2	Material propagativo utilizado.....	28
3.3	Características do solo.....	29
3.4	Irrigação .....	29
3.5	Determinação das doses e fertilizantes utilizados .....	30
3.5.1	Doses e fertilizantes utilizados no experimento I.....	30

3.5.2	Does e fertilizantes utilizados no experimento II.....	31
3.6	Análises.....	31
3.6.1	Análise fenológica das plantas.....	31
3.6.2	Análise química do tecido vegetal.....	33
3.6.3	Análise química do solo.....	33
3.7	Estatística: análise de dados.....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS. E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
4.1	Experimento I – Interação fósforo-zinco.....	35
4.1.1	Influência da interação fósforo-zinco sobre o teor de P no solo, sistema radicular e parte aérea.....	35
4.1.1.1	Teor de P no solo.....	36
4.1.1.2	Teor de P no sistema radicular.....	37
4.1.1.3	Teor de P na parte aérea.....	38
4.1.2	Influência da interação fósforo-zinco sobre o teor de Zn no solo, sistema radicular e parte aérea.....	39
4.1.2.1	Teor de Zn no solo.....	40
4.1.2.2	Teor de Zn no sistema radicular.....	41
4.1.2.3	Teor de Zn na parte aérea .....	42
4.1.3	Influência da interação fósforo-zinco sobre os caracteres fenológicos da parte aérea (somatório do comprimento, número, massa fresca e massa seca dos cladódios) de plantas de pitaia em crescimento inicial.....	43
4.1.3.1	Somatório do comprimento dos cladódios (SCC).....	45
4.1.3.2	Número de cladódios (NC).....	46
4.1.3.3	Massa fresca dos cladódios (MFC).....	47
4.1.3.4	Massa seca dos cladódios (MSC).....	48
4.1.4	Influência da interação fósforo-zinco sobre os caracteres fenológicos do sistema radicular (comprimento e massa seca do sistema radicular) de plantas de pitaia em crescimento inicial.....	49
4.1.4.1	Comprimento do sistema radicular (CSR).....	51
4.1.4.2	Massa seca do sistema radicular (MSSR).....	52
4.2	Experimento II – Interação nitrogênio-potássio.....	53
4.2.1	Influência da interação nitrogênio-potássio sobre o teor de K no solo, sistema radicular e parte aérea.....	53

4.2.1.1	Teor de K no solo.....	54
4.2.1.2	Teor de K no sistema radicular.....	55
4.2.1.3	Teor de K na parte aérea.....	57
4.2.2	Influência da interação nitrogênio-potássio sobre o teor de N no sistema radicular e parte aérea.....	59
4.2.2.1	Teor de N no sistema radicular.....	60
4.2.2.2	Teor de N na parte aérea.....	61
4.2.3	Influência da interação nitrogênio-potássio sobre os caracteres fenológicos da parte aérea (somatório do comprimento, número, massa fresca e massa seca dos cladódios) de plantas de pitaia em crescimento inicial.....	63
4.2.3.1	Somatório do comprimento dos cladódios (SCC).....	64
4.2.3.2	Número de cladódios (NC).....	65
4.2.3.3	Massa fresca dos cladódios (MFC).....	67
4.2.3.4	Massa seca dos cladódios (MSC).....	68
4.2.3.4	Influência da interação nitrogênio-potássio sobre os caracteres fenológicos do sistema radicular (comprimento e massa seca do sistema radicular) de plantas de pitaia em crescimento inicial.....	69
4.2.4.1	Comprimento do sistema radicular (CSR).....	71
4.2.4.2	Massa seca do sistema radicular (MSSR).....	72
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura nacional tem sofrido vários incrementos tecnológicos e a cada ano os aspectos organizacionais, que visam integrar o sistema produtivo, de modo a interferir menos significativamente na ecologia das áreas de produção têm possibilitado a abertura de novos nichos de mercado para os produtores nacionais. Nesse contexto, o uso racional de fertilizantes minerais torna-se indispensável.

A pitiaia (*Hylocereus undatus*) tem sido comercializada a preços muito expressivos no mercado interno. No Brasil, algumas áreas tem se destacado pelo seu cultivo, a exemplo da cidade de Catanduva localizada em São Paulo. Além dos preços expressivos de mercado, esta cultura apresenta diversas vantagens, como: tolerância ao déficit hídrico, precocidade quanto à produção de frutos, custos de implantação e manutenção do pomar, relativamente mais baixos que outras frutíferas tradicionais, bem como, características adaptativas muito favoráveis ao seu cultivo na Região Nordeste, em especial o estado do Ceará. Nesse Estado, alguns produtores dos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, têm dado os primeiros passos com o cultivo comercial de pitiaia, obtendo expressivo retorno econômico com a exportação dos frutos produzidos.

Contudo, a cultura da pitaya, apesar da expansão agrícola apresentada nos últimos anos no Brasil e em outros países, ainda é extremamente carente de estudos e informações que subsidiem a definição/adaptação de sistemas de produção mais adequados às condições edafoclimáticas brasileiras. Nesse sentido há, portanto, a necessidade de pesquisas referenciais, que possam auxiliar os produtores pioneiros no Brasil quanto à propagação, espaçamento, condução das plantas no campo, manejo da irrigação, manejo de plantas daninhas, identificação e manejo de pragas e doenças, manejo nutricional etc., de modo a aumentar a produtividade da cultura e a minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo manejo inadequado.

Diante do exposto, foram realizados dois experimentos visando-se avaliar o efeito da adubação mineral sobre o crescimento inicial de pitiaia e, dessa maneira obter informações direcionadas para a definição de manejos de fertilização adequados à exploração agrícola da cultura.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Situação da Fruticultura no Brasil e no Mundo**

Na América do Sul, o Chile e a Argentina são grandes produtores e exportadores de frutas frescas, ao ponto da fruticultura ser um dos pilares da economia chilena, tradicional exportador de frutas de alta qualidade para o Brasil, Europa e Estados Unidos. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas. Apesar deste lugar de destaque, o País está no 12º lugar nas exportações de frutas (IBGE, 2011; SEBRAE, 2010).

Pela diversidade de climas e solos, o Brasil apresenta condições ecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e com uma variedade de espécies que passam pelas frutas tropicais, subtropicais e temperadas. Apesar deste quadro favorável, ainda importam-se volumes significativos de frutas frescas e industrializadas, como acontece com a pêra, ameixa, uva, kiwi, maçã, entre outras (SILVA, 2010; FACHINELLO; NACHTIGAL, 2007). De acordo com o Instituto Brasileiro de Frutas (Ibraf), no primeiro semestre de 2012, o Brasil exportou 271,2 mil toneladas de frutas frescas - crescimento de 8,6% em relação ao mesmo período do ano anterior, quando 249,6 mil toneladas saíram do País para o exterior.

Segundo o IBGE (2010), as frutas mais produzidas no Brasil são: laranja, banana, uva, mamão e abacaxi, representando 70% de toda a produção do setor frutícola nacional. Entre os Estados, São Paulo foi o maior produtor do setor, com US\$ 15,6 milhões exportados, sendo seguido por Bahia, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Pernambuco. Com US\$ 23,68 milhões negociados, o Ceará ocupa, atualmente a primeira posição no ranking de exportadores de frutas frescas, estando à frente do maior produtor brasileiro, São Paulo. Os avanços obtidos nas exportações cearenses de frutas, aliados às políticas de apoio implementadas pelo poder público e os crescentes investimentos privados fazem o Estado vislumbrar um cenário ainda mais promissor para os próximos anos. Para cada 700 U\$\$ obtidos com exportações de frutas (abacaxi, banana, coco verde, goiaba, manga, melancia, melão e uva) em 2010, o Ceará participou com 120 U\$\$, o que equivale a 17,24% do mercado nacional (SEBRAE, 2010)

Privilegiado por condições de clima e de solo e pela posição geográfica, o Ceará implantou, nos últimos anos, uma sólida infra-estrutura de suporte. As principais obras



de infra-estruturas específicas e estratégias desenvolvidas para o fortalecimento da agricultura irrigada foram o Programa Cearense de Agricultura Irrigada (Proceagri), do qual resultou as bases para o desenvolvimento do setor; Agropólos: que zoneou as regiões com maiores potencialidades para a agricultura irrigada no estado, com enfoque nas principais políticas para a exploração sustentável do setor produtivo; Prioridade, com base em análise de mercado, elegeu-se as 6 frutas com maior potencial (sem descartar outras possibilidades), abacaxi, banana, mamão, manga, melão e uva; Projetos de irrigação, os inovadores projetos de irrigação estruturados pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) em parceria com o governo do estado, constituem um item à parte dentro do processo de vitalização da agricultura irrigada no Ceará (SERPA, 2009)

Com área plantada de 37 mil hectares, a fruticultura irrigada no estado do Ceará opera principalmente em seis agropólos: Jaguaribe - Litoral Leste, Acaraú, Metropolitano, Cariri, Ibiapaba e Centro-Sul. No ano de 2008, a atividade gerou uma renda bruta de cerca de R\$ 590,7 milhões, o que garantiu emprego direto a 21 mil pessoas (SERPA, 2009).

## **2.2 Exploração comercial de frutas exóticas**

Espécies exóticas são espécies introduzidas numa dada região por ação humana, de maneira acidental ou intencional. Estas espécies se reproduzem e iniciam a formação de novas populações, aumentando a diversidade biológica, e podendo desenvolver a economia e a saúde humana. È possível citar como frutíferas exóticas, exploradas economicamente no Brasil: bananeira, coqueiro, laranjeira, macieira, pereira, videira, dentre outras (PACTO, 2012; SCHWARTS et al., 2006).

Neste contexto de frutas exóticas, pitaia (*Hyloceurus undatus*) tem apresentado boa aceitação para consumo “*in natura*”, não apenas pelo exotismo de sua aparência, mas também em virtude de suas características sensoriais. Os preços praticados nos mercados regional, nacional ou internacional estimularam a extensão e a intensificação do cultivo da pitaia em diferentes sistemas de plantio, no México, Nicarágua, Malásia, Vietnã, Israel e mesmo no Brasil, onde a produção se dá, predominantemente, em pequenos cultivos e a comercialização está restrita a mercados com maior poder

aquisitivo (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012; ESTELLENA, 2011).

### **2.3 Descrição do gênero *Hylocereus* com ênfase em *Hylocereus undatus***

De acordo com Ortiz-Hernández e Carrillo-Salazar (2012), o gênero *Hylocereus* contém 14 espécies, as quais podem ser encontradas em regiões subtropicais e tropicais de florestas do continente americano. Das espécies de *Hylocereus* cultivadas mundialmente, destacam-se, as seguintes *H. undatus*, *H. monacanthus* e *H. megalanthus*. Os autores acrescentaram, ainda que, o gênero *Hylocereus* apresenta alto potencial para a ornamentação e produção de frutos, os quais podem ser consumidos *in natura* ou utilizados como matéria-prima na indústria de alimentos.

A *Hylocereus undatus* é uma cactácea originária das Américas, estando distribuída na Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos países, os principais produtores em nível mundial. Encontra-se, porém, maior diversidade genética no México e na Nicarágua. Dentre os múltiplos nomes vulgares existentes para a espécie *Hylocereus undatus*, destacam-se: pitaia, pitaya, pitahaya ou “rainha da noite”, devido as flores grandes, brancas ou rosadas que apresentam antese noturna. Conforme Echeverri (1990) a palavra “pitaia” é um termo haitiano que significa “fruto escamoso”. Para Ortiz-Hernández (1999) os nomes “pitaya” e “pitahaya” utilizados nas Américas Central e do Sul têm o mesmo significado, sendo que no México é mais comum utilizar o termo “pitahaya”. Nos países do oriente, como China, Vietnã, Malásia e Japão, é conhecida como “fruta dragão”, pela semelhança com as escamas características da figura do dragão, sendo considerada como uma das mais belas do mundo (ZEE et al., 2004; ORTIZ, 1999).

A *Hylocereus undatus* é uma planta perene e que comumente cresce sobre árvores ou pedras; tem raízes fibrosas, abundantes e desenvolve também numerosas raízes adventícias, que ajudam na fixação e na obtenção de nutrientes; os cladódios são triangulares, suculentos e apresentam espinhos com 2 a 4 mm de largura; a flor é hermafrodita, de coloração branca, grande (mede cerca de 20 a 30 cm de comprimento) e abre durante a noite; e os frutos são vermelhos externamente, muito atrativos ao consumidor, com polpa esbranquiçada, de sabor agradável, levemente adocicado,

apresentando um grande número de diminutas sementes, de coloração preta (CANTO, 1993).

A propagação da pitiaia é comumente realizada através da estaquia. As plantas originadas por esse método iniciam o florescimento após um ou dois anos depois do plantio. Além da precocidade na produção, a propagação por estaquia, de cladódios inteiros ou segmentados, é a forma mais recomendável do ponto de vista prático, pois possibilita obter plantações uniformes, fator importante para cultivos comerciais, em virtude da manutenção das características fenológicas e de qualidade de frutos, necessárias ao mercado. O método sexual é utilizado principalmente quando se objetiva a obtenção de variabilidade genética em programas de melhoramento da espécie (ANDRADE et al., 2007; GUNASENA et al., 2007; PIMENTA, 1990).

Por ser oriunda de florestas úmidas da América tropical e subtropical e apresentar adaptação à forma de vida epífita, a pitiaia pode sofrer grandes danos e até morrer quando cultivada sob luminosidade intensa. De acordo com Raven et al. (2007), a atividade fotossintética e o crescimento das plantas são inibidos quando as mesmas são exploradas em locais com radiação solar intensa. Mizrahi e Nerd (1999) recomendam que o cultivo de pitiaia seja feito sob sombreamento entre 30 a 60%, dependendo da espécie e do local. Algumas espécies, como a pitiaia-roxa (*H. polyrhizus*), no entanto, são mais tolerantes à luz, pois apresentam uma cobertura de cera na extensão dos cladódios, que evita a exposição direta dos estômatos à radiação solar. Em estudo realizado em Israel, os autores citados acima, observaram que injúrias causadas pelo frio também são frequentes quando a temperatura é inferior a 4°C.

Estudos de sistemas reprodutivos conduzidos em Israel têm verificado que a *Hylocereus* spp. apresenta total ou parcial autoincompatibilidade e, portanto, há necessidade de pólen de outras espécies compatíveis para que ocorra a produção de frutos nos pomares comerciais. A polinização artificial pode ser utilizada como forte estratégia em pequenos pomares comerciais. No entanto, na prática são observados diferentes resultados, dependendo da cultivar doadora de pólen. A polinização manual com utilização de diferentes genótipos pode favorecer o incremento no vigor dos frutos (LE BELLEC, 2004; NERD et al., 2002; LICHTENZVEIG et al., 2000).

De acordo com Le Bellec et al. (2006) a produtividade média da pitiaia oscila de 10 a 30 t ha<sup>-1</sup>, o que ocorre em função das condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar. No Brasil, existem pequenas áreas de produção de pitiaia,

situadas principalmente no estado de São Paulo, localizadas na região de Catanduva. Entretanto, devido ao maior consumo de frutas exóticas e ao seu valor comercial, surgiu interesse por parte dos fruticultores no plantio e cultivo dessa frutífera. Na região Sudeste, a produção dos frutos ocorre durante os meses de dezembro a maio e, em média, a produtividade anual é de 14 toneladas ha<sup>-1</sup> (BASTOS et al., 2006).

Os frutos de *Hylocereus undatus* podem ser consumidos ao natural ou processados na forma de sorvetes, sucos, vinhos e saladas, já os cladódios são utilizados para fabricação de medicamentos, com efeito, espasmolítico, em vasos coronários, visando à melhora da circulação sanguínea. A pitiaia-roxa (*Hylocereus polyrhizus*) tem sido utilizada para combater a anemia. Outras espécies do gênero *Hylocereus* são comercializadas como plantas ornamentais na Europa e nos Estados Unidos (ZEE et al., 2004; CHANG; YEN, 1997).

## **2.4 Nutrição de plantas**

Atualmente tem havido muitas descobertas na nutrição de plantas, principalmente sobre os ramos que enfatizam os mecanismos de absorção e utilização dos nutrientes pela cultura. Esses estudos têm possibilitado vários incrementos no setor agrícola, aumentando-se a produtividade de culturas e minimizando os elevados impactos decorrentes de adubações mal planejadas (PERES, 2009).

Quando a planta se encontra em deficiência de certo nutriente, há um crescimento (exponencial) proporcional à quantidade do nutriente presente nos tecidos (nutriente absorvido). Contudo, depois de certo tempo o crescimento tende a desacelerar (zona de transição) e pode ficar estagnado (zona adequada). No caso de macronutrientes, a zona adequada corresponde a uma sobra de nutriente absorvido, o qual pode se acumular no vacúolo sem provocar resposta no crescimento. Para os micronutrientes, esse excedente pode provocar toxidez nos tecidos e reduzir o crescimento da planta. Considera-se nível crítico de um nutriente no tecido aquele nível, abaixo do qual, a planta está crescendo menos do que seu potencial e acima dele o incremento deixa de ser exponencial. Em termos práticos, considera-se o nível crítico como sendo aquele que corresponde a 90% do máximo de crescimento (PERES, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os nutrientes podem ser disponibilizados aos solos, pela utilização dos fertilizantes minerais, os quais representam o insumo mais importante para a produção agrícola nos solos tropicais. Este insumo, por outro lado, pode ocasionar efeitos depressivos, em virtude, do manejo inadequado da adubação, condicionando ainda elevado dispêndio energético, que pode representar até 50% do custo de produção das principais culturas anuais (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

À medida que a fertilidade do solo é melhorada através de sucessivas adubações, mais atenção deve-se dar ao equilíbrio nutricional e ao posicionamento correto dos fertilizantes, sob pena de estes até mesmo interferirem negativamente no rendimento das culturas anuais, seja pela ineficiência de seu uso pelas plantas, seja por possíveis injúrias que possam ocorrer às raízes. Os fertilizantes minerais, por apresentarem, na sua maioria, efeitos osmóticos e salinos, podem comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas e raízes, principalmente num ambiente com disponibilidade hídrica deficiente (LARCHER, 2006; AQUINO, 2005; KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

#### **2.4.1 Fósforo (P)**

As plantas requerem um suprimento constante de fósforo (P) durante o seu ciclo vital. No início do desenvolvimento as quantidades exigidas são pequenas, aumentando com o tempo. Na época da frutificação as necessidades são atendidas, em parte, pelas mobilizações das reservas. As plantas absorvem o P da solução do solo nas formas de íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Após a absorção, o P permanece na forma de fosfato ( $\text{PO}_3^{2-}$ ). O radical fosfato presente no interior da planta pode estar na forma de íons livres em solução ou ligado a cátions metálicos formando compostos insolúveis. A forma mais importante são os ácidos nucleicos (DNA e RNA), fosfato de inositol, fosfolipídio e di e trifosfato de adenosina (ADP e ATP) (TAIZ; ZEIGER, 2009; (PRADO, 2008).

O DNA e o RNA são importantes no armazenamento e transferência da informação genética, respectivamente. Em ambos, o fosfato forma uma ponte entre as unidades de ribonucleosídeos para formar as macromoléculas. Por fazer parte da constituição destes compostos orgânicos, o P é essencial para a divisão celular, a reprodução e o metabolismo vegetal (fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas) (TAIZ; ZEIGER, 2009; MACHADO, 2001; RAVEN et al., 2007).

Embora o P seja pouco exigido pela planta, é um dos nutrientes mais utilizados na adubação dos solos brasileiros, pois a maioria das análises de solo no Brasil registra menos de 10 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, o que é considerado baixo. O P pode ser adicionado aos solos por diferentes tipos de adubo, como superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), termofosfato (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), fosfato de rocha (25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), dentre outras formas menos comuns. Quando o P constituinte dos fertilizantes reage rapidamente com o solo sendo, por isso, convertido em formas não absorvíveis pelas plantas, ocorre o processo de “Fixação do Fósforo”. Esse fenômeno é bastante comum em solos muito intemperizados de regiões tropicais, como é o caso do Brasil (destaque para o Cerrado brasileiro). Esses solos apresentam constituição mineralógica rica em óxidos de Fe e Al, os quais em condições de baixo pH do slo, reagem com o HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, imobilizando-o (fósforo não-lábil), o que diminui a eficiência da adubação fosfatada realizada (SALISBURY, 1991; MALAVOLTA et al, 1989).

#### **2.4.2 Zinco (Zn)**

Tanto nos vegetais quanto em outros sistemas biológicos, o zinco (Zn) existe somente como Zn<sup>2+</sup>, e não faz parte de reações de oxirredução. A função metabólica do Zn é baseada na forte tendência em formar complexos tetraédricos com o nitrogênio (N), oxigênio (O) e principalmente com ligantes contendo enxofre (S). A participação mais importante do elemento nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas, tais como: desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfo-hidrogenase. O elemento também atua no metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos; e formação de auxinas, RNA e ribossomos. Existem evidências científicas de que o Zn tem influência na permeabilidade de membranas e é estabilizador de componentes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2009; PRADO, 2008).

Entender o funcionamento das reações que envolvem o Zn torna-se imprescindível para a correção de deficiências do elemento nos cultivos agrícolas. O fluxo difusivo é a forma de maior importância para o transporte de Zn no solo, dada sua baixa concentração na solução. Ao estudar o movimento do zinco, em dois solos com 10,3 e 14% de argila e pH 8,4 e 8,5, respectivamente, Sharma e Deb (1987) registraram que entre 81,5 e 90,2% do transporte do Zn no solo é realizado pela difusão. Os processos de adsorção de Zn a constituintes do solo são o principal mecanismo de

controle da dinâmica do Zn no solo. Para Cunha (1989), os mecanismos envolvidos na adsorção podem estar relacionados com a adsorção eletrostática ou específica do metal.

A adsorção específica é apontada como o principal mecanismo de retenção de Zn no solo. Para Ellis e Knezek (1972), o fenômeno ocorre pela ligação do Zn com grupos OH<sup>-</sup> (octaedral) em argilas silicatadas, em faces quebradas, em aberturas e em defeitos na estrutura cristalina. A prática da calagem nos solos ácidos como os do Cerrado, por exemplo, agrava, o problema de deficiência do Zn no solo. A deficiência desse micronutriente, genericamente, ocasiona o encurtamento dos internódios e a presença de faixas amarelas ou brancas entre as nervuras e as bordas de folhas jovens, devido à baixa mobilidade no floema (PRADO, 2008).

### **2.4.3 Interação fósforo-zinco**

De acordo com Souza et al. (1997), a interação fósforo-zinco é uma situação clássica que denota a interferência de um elemento sobre o outro. Essa interação é bastante estudada, porém é um fenômeno complexo e pouco entendido, visto que existem diferentes resultados, que sugerem a existência de antagonismo mútuo entre P e Zn quando ambos os nutrientes excedem seus valores críticos.

Os estudos realizados para o entendimento da interação comprovam que o P não exerce influência na absorção de Zn (BINGHAM, 1963); o P pode aumentar ou diminuir a absorção de Zn (OLSEN, 1972; PAULI et al., 1968). O P pode diminuir o transporte do Zn da raiz para a parte aérea (OLSEN, 1972) e sua adição em solo deficiente de Zn, provavelmente estimula o crescimento das plantas, e com isso, dilui a concentração de Zn no tecido vegetal (OLSEN, 1972).

De acordo com Malavolta et al. (1997), Christensen e Jackson (1988), Lambert et al. (1979) e Olsen (1972), a influência da adubação fosfatada excessiva sobre a deficiência de Zn, ocorre provavelmente devido a combinação do zinco com o H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, diminuindo a sua disponibilidade, precipitação do fosfato de zinco na superfície das raízes, redução na translocação do zinco das raízes para a parte aérea por causa do alto nível de fosfato nos tecidos condutores, e diminuição no teor de zinco da parte aérea por um efeito diluição.

Outros trabalhos realizados em diversos países relatam a interação fósforo-zinco, sendo que, para cada situação, uma hipótese é apontada como responsável pela

explicação da referida interação. O P pode aumentar a absorção de zinco pelas plantas, mas a interação só é negativa em condições de alta concentração de P no meio, e baixa concentração de Zn; o mesmo não ocorre quando se aumenta o nível de Zn, pois, com altas doses de P, a planta absorve mais Zn (OLIVEIRA, 2000; WALLACE et al., 1978)

Levando-se em consideração a importância que P, Zn, N e K desempenham no metabolismo vegetal e a complexidade de interações que podem existir, entre ambos os nutrientes, o presente estudo visou estudar o efeito da aplicação de combinações de doses P e Zn, e de N e K sobre o crescimento inicial de pitiaia (sistema radicular e parte aérea).

#### **2.4.4 Nitrogênio (N)**

O nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras. Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de N é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o N tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso (TAIZ; ZEIGER, 2009; MALAVOLTA, 2006; AQUINO, 2005).

A eficiência da utilização do N adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse elemento pelas plantas, considerando as perdas que geralmente ocorrem. Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas. A baixa eficiência de utilização do N de fertilizantes pelas culturas deve-se a quatro processos que atuam simultaneamente de forma direta: as perdas por volatilização de amônia e a desnitrificação, o escoamento superficial, a lixiviação e a imobilização microbiana. Por sua vez, a utilização do N-fertilizante pelas plantas pode ser maximizada, localizando-se o adubo na região mais ativa do sistema radicular, aplicando-se o fertilizante no estágio fisiológico da cultura de maior demanda pelo nutriente, aliando condições adequadas de regime hídrico a práticas de manejo (MALAVOLTA, 2006; OLSON; KURTZ, 1982).

A assimilação do N compreende os processos de redução do nitrato a amônio e a incorporação do amônio em aminoácidos. A taxa e a quantidade de N assimilado pelas plantas durante o seu ciclo dependem da atividade das enzimas envolvidas no ciclo do



nitrogênio e da disponibilidade de energia necessária para os processos de assimilação. As formas preferenciais de absorção de N pelas plantas são a amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) e o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Compostos nitrogenados simples, como uréia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos, mas são poucos encontrados na forma livre no solo (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A adubação nitrogenada favorece a taxa de crescimento cultural diretamente, por meio da rápida restauração do índice de área foliar e do incremento da taxa de assimilação líquida, que também é indiretamente favorecida pela adubação. A taxa de assimilação líquida varia inversamente com a idade média das folhas, assim como em razão do progressivo auto-sombreamento das mesmas (GOMIDE, 1996).

A adubação nitrogenada é uma prática indispensável para a disponibilização do N no solo. O nitrogênio se apresenta em diferentes formas químicas nos adubos nitrogenados, como nítrica (nitrato de cálcio); amoniacal (sulfato de amônio); nítrico-amoniacal (nitrato de amônio); orgânica e amídica (uréia). A concentração de N nos adubos pode variar desde 82% na amônia anidra até alguns décimos de 1% nos adubos orgânicos (MALAVOLTA, 2006)

Quando o suprimento de N está abaixo do ótimo, o crescimento é retardado e esse elemento é remobilizado das folhas mais velhas para as mais novas (regiões de crescimento). Neste caso, os sintomas típicos de deficiência de nitrogênio podem ser observados. Um aumento no teor de N não somente retarda a senescência e estimula o crescimento, mas também altera a morfologia da planta de maneira típica, principalmente se a disponibilidade do nitrogênio é alta no meio radicular durante o início do desenvolvimento (MALAVOLTA et al, 1989; TAIZ; ZEIGER, 2009).

#### **2.4.5 Potássio (K)**

O potássio (K) é um dos únicos elementos minerais que não participa da constituição estrutural de moléculas orgânicas. É um macronutriente essencial para os vegetais, desempenhando inúmeras funções, como manutenção da organização celular (hidratação e permeabilidade), influenciando, direta ou indiretamente, em vários sistemas enzimáticos; participação na fosforilação oxidativa; auxílio na translocação de carboidratos; melhoramento da resposta ao fósforo; resistência a algumas doenças; conservação da água nas folhas; desenvolvimento do sistema radicular das plantas;

fortalecimento da parede celular com lignina; estímulo à absorção de silício; e sob sua carência, a fotossíntese fica reduzida, aumentando a respiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A redistribuição do K é alta, tendo em vista a sua elevada concentração no floema, dirigindo-se das folhas velhas para as mais novas. Normalmente esse nutriente é destinado aos tecidos meristemáticos ou para os frutos novos, o que se deve principalmente ao motivo de que aproximadamente 75% do potássio total da planta encontrar-se na forma solúvel ( $K^+$ ), ou seja, livres de ligações com cadeias orgânicas (PRADO, 2008).

Não obstante o reconhecimento de tais funções, o potássio pode tornar-se vilão em razão de seu índice salino que equivale a 116,3%, quando aplicado na forma de cloreto de potássio. Embora o cloreto de potássio (KCl) seja o fertilizante mais utilizado, devido ao menor preço e maior disponibilidade no mercado, alguns cuidados devem ser tomados antes de sua utilização. Por isso, fontes como nitrato e sulfato de potássio necessitam ser melhor estudadas, pois além de conterem outros nutrientes como N e S, apresentam menores índices salinos e reduzem os riscos de salinização e efeito deletério às culturas (AQUINO, 2005; PEREZ, 2009)

A deficiência de K pode ocasionar inúmeras interferências na dinâmica do metabolismo vegetal em nível bioquímico, molecular, celular e histológico. Os sintomas da deficiência de K, nas culturas em geral, caracterizam-se pela clorose marginal e necrose das folhas das folhas mais velhas (PRADO, 2008).

#### **2.4.6 Interação nitrogênio-potássio**

Conforme Andrade et al. (1975), o conhecimento da absorção e acúmulo de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta é importante porque permite definir as épocas em que os elementos são mais exigidos, condicionando maior eficácia na reposição dos nutrientes para as plantas. As funções desempenhadas individualmente por N e K, no ciclo vital do vegetal, são bastante conhecidas. No entanto, o entendimento dos fenômenos que visam estudar a interação de ambos os nutrientes sobre: os processos de absorção; transporte, redistribuição e metabolismo, com reflexos altamente positivos no desenvolvimento das plantas, necessitam ser melhor analisados cientificamente (BULL, 1994).

Segundo Arnon (1975), a interação entre N e K, é notável em experimentos de campo, mostrando que o balanço N:K é particularmente importante para as culturas agrícolas. Bull (1994) observou em estudos na cultura do milho, que o N e o K são requeridos em quantidades semelhantes pelas plantas, no entanto, a exportação através dos grãos foi menor para o K. Outros estudos realizados nos EUA têm buscado entender a participação mútua de N e K sobre o aumento da produção de grãos, qualidade do produto colhido, eficiência na utilização de nutrientes, tolerância a doenças, dentre outras variáveis economicamente importantes em termos de produção agrícola.

Loué (1978) constatou que o balanço N:K na cultura do milho é importante desde os estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, e tem forte influência sobre o acamamento das plantas, onde elevadas doses de N em detrimento de baixas doses de K, favorecem o acamamento. Conforme o autor, a interação N:K afeta, ainda, aspectos qualitativos da cultura do milho, como o conteúdo de proteína, qualidade da silagem e peso de 1.000 grãos.

Para Bull (1994), a interação nitrogênio-potássio obedece à Lei do Mínimo, pois quando o N é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da produção, essa passa a ser limitada pelos baixos teores de K aplicados ao solo. Dados obtidos por Schulte (1975) mostraram que na ausência da adubação potássica, não houve resposta da adubação nitrogenada e vice-versa, sobre a cultura do milho. Ou seja, o efeito benéfico da adubação tornou-se evidente, apenas quando o N e K foram aplicados conjuntamente.

Coutinho et al (2001) constataram que as adubações nitrogenadas (30; 60; 120; 180; 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) e potássicas (380 e 700 kg ha<sup>-1</sup> de K) aumentaram significativamente a produção de massa seca e as concentrações de N e K na parte aérea do capim-Coastcross, sendo que as testemunhas e os tratamentos que receberam as doses mais baixas, apresentaram sintomas típicos de deficiência.

Fonseca et al. (2001) em experimento conduzido com capim-Napier, observaram que a produção de massa seca das folhas da gramínea forrageira aumentou significativamente com as doses de N (100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) e K (50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). Os incrementos obtidos com as maiores doses de N e K foram cerca de 300% mais expressivos do que as doses mais baixas aplicadas para ambos os nutrientes, o que corrobora a importância do balanço N:K equilibrado.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

Os estudos realizados com a cultura da pitaiá abrangeram dois experimentos, os quais foram conduzidos na cidade de Fortaleza, Ceará. De acordo com Köppen (1936), o clima do município de Fortaleza-CE é do tipo Aw'í, caracterizando-se como tropical chuvoso apresentando precipitações de verão e temperatura do mês mais frio superior a 18°C.

Os experimentos foram conduzidos entre outubro de 2011 e abril de 2012, em casa de vegetação localizada no Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia, pertencente ao Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC). Ao término da fase de crescimento inicial, as plantas de ambos os experimentos foram analisadas quanto às suas características fenológicas, sendo posteriormente fracionadas em partes vegetativas e sistema radicular, embaladas em sacos cartonados e devidamente identificadas quanto aos seus respectivos tratamentos. O material vegetal juntamente com o solo presente em cada vaso foi encaminhado para o Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical, onde ocorreu a segunda etapa de análises para a quantificação dos teores de nutrientes presentes no tecido vegetal das plantas submetidas aos diferentes tratamentos na primeira etapa (casa de vegetação), assim como o teor de nutriente na solução do solo.

#### **3.2 Material propagativo utilizado**

O material propagativo disponível para a montagem dos experimentos foi classificado quanto ao tamanho, o que possibilitou trabalhar com três classes de comprimento: pequeno (8 - 20 cm), médio (21 - 33 cm) e grande (34 - 46 cm). Todo o material foi devidamente homogeneizado e distribuído entre os diferentes tratamentos estudados. Em virtude de ter-se trabalhado com quatro repetições, priorizou-se a distribuição de duas dessas com cladódio de tamanho médio, uma com cladódio pequeno e outra com cladódio de tamanho grande, de maneira a evitar ao máximo, o efeito do tamanho dos cladódios.

### 3.3 Características do solo

O plantio das partes propagativas de pitaiá foi realizado em vasos com capacidade para 12 dm<sup>3</sup>, os quais foram preenchidos com 10 dm<sup>3</sup> de solo. O solo foi amostrado e encaminhado ao Laboratório de Fertilidade do Solo, onde foi analisado quanto às suas características físicas e químicas, anteriormente à montagem do experimento (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1** Características químicas iniciais do solo (substrato) utilizado para o preenchimento dos vasos experimentais. Fortaleza, CE, 2013.

M. O.	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC	V	Cu	Fe	Zn	Mn
g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>							%	mg dm <sup>-3</sup>				
1,8	7,2	18,0	0,2	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	1,0	1,0	100	0,50	30,16	2,48	2,26

Extratores: P, Na e K – Mehlich; Ca, Mg e Al – KCl; H+Al – Acetato de cálcio; pH - Água

**Tabela 2** Características físicas do solo (substrato) utilizado para o preenchimento dos vasos experimentais. Fortaleza, CE, 2013.

Composição mineralógica (g kg <sup>-1</sup> )						Densidade			Umidade		
Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	Classif. Textural	Grau de flocculação	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil
g kg <sup>-1</sup>						g kg <sup>-1</sup>	g cm <sup>-3</sup>				
728	193	44	35	11	Areia	69	1,54	2,62	2,60	2,03	0,57

### 3.4 Irrigação

A irrigação na casa de vegetação foi realizada manualmente. Para a manutenção do teor de umidade do solo, em torno, de 60%, usaram-se béqueres contendo as quantidades de água calculadas. Para controlar esse volume foram amostrados cinco vasos (localizados em diferentes partes da casa de vegetação), os quais foram devidamente identificados e pesados a cada 3 ou 4 dias (variação conforme os fatores climáticos da época). Após a primeira aplicação de água (quantidade necessária para atingir 60% de umidade), a diferença em massa do vaso entre a pesagem anterior e a atual foi considerada como o volume de água necessário para ser repostos.

Para os períodos do ano com temperaturas mais severas utilizou-se, turno de rega de 3 dias, enquanto que nos períodos de temperaturas mais amenas, o intervalo de irrigação foi prolongado para 4 dias. Esse prolongamento foi realizado com intuito de evitar excesso de umidade nos vasos e, desse modo, dificultar a proliferação de doenças no eixo terminal do cladódio e o aparecimento de cochonilha.

### **3.5 Determinação das doses e fertilizantes utilizados**

Em virtude da ausência de recomendação de adubação para a cultura da pitaita, as doses foram estimadas com base na recomendação geral citada por Malavolta (1981) para experimento em vasos, boletins técnicos da cultura do abacaxi e experimentos conduzidos com palma forrageira.

#### **3.5.1 Doses e fertilizantes utilizados no experimento I**

Foram testadas cinco doses de fósforo (0, 75, 150, 255 e 300 mg dm<sup>-3</sup> de P) e cinco doses de zinco (0, 2, 4, 6 e 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn). Os níveis de adubação de fósforo (P0, P1, P2, P3 e P4) e zinco (Zn0, Zn1, Zn2, Zn3 e Zn4) foram arranjados em esquema fatorial 5x5 com quatro repetições e 100 unidades amostrais.

Os adubos utilizados como fonte de P e Zn foram respectivamente superfosfato triplo (45% de P) e sulfato de zinco (20% de Zn). Para a adubação básica (igual para todos os vasos) foram utilizados: 62,50 mg dm<sup>-3</sup> de cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), 375,00 mg dm<sup>-3</sup> de sulfato de amônio (20% de N e 23% de S) e 25,40 mg.dm<sup>-3</sup> de FTE BR-11, como fontes de potássio, enxofre, nitrogênio e micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio), respectivamente. Tanto o FTE quanto o superfosfato triplo e o sulfato de zinco foram aplicados solubilizados em água para favorecer sua incorporação ao substrato.

A adubação fosfatada foi efetuada completamente em “fundação”, no ato do preenchimento dos vasos experimentais, em virtude, da baixa mobilidade do fósforo no solo. Já a aplicação de sulfato de zinco foi parcelada em cinco vezes iguais, sendo a primeira aplicação realizada em “fundação”, no ato do preenchimento dos vasos experimentais com o substrato. A segunda aplicação foi efetuada aos 60 dias após o plantio das estacas, logo depois do preenchimento dos vasos, período em que

teoricamente 100% dos cladódios, já estariam enraizados. As demais aplicações foram realizadas aos 90, 120 e 150 dias após o início do experimento. Para a adubação básica realizou-se também, a aplicação dos adubos em cinco parcelas iguais, exceto o FTE, que foi aplicado totalmente em “fundação” devido à baixa quantidade recomendada na literatura.

### **3.5.2 Doses e fertilizantes utilizados no experimento II**

Foram testadas cinco doses de nitrogênio (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup> de N) e cinco doses de potássio (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm<sup>-3</sup> de K). Os níveis de adubação de nitrogênio (N0, N1, N2, N3 e N4) e potássio (K0, K1, K2, K3 e K4) foram arrançados em esquema fatorial 5x5 com quatro repetições e 100 unidades amostrais.

Os adubos utilizados como fonte de N e K foram, respectivamente, uréia (45% de N) e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Para a adubação básica (igual em todos os vasos) foram utilizados 832 mg dm<sup>-3</sup> de superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 12% de S) e 27,7 mg dm<sup>-3</sup> de FTE BR-12 (9% de Zn, 1,80% de B, 0,80% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn, 0,10% de Mo). Tanto o FTE quanto as cinco parcelas de N e K foram aplicados solubilizados em água para favorecer sua incorporação ao solo.

As adubações nitrogenadas e potássica foram parceladas em cinco vezes iguais. A primeira aplicação dos adubos (uréia e cloreto de potássio) foi realizada em “fundação”, no ato do preenchimento dos vasos experimentais com o substrato. A segunda aplicação foi efetuada aos 60 dias, período em que teoricamente 100% das plantas já estariam enraizadas. As demais aplicações foram realizadas aos 90, 120 e 150 dias após o início do experimento.

No que se diz respeito à adubação básica, em virtude da baixa mobilidade de P no solo, o superfosfato simples foi aplicado totalmente em “fundação” no ato do preenchimento dos vasos. O FTE devido à pequena quantidade recomendada, também foi aplicado totalmente em “fundação” e, o sulfato de zinco foi parcelado em cinco doses iguais, semelhantemente ao nitrogênio e potássio.

## **3.6 Análises**

### **3.6.1 Análise fenológica das plantas**

Ao término dos experimentos foram realizadas análises fenológicas que visaram identificar a influência da adubação mineral sobre o crescimento inicial das plantas. Os caracteres fenológicos avaliados foram:

- **Somatório do comprimento dos cladódios (SCC):** O comprimento do cladódio principal foi determinado pela distância entre a superfície do substrato contido no vaso e a parte apical terminal do cladódio principal. Já comprimento dos cladódios laterais foi determinado pela distância entre a inserção da brotação e a parte apical terminal desta ramificação. É importante ressaltar que o resultado obtido foi oriundo do somatório entre o comprimento de ambos os tipos de cladódios (principal e laterais), não sendo, portanto, um valor médio, pois existiam em algumas plantas, desde pequenos e jovens cladódios (2 a 5 cm) até grandes e maduros cladódios (60 a 70 cm). A medição foi realizada com auxílio de trena milimetrada de 5 metros e os resultados foram expressos em centímetro (cm).
- **Número de cladódios (NC):** Foi quantificado pelo somatório entre o cladódio principal e o número de cladódios laterais emitidos pela planta. Os resultados foram expressos em unidades de cladódio.
- **Massa fresca de cladódios (MFC):** Para cada planta fez-se a remoção de todos os seus cladódios, acondicionando-os em sacos cartonados individuais, previamente identificados. Posteriormente, esses sacos representativos de cada tratamento foram pesados, com auxílio de balança analítica. Os resultados foram expressos em grama (g).
- **Massa seca dos cladódios (MSC):** Após a determinação da massa fresca, os sacos representativos de cada tratamento estudado foram encaminhados ao laboratório, sendo posteriormente alocados em estufa com circulação de ar forçado (70°C), durante 72 horas. Após a secagem o material foi imediatamente pesado para determinação da massa seca dos cladódios. Os resultados foram expressos em grama (g).
- **Comprimento do sistema radicular (CSR):** Primeiramente foi identificada a raiz de maior comprimento longitudinal. Essa raiz foi estendida verticalmente e



submetida à medição, com auxílio de uma trena milimetrada de 5 metros. Os resultados foram expressos em centímetro (cm).

- **Massa seca do sistema radicular (MSSR):** Para cada planta fez-se a remoção do sistema radicular, o qual foi devidamente lavado em água corrente, de modo a eliminarem-se os agregados de solo presentes no material e, em seguida, foi submetido à secagem em temperatura ambiente. Após esses procedimentos, o material previamente identificado foi acondicionado em sacos cartonados individuais e encaminhado ao laboratório, onde foram submetidos à secagem artificial em estufa com circulação de ar forçado (70°C), durante 72 horas. Após a secagem o material foi imediatamente pesado para determinação da massa seca das raízes. Os resultados foram expressos em grama (g).

### **3.6.2 Análise química do tecido vegetal**

Ao término dos experimentos, as plantas foram fracionadas em raiz e parte aérea (cladódio principal e lateral), os quais foram embalados em sacos cartonados, identificados e expostos à secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70 °C, durante 72 horas. Após a secagem, o material vegetal (sistema radicular e cladódios) foi moído, para determinação dos teores dos nutrientes N e K (experimento 1), P e Zn (experimento 2), conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2010).

### **3.6.3 Análise química do solo**

O solo utilizado para preencher os vasos foi amostrado ao término dos experimentos, quando as plantas foram colhidas para a execução das análises químicas do tecido vegetal. O material foi coletado em cada um dos vasos numa quantidade de aproximadamente 500 g de solo, sendo posteriormente embalado em saco plástico, identificado e encaminhado para o laboratório, onde foi submetido à secagem artificial em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 50°C, durante 24 horas. Em seguida, o material foi passado numa peneira com malha de 2 mm de abertura para a eliminação das partículas grosseiras e aproveitamento da terra fina seca ao ar. Após

esses procedimentos, o solo foi analisado, conforme a metodologia da EMBRAPA (2010).

### **3.7 Estatística: análise dos dados**

Os dados referentes às avaliações fenológicas e químicas foram analisados em delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo os tratamentos arranjos em esquema fatorial, constituído por dois fatores (doses do nutriente A e doses do nutriente B), em cinco níveis cada, e quatro repetições. Todas essas características estudadas foram submetidas à análise de variância (teste F com nível de significância  $p < 0,05$ ), de modo a avaliar os efeitos principais de cada uma das variáveis (A e B) e da interação (A x B).

Para a interação significativa ( $p < 0,05$ ) procedeu-se o ajuste em superfícies de resposta do tipo  $Y = \beta_0 + \beta_1(A) + \beta_2(A)^2 + \beta_3(B) + \beta_4(B)^2 + \beta_5(A).(B) + e$ , em que Y foi a variável de resposta; A, dose de A ( $\text{mg dm}^{-3}$  de A); B, dose de B ( $\text{mg dm}^{-3}$  de B);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  e  $\beta_5$ , os parâmetros do modelo e  $e$ , o erro aleatório associado a cada observação. Após este ajuste inicial, a significância de cada parâmetro foi testada, tendo-se como hipótese de nulidade ( $H_0$ ):  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  e  $\beta_5 = 0$ . Aceitaram-se como significativos os efeitos com  $p < 0,05$ . As análises estatísticas foram executadas com o auxílio do software Statistica 7.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento I - Interação fósforo-zinco

#### 4.1.1 Influência da interação fósforo-zinco sobre o teor de P no solo, sistema radicular e parte aérea

O efeito da interação entre as doses de fósforo e de zinco aplicadas foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os teores de P no solo, sistema radicular e parte aérea das plantas de pitaia aos 180 dias (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teores de P no solo, no sistema radicular e na parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

P	Doses		Teor de P no solo mg dm <sup>-3</sup>	Teor de P nas raízes g kg <sup>-1</sup>	Teor de P na parte aérea g kg <sup>-1</sup>
	Zn				
	mg dm <sup>-3</sup>				
0	0		5,40	0,98	1,64
0	2		8,83	0,98	1,93
0	4		14,07	1,16	2,04
0	6		10,07	0,93	2,31
0	8		9,76	0,92	2,10
75	0		23,86	1,24	3,71
75	2		56,14	1,24	3,89
75	4		30,20	1,34	5,12
75	6		24,27	1,31	3,88
75	8		17,21	1,29	3,78
150	0		37,89	1,18	5,78
150	2		37,81	1,26	5,78
150	4		38,51	1,32	6,05
150	6		39,00	1,32	5,78
150	8		36,95	1,39	4,88
225	0		62,91	1,48	6,04
225	2		53,03	1,26	6,15
225	4		43,11	1,15	6,06
225	6		41,02	1,10	5,85
225	8		39,85	1,04	5,56
300	0		73,00	1,00	6,20
300	2		75,38	1,28	7,05
300	4		71,82	1,08	7,22
300	6		68,93	0,99	7,65
300	8		66,24	0,94	7,73
<b>Causa de</b>	<b>GL</b>	<b>-----</b>	<b>-----</b>	<b>Teste F</b>	<b>-----</b>

variação				
<b>Doses de P</b>	4	827,0735**	35,9562**	415,9186**
<b>Doses de Zn</b>	4	17,0554**	3,4042**	6,2553**
<b>Int. P x Zn</b>	16	147,5653**	5,5034**	3,8852**
<b>Blocos</b>	3	0,7283 <sup>ns</sup>	4,8515**	0,7739 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	72			
<b>Média</b>		37,83	1,17	4,97
<b>CV (%)</b>		8,90	8,59	8,78

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

<sup>ns</sup> - Não Significativo

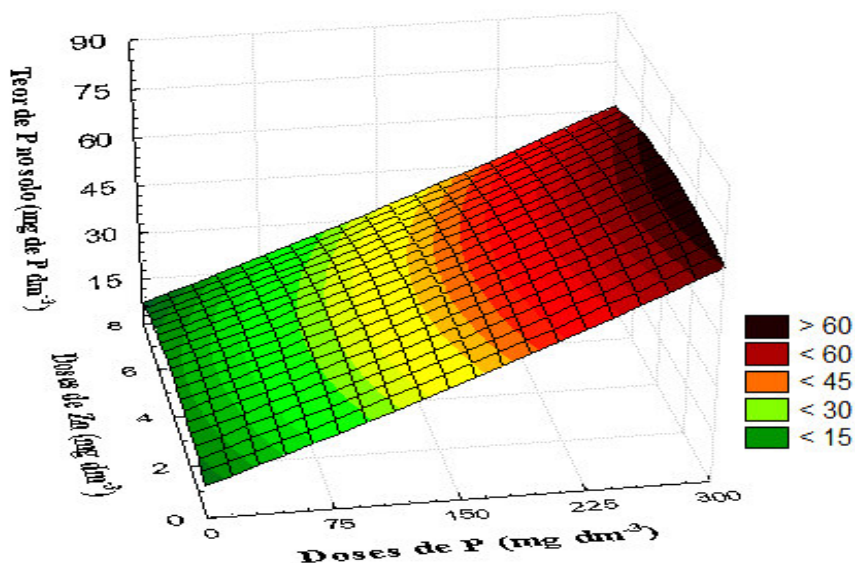
#### 4.1.1.1 Teor de P no solo

O teor de P no solo variou de 5,40 a 75,38 mg de P dm<sup>-3</sup>. Os menores valores (<45,00 mg de P dm<sup>-3</sup>) resultaram da aplicação de 0 - 75 mg dm<sup>-3</sup> de P combinados à aplicação de 4 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, ao passo que as maiores médias (>60,00 mg de P dm<sup>-3</sup>) foram obtidas com o uso de 225 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P combinadas às doses de 2 - 4 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 3 e Figura 1). Portanto, a combinação das maiores doses de P com as menores doses de Zn resultaram em maior disponibilidade de P no solo ao final do período experimental.

Possivelmente, as plantas bem supridas com ambos os nutrientes (P e Zn) apresentaram maior crescimento e, conseqüentemente, maior exigência nutricional durante o período de estudo, ocasionando assim, a diminuição da concentração de P no solo ao final do experimento nos tratamentos correspondentes às doses médias ou mais elevadas de P e Zn.

Como já era esperado, o incremento nas doses de P aplicadas proporcionaram aumentos lineares nos teores de fósforo disponíveis no solo, independentemente da adubação com zinco (Figura 1). Isto ocorre devido à aplicação de superfosfato no solo ocasionar um aumento na concentração de P nas formas mais lábeis e assimiláveis pelas culturas (Perrott e Mansell, 1989). Por sua vez, o aumento crescente nas doses de zinco promoveu uma redução nos teores de P disponíveis no solo, principalmente nos tratamentos relacionados às maiores doses de P. Além disso, com o incremento nas doses de Zn o aumento do fósforo disponível no solo em função das doses crescentes de P foi progressivamente menos intenso, com redução na taxa de aumento de 18,01%

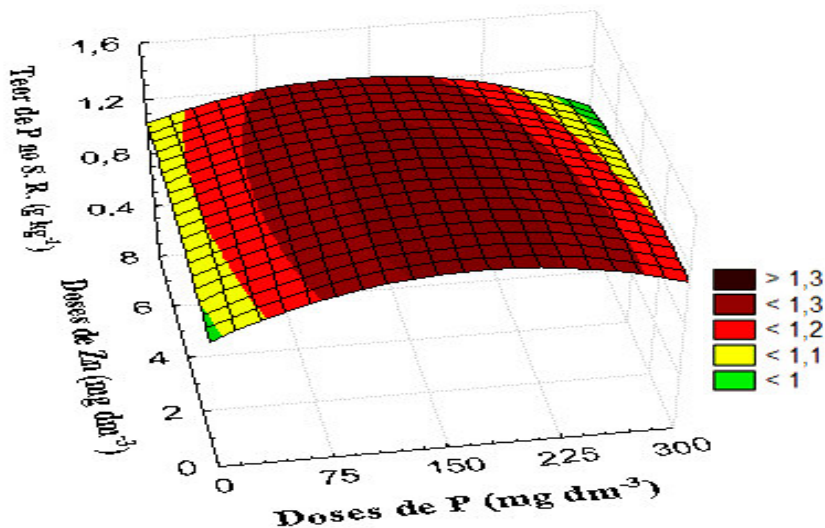
(coeficiente angular da equação = 0,1801), na dose zero de Zn, para 14,09% (coeficiente angular da equação = 0,1409) na maior dose, 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Figura 1).



**Figura 1.** Influência de doses de P e Zn sobre o teor de P no solo utilizado para preencher os vasos cultivados com plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 10,1475 + 0,1667(P) + 0,000064406(P)^2 + 2,1916(Zn) - 0,3188(Zn)^2 - 0,0008(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,9199^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.1.2 Teor de P no sistema radicular

O teor de P no sistema radicular oscilou de 0,92 a 1,39 g kg<sup>-1</sup>. As menores médias (<1,00 g kg<sup>-1</sup>) foram obtidas com a combinação de 0 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn; ou 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Os maiores teores (>1,10 g kg<sup>-1</sup>) resultaram da aplicação de 150 - 250 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 3 e Figura 2). Em geral, as maiores médias ocorreram quando o teor de P no solo oscilou de 20 - 60 mg dm<sup>-3</sup>. Conforme Prado (2008) e Cruciol et al. (2005), plantas que são submetidas a condições de deficiência de P no solo, genericamente, retêm maior quantidade de fósforo nas raízes e translocam grande parcela de fotoassimilados para o sistema radicular em detrimento da parte aérea.



**Figura 2.** Influência de doses de P e Zn sobre o teor de P no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 0,9650 + 0,0042(P) - 0,000012368(P)^2 + 0,0315(Zn) - 0,0030(Zn)^2 - 0,0001(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,03199^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.1.3 Teor de P na parte aérea

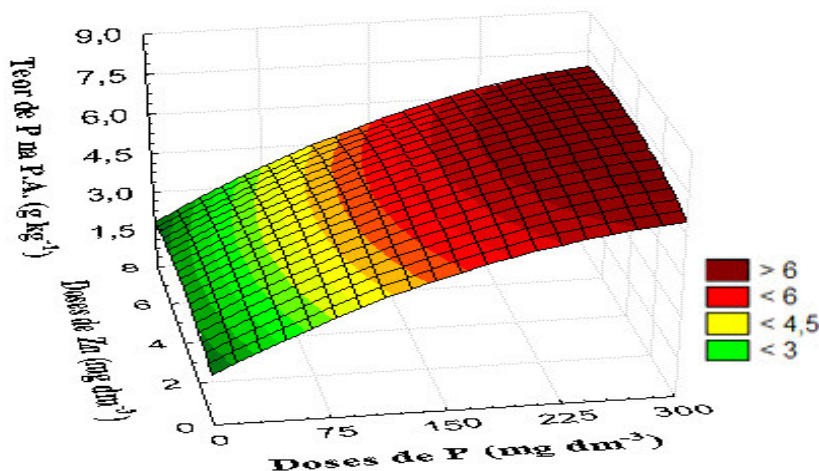
O teor de P na parte aérea variou de 1,64 a 7,73. Os menores valores ( $<4,50 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram resultantes da aplicação de  $0 - 75 \text{ mg dm}^{-3}$  de P com  $2 - 8 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn. As maiores médias ( $>6,00 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram obtidas com o uso de  $150 - 300 \text{ mg dm}^{-3}$  de P com  $2 - 8 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn (Tabela 3 e Figura 3).

Verificou-se maior acúmulo de P na parte aérea de pitaia, quando a disponibilidade do elemento no solo alcançou os maiores valores (Figuras 1 e 3). Essas observações corroboraram os resultados apresentados por Batista et al. (2011), Cessa et al. (2009) e Fernandes et al. (2007) para mudas de goiabeira, capuchinha e freijó, respectivamente. Possivelmente, a maior disponibilidade de P no solo ocasionou efeito positivo sobre o crescimento vegetativo, o que induziu o aumento do teor de P na parte aérea.

A aplicação de doses crescentes de P com  $0 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn, culminou em aumento linear no teor de P na parte aérea, confirmando a dinâmica fisiológica apresentada por Prado (2008). Conforme o autor, as plantas mal supridas com Zn podem apresentar alto teor de P na parte aérea, devido ao desarranjo nas membranas, o qual ocasiona inibição na redistribuição do P da parte aérea para a raiz.

O uso de doses crescentes de Zn combinado com a supressão da aplicação de P, também ocasionou aumento linear no teor de P na parte aérea. As médias oscilaram de

1,93 a 2,10 g kg<sup>-1</sup>, e foram de 0,29 – 0,44 g kg<sup>-1</sup> maiores do que a média da testemunha (1,64 g kg<sup>-1</sup>). Provavelmente, as plantas bem supridas em Zn apresentaram maior metabolismo e, conseqüentemente aumentaram a demanda por P, tendo em vista, as funções deste elemento na planta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Certamente, essa demanda nutricional culminou com a redução das reservas de P disponível na solução do solo.



**Figura 3.** Influência de doses de P e Zn sobre o teor de P na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 1,9173 + 0,0267(P) - 0,000037689(P)^2 + 0,2273(Zn) - 0,0300(Zn)^2 + 0,0002(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,8926^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.2 Influência da interação fósforo-zinco sobre o teor de Zn no solo, sistema radicular e parte aérea

A interação fósforo-zinco foi significativa ( $p < 0,01$ ) para o teor de Zn no solo, sistema radicular e parte aérea. Em razão disso as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta pelo modelo matemático do tipo  $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1(P) + \beta_2(P)^2 + \beta_3(Zn) + \beta_4(Zn)^2 + \beta_5(P) + (Zn) + e$  (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teores de Zn no solo, sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		Teor de Zn no solo	Teor de Zn nas raízes	Teor de Zn na parte aérea
P	Zn	mg dm <sup>-3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
mg dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
0	0	0,86	49,73	82,37
0	2	1,08	66,91	117,62
0	4	4,37	82,60	125,00
0	6	4,83	89,20	203,23
0	8	4,97	100,95	132,27
75	0	0,84	51,63	80,53

75	2	1,92	71,87	118,25
75	4	3,81	91,97	148,60
75	6	3,97	85,47	223,15
75	8	9,38	84,70	179,24
150	0	0,80	59,13	78,80
150	2	2,00	66,23	128,90
150	4	3,64	83,13	188,46
150	6	4,63	79,73	229,14
150	8	5,85	86,30	225,23
225	0	0,68	63,33	75,61
225	2	2,79	69,02	129,60
225	4	3,30	70,00	193,50
225	6	4,59	59,06	243,66
225	8	5,92	85,10	194,25
300	0	0,57	97,42	74,64
300	2	2,40	69,51	142,90
300	4	3,13	68,83	222,34
300	6	6,66	55,87	248,85
300	8	6,49	88,90	190,90
<b>Causa de variação</b>	<b>GL</b>	<b>-----</b>	<b>Teste F</b>	<b>-----</b>
<b>Doses de P</b>	4	17,617**	8,7772**	36,6182**
<b>Doses de Zn</b>	4	878,4045**	71,0518**	457,4633**
<b>Int. P x Zn</b>	16	33,7631**	26,4173**	8,7815**
<b>Blocos</b>	3	0,4390 <sup>ns</sup>	0,4896 <sup>ns</sup>	0,9231 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	72			
<b>Média</b>		3,58	75,06	159,08
<b>CV (%)</b>		9,63	6,86	7,62

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

<sup>ns</sup> - Não Significativo.

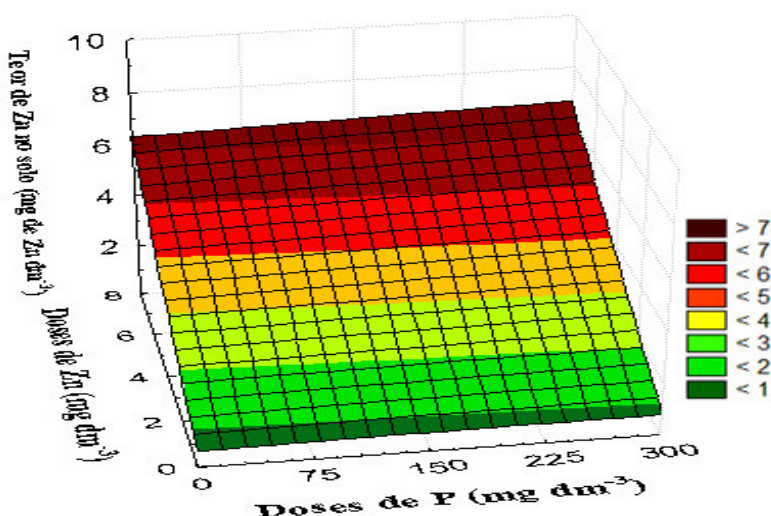
#### 4.1.2.1 Teor de Zn no solo

O teor de Zn no solo oscilou de 0,57 a 9,38 mg dm<sup>-3</sup>. Os menores valores (<4,00 mg dm<sup>-3</sup>) foram obtidos com a aplicação de 225 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P e 0 - 4 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, ao passo que os maiores teores (>5,00 mg dm<sup>-3</sup>) resultaram do uso de 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de P com 6 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 4 e Figura 4). Portanto, o uso de elevadas doses de P e doses baixas de Zn resultou em redução no teor de Zn disponível no solo, confirmando os estudos apresentados por Muner et al. (2011) e Malavolta et al. (1997). Conforme os autores, o uso de adubação fosfatada excessiva pode ocasionar deficiência



de Zn no solo, pois o fósforo insolubiliza o zinco na superfície das raízes ou precipita-o como fosfato de zinco, impedindo a absorção do metal pelas plantas.

A combinação de doses crescentes de P com a supressão da aplicação de Zn resultaram em redução linear do teor de Zn no solo, o que possivelmente ocorreu, em virtude da dinâmica interação P: Zn comentada anteriormente. Por sua vez, a aplicação de doses crescentes de Zn com 0 mg dm<sup>-3</sup> de P ocasionou aumento do teor de Zn disponível no solo, corroborando com os resultados obtidos por Costa (2008) para arroz. A aplicação da maior dose de Zn (8 mg dm<sup>-3</sup>) resultou num incremento de aproximadamente cinco vezes, em relação à média da testemunha (0,86 mg.dm<sup>-3</sup>).



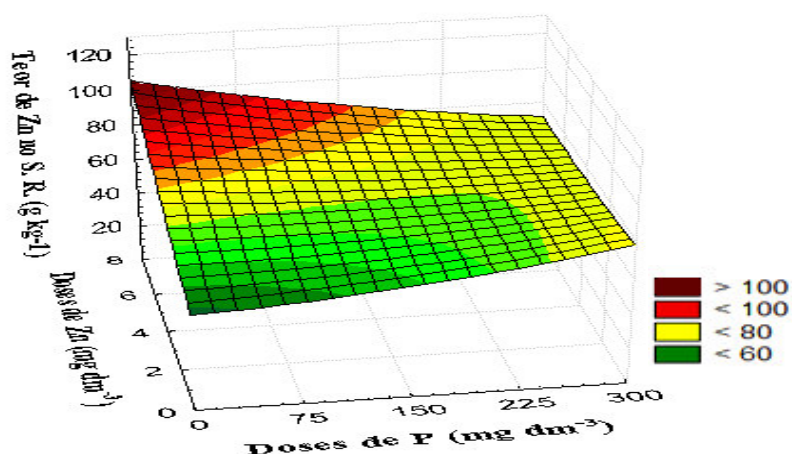
**Figura 4.** Influência de doses de P e Zn sobre o teor de Zn no solo utilizado para preencher os vasos cultivados com plantas de pitua em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 0,6310 + 0,0008(P) - 0,0000008127(P)^2 + 0,6694(Zn) + 0,0048(Zn)^2 + 0,000094(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,8530^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.2.2 Teor de Zn no sistema radicular

O teor de Zn no sistema radicular oscilou de 49,73 a 100,95 mg kg<sup>-1</sup>. Os menores valores (<80,00 mg kg<sup>-1</sup>) foram obtidos quando o P e o Zn não foram adicionados ao solo ou foram aplicados em baixas doses, ou seja, 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de P com 0 - 2 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Por sua vez, as maiores médias (<80,00 mg kg<sup>-1</sup>) resultaram do uso de 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de P com 6 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 4; Figura 5).

A combinação de doses crescentes de P com supressão do uso de Zn resultaram em aumento linear do teor de Zn nas raízes. Os teores oscilaram de 51,63 - 97,42 mg kg<sup>-1</sup>, onde a utilização de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P resultou na maior média, aproximadamente duas vezes maior que a média da testemunha (49,73 mg kg<sup>-1</sup>). Possivelmente, a

aplicação de doses elevadas de P num solo caracterizado por baixa disponibilidade de Zn resultou em insolubilização do Zn pelo P na superfície das raízes (MARSCHNER, 1995). Esses resultados contrariam os ajustes lineares negativos obtidos por Fernandes et al. (2007) e Gonçalves et al. (2000) para mudas de feijó e espécies arbóreas tropicais. A aplicação de doses crescentes de Zn na ausência da adubação fosfatada, também culminou em ajuste linear positivo. De acordo com Andrade et al. (2010) e Oliveira et al. (2005) há uma tendência do zinco se acumular nas raízes, sobretudo, quando é absorvido em grandes concentrações.

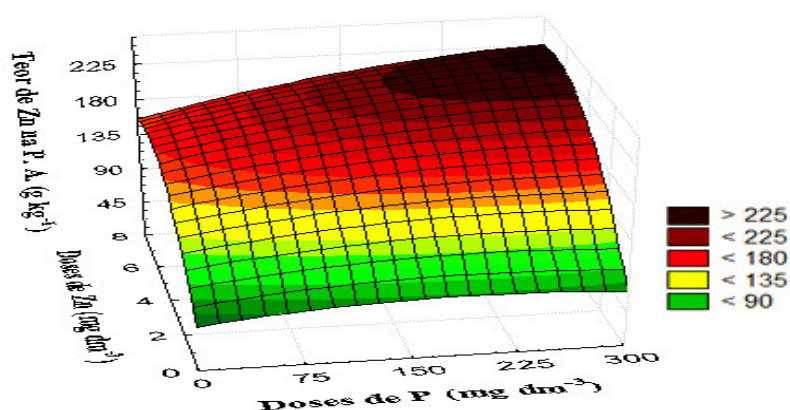


**Figura 5.** Influência de doses de P e Zn sobre o teor de Zn no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 54,5386 + 0,0353(P) + 0,0001(P)^2 + 5,5090(Zn) + 0,1016(Zn)^2 - 0,0238(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,3215^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.2.3 Teor de Zn na parte aérea

O teor de Zn na parte aérea oscilou de 64,44 a 238,35 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. As menores médias (<100,00 mg dm<sup>-3</sup> de Zn) resultaram da combinação de 225 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 0 – 2 mg dm<sup>-3</sup>; ou 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn com 225 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de P. Por sua vez, os maiores teores (>100,00 mg dm<sup>-3</sup> de Zn) foram obtidos com o uso de 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de P com 4 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 4 e Figura 6). Em comparação com o teor de Zn no sistema radicular (Figura 5), observou-se que em condições de boa disponibilidade de Zn solo (>5,00 mg dm<sup>-3</sup>) (Figura 4) houve elevado acúmulo do elemento, tanto no sistema radicular quanto na parte aérea. De acordo com Prado (2008) e Malavolta (2006), o zinco possui redistribuição limitada na planta, mas em plantas bem supridas com o metal, a mobilidade no floema pode ser aumentada, confirmando os resultados obtidos no presente estudo.

A combinação de doses crescentes de P com a supressão da aplicação de Zn ocasionou redução do teor de Zn na parte aérea, corroborando com os resultados obtidos por Manarin (2005) em plantas de capim-Tanzânia. De acordo com Malavolta et al. (1997) e Marschner (1995), a redução do teor de Zn na parte aérea ocorreu em virtude de altas concentrações de fósforo no solo causarem redução na disponibilidade do Zn, impedindo ou diminuindo a absorção do metal pelas raízes. Isto conseqüentemente afetou o transporte do nutriente na planta. As aplicações culminaram com a variação no teor de Zn de 74,64 – 80,53 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que esta maior média foi 1,84 mg kg<sup>-1</sup> inferior à média da testemunha.



**Figura 6.** Influência de doses de P e Zn sobre o teor de Zn na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 57,4373 + 0,2032(P) - 0,0005(P)^2 + 38,2526(Zn) - 3,2622(Zn)^2 - 0,0237(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,6919^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### **4.1.3 Influência da interação fósforo-zinco sobre os caracteres fenológicos da parte aérea (somatório do comprimento, número, massa fresca e massa seca dos cladódios) de plantas de pitaia em crescimento inicial**

A interação fósforo-zinco foi significativa ( $p < 0,01$ ) para os caracteres fenológicos da parte aérea de pitaia (somatório do comprimento, número, massa fresca e massa seca dos cladódios), com isso, as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta pelo modelo matemático  $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1(P) + \beta_2(P)^2 + \beta_3(Zn) + \beta_4(Zn)^2 + \beta_5(P) + (Zn) + e$  (Tabela 5).

**Tabela 5.** Influência de doses de P e Zn sobre o somatório do comprimento (SCC), número (NC), massa fresca (MFC) e massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitiaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		SCC	NC	MFC	MSC
P	Zn				
	mg dm <sup>-3</sup>	cm	unid.	g	g
0	0	98,00	5,00	161,25	20,00
0	2	85,00	5,00	126,75	23,75
0	4	91,25	6,00	133,75	27,50
0	6	81,75	6,00	131,75	21,25
0	8	120,75	8,00	162,50	26,25
75	0	107,75	8,00	180,00	30,00
75	2	108,00	7,00	210,00	32,50
75	4	126,00	8,00	173,75	25,00
75	6	141,00	7,00	198,75	25,00
75	8	97,00	6,00	145,00	26,25
150	0	113,25	6,00	181,75	30,25
150	2	131,75	7,00	198,75	26,25
150	4	128,00	8,00	197,50	33,75
150	6	133,00	8,00	215,00	31,25
150	8	95,00	8,00	191,75	25,00
225	0	111,75	8,00	236,25	33,75
225	2	123,00	7,00	206,75	31,75
225	4	164,00	8,00	270,00	36,25
225	6	121,50	8,00	206,25	32,50
225	8	176,00	9,00	213,75	31,25
300	0	117,50	7,00	193,75	31,25
300	2	120,50	8,00	201,25	32,50
300	4	126,50	7,00	193,75	30,00
300	6	138,50	7,00	233,25	27,50
300	8	125,75	8,00	178,75	25,00
Causa de variação	GL	-----	-----	Teste F	-----
Doses de P	4	17,1030**	22,0948**	33,0124**	28,9300**
Doses de Zn	4	3,5275*	12,8175**	1,7626 <sup>ns</sup>	5,6630*
Int. P x Zn	16	4,7590**	9,1120**	3,4607**	4,6521**
Blocos	3	1,9027 <sup>ns</sup>	3,0142*	4,2480**	6,6697**
Resíduo	72				
	<b>Média</b>	119,30	6,96	189,68	28,57
	<b>CV (%)</b>	14,51	9,84	12,57	9,77

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

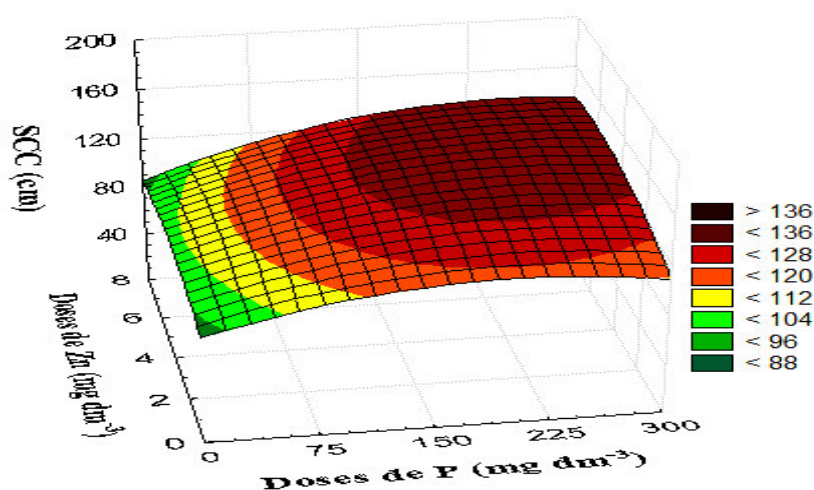
<sup>ns</sup> - Não Significativo.

#### 4.1.3.1 Somatório do comprimento dos cladódios (SCC)

O SCC variou de 81,75 a 176 cm. Os menores valores (<112,00 cm) foram encontrados tanto para a testemunha quanto para a adição de 75 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 4 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Por sua vez, os maiores valores (>120,00 cm) resultaram do uso de 150 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 6 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 5 e Figura 7).

Genericamente, os maiores SCC coincidiram com as doses que propiciaram boa disponibilidade de P e Zn no solo, e médio a elevado teor de P e Zn na parte aérea (Figuras 1, 3, 4, 6 e 7). Esses resultados corroboraram com os obtidos por Prado (2008). De acordo com esse autor, a deficiência de P e Zn no solo ocasionam, respectivamente, déficit de ATP (principalmente na parte aérea) e redução na síntese de auxina e RNA. Isso comprometeu o metabolismo das plantas e resultou em redução no crescimento das mesmas.

O uso combinado de doses crescentes P com 0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn ocasionou aumento linear do SCC, revelando a importância da adubação fosfatada para o crescimento vegetativo de pitaiá, mesmo com supressão da aplicação de Zn (aumenta a eficiência de utilização do P na planta). Enquanto isso, a adição de doses crescentes de Zn na ausência de adubação fosfatada mostrou-se ineficiente no aumento do SCC, sendo obtidos valores abaixo de 100 cm. De acordo com Raghotama (1999), a deficiência de fósforo na planta, aumenta a retenção de P na raiz e condiciona o conseqüente incremento da razão raiz - parte aérea.



**Figura 7.** Influência de doses de P e Zn sobre o somatório do comprimento dos cladódios (SCC) de plantas de pitaiá em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 85,1393 + 0,3193(P) - 0,0008(P)^2 + 5,7884(Zn) - 0,7230(Zn)^2 + 0,0107(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,3515^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

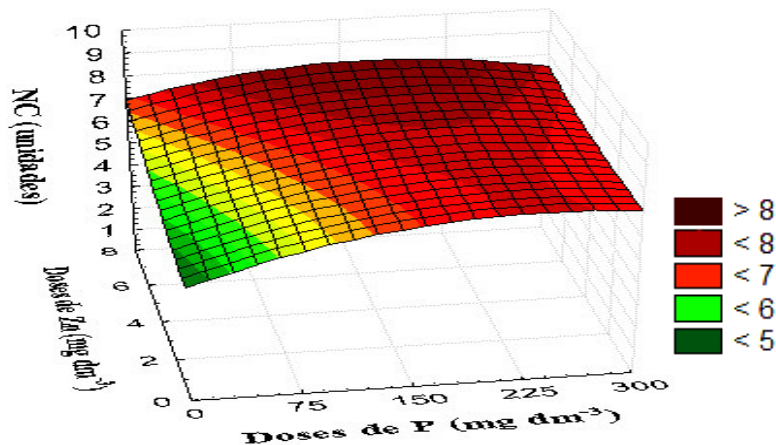
#### 4.1.3.2 Número de cladódios (NC)

O número de cladódios variou de 5,00 – 9,00 unidades. Os menores resultados (<6,00 cladódios) foram obtidos para a testemunha e para a aplicação de 75 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 4 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Por sua vez, as maiores médias (>7,00 unidades) resultaram da aplicação de 150 - 225 mg dm<sup>-3</sup> de P com 6 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 5 e Figura 8). Esses resultados mais expressivos (>7,00 cladódios) corroboraram com o NC obtido por Moreira et al. (2011) em plantas de pitaia; e com o número de artículos encontrados por Nascimento (2008) e Teles et al. (2002) em plantas de palma forrageira. Possivelmente o aumento da disponibilidade de P e Zn no solo influenciou a síntese de ATP, RNA e AIA nas plantas. Em razão disso, pode ter havido a formação de brotações vegetativas laterais, que resultaram no aumento do número de cladódios.

A aplicação de 150 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 4 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn ocasionou uma disponibilidade de P e Zn no solo, capaz de promover elevados incrementos no SCC e NC (Figuras 1, 4, 7 e 8). De acordo com Muner (1986), plantas bem supridas em P e Zn apresentam expressivo acúmulo de massa seca e elevada produção. Contudo, plantas adubadas com P na ausência de aplicação de Zn, demonstram sintomas de toxidez de P, em virtude do acúmulo do nutriente no tecido e a ineficiência de utilização pela planta, o que possivelmente está relacionado ao efeito sinérgico desempenhado pelo Zn.

O uso de doses crescentes de P combinadas com a supressão da aplicação de Zn resultou em ajuste quadrático, sendo que a utilização de 75 - 225 mg dm<sup>-3</sup> de P induziu a um incremento de 3 unidades de cladódios, em comparação à média testemunha (Tabela 5 e Figura 8). Esse aumento no NC foi semelhante ao obtido por Dubeux Júnior et al. (2010) e Teles et al. (2002) nos artículos secundários de palma forrageira, em crescimento inicial e adubadas com doses crescentes de P.

A adição de doses crescentes de Zn combinada com ausência da adubação fosfatada promoveu aumento linear no NC, sendo que a aplicação da maior dose de Zn (8 mg dm<sup>-3</sup>) culminou num incremento de 4 cladódios, em relação, à média da testemunha (Tabela 5 e Figura 8). Provavelmente, o aumento da disponibilidade de Zn no solo, ocasionou incremento da síntese RNA e na atividade enzimática, o que pode ter estimulado a formação de novos cladódios laterais.



**Figura 8.** Influência de doses de P e Zn sobre o número dos cladódios (NC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 4,9471 + 0,0189(P) - 0,00004(P)^2 + 0,2254(Zn) + 0,0009(Zn)^2 - 0,0006(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,3367^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

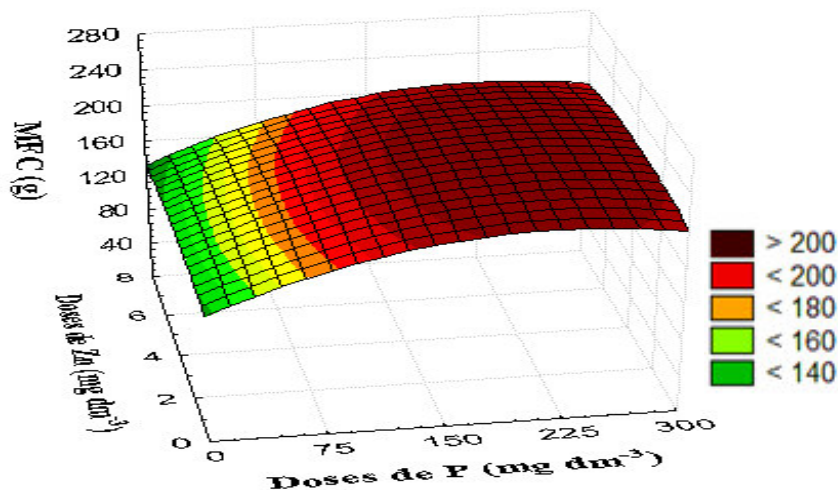
#### 4.1.3.3 Massa fresca dos cladódios (MFC)

A massa fresca dos cladódios oscilou de 126,75 a 270,00 g. Os menores valores (<160,00 g) foram obtidos para a aplicação de 0 - 75 mg dm<sup>-3</sup> de P com 0 - 2 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, enquanto que as maiores médias (>180,00 g) resultaram da adição de 150 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Os valores mais expressivos de MFC coincidiram com os níveis mais acentuados de P e Zn na solução do solo e parte aérea. Para essas mesmas faixas de disponibilidade e acúmulo de P e Zn foram obtidos, também, os maiores SCC e NC (Tabelas 3, 4 e 5; Figuras 1, 3, 4, 6, 7, 8 e 9).

A combinação de doses crescentes de P com a supressão da aplicação de Zn resultaram em efeito quadrático. O uso de 75 a 225 mg dm<sup>-3</sup> de P promoveu incremento de 56,25 g na MFC. Possivelmente a baixa disponibilidade de Zn no solo e, conseqüentemente na parte aérea, culminou em menor eficiência de utilização do P na parte aérea induzida pela deficiência de Zn.

Por sua vez, a combinação de doses crescentes de Zn com 0 mg dm<sup>-3</sup> de P promoveu aumento linear na massa fresca dos cladódios, havendo incremento de 35,75 g na MFC, comparativamente à média da testemunha. Certamente a influência do Zn sobre a síntese de AIA, RNA e atividade enzimática relacionou-se aos incrementos observados. É importante ressaltar que esses efeitos positivos do Zn sobre a MFC foram mais significativos quando se aumentou a disponibilidade de P e Zn no solo.





**Figura 9.** Influência de doses de P e Zn sobre a massa fresca (MFC) dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 140,5957 + 0,6446(P) - 0,0015(P)^2 + 3,9854(Zn) - 0,6304(Zn)^2 + 0,0017(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,4622^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.3.4 Massa seca dos cladódios (MSC)

A massa seca dos cladódios oscilou de 20,00 a 36,25 g. As menores médias (<28,00 g) resultaram da adição de 0 - 75 mg dm<sup>-3</sup> de P com 0 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, ao passo que os maiores valores (>28,00 g) foram obtidos com o uso de 150 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Portanto, a adubação fosfatada exerceu papel limitante no incremento de MSC, sendo que os resultados mais expressivos (>28,00 g) foram proporcionados pelo uso de doses de P e Zn capazes de propiciar boa disponibilidade de ambos os nutrientes no solo e parte aérea das plantas. A faixa que abrangeu as maiores médias de SCC, NC e MFC, coincidiu com os maiores valores de MSC (Tabela 3, 4 e 5; Figuras 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9 e 10).

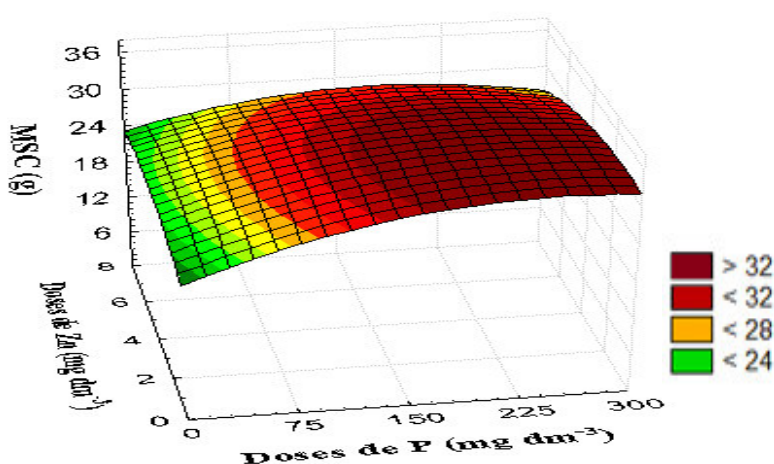
Verificou-se que a MSC variou de 20,00 a 36,25 g, enquanto que a MFC oscilou de 126,75 a 270,00 g (Tabela 5; Figuras 9 e 10). Relacionando-se ambos os resultados estimou-se que, em torno de 84,00 – 87,00% do tecido vegetal foi constituído por água. Esses resultados corroboraram com o teor relativo de umidade descrito por Goldstein et al. (1991) e Barcikowski e Nobel (1984) para cactos suculentos.

A combinação de doses crescentes de P com a supressão do uso de Zn resultaram em ajuste quadrático da massa fresca dos cladódios, havendo incremento de MSC, apenas para a adição de 75 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 10). É provável que o uso de quantidades elevadas de P na ausência de aplicação de Zn culminou num acúmulo elevado de P na parte aérea, o qual prejudicou o incremento de MSC. Esses resultados



corroboraram com os estudos publicados por David et al. (2008), Abreu et al. (2005) e Muner (1986). De acordo com os autores, o Zn aumenta a eficiência de utilização de P na parte aérea, podendo haver toxidez de doses elevadas de P em plantas deficientes em Zn.

Por sua vez, a combinação de doses crescentes de Zn com 0 mg dm<sup>-3</sup> resultou em ajuste cúbico. O uso de 4 e 6 mg dm<sup>-3</sup> resultaram na maior e menor média, respectivamente (Tabela 5; Figura 10). De acordo com Consolini e Coutinho (2004) o requerimento de Zn para o adequado crescimento das culturas varia, conforme o potencial genético de produção de cada cultura e, portanto, com as suas respectivas exigências nos fatores de produção.



**Figura 10.** Influência de doses de P e Zn sobre a massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 22,0657 + 0,0848(P) - 0,0002(P)^2 + 1,0129(Zn) - 0,1116(Zn)^2 - 0,0029(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,3702^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.4 Influência da interação fósforo-zinco sobre os caracteres fenológicos do sistema radicular (comprimento e massa seca do sistema radicular) de plantas de pitaia em crescimento inicial

A interação fósforo-zinco foi significativa ( $p < 0,01$ ) para os caracteres fenológicos do sistema radicular de pitaia (comprimento e massa seca). Por esta razão, as médias das respectivas variáveis foram analisadas por meio de superfícies de resposta com modelo matemático do tipo  $Y = \beta_0 + \beta_1(P) + \beta_2(P)^2 + \beta_3(Zn) + \beta_4(Zn)^2 + \beta_5(P) + (Zn) + e$  (Tabela 6).

**Tabela 6.** Influência de doses de P e Zn sobre o comprimento (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitiaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		CSR	MSSR
P	Zn		
mg dm <sup>-3</sup>		cm	g
0	0	46,25	8,75
0	2	40,00	12,50
0	4	38,00	10,00
0	6	36,50	10,00
0	8	36,00	9,50
75	0	47,00	13,00
75	2	48,25	11,50
75	4	45,50	11,25
75	6	44,00	11,25
75	8	46,25	10,75
150	0	48,00	13,75
150	2	46,75	11,25
150	4	53,00	10,00
150	6	49,50	10,00
150	8	48,50	15,00
225	0	46,50	13,75
225	2	44,00	11,25
225	4	51,00	16,25
225	6	50,50	20,00
225	8	50,00	10,00
300	0	35,25	10,00
300	2	44,00	17,50
300	4	48,25	13,75
300	6	42,00	22,50
300	8	40,50	18,75
Causa de variação	GL	Teste F	
Doses de P	4	14,7032**	31,0982**
Doses de Zn	4	2,5995*	6,1843**
Int. P x Zn	16	6,4223*	10,1420**
Blocos	3	1,5323 <sup>ns</sup>	1,0052 <sup>ns</sup>
Resíduo	72		
<b>Média</b>		44,61	12,89
<b>CV (%)</b>		8,20	15,55

- \* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;
- \*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;
- <sup>ns</sup> - Não Significativo.

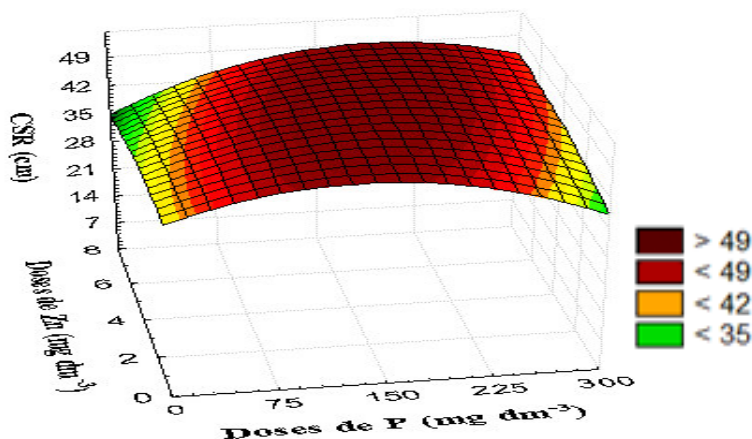
#### 4.1.4.1 Comprimento do sistema radicular (CSR)

O comprimento do sistema radicular oscilou de 35,25 a 53,00 cm. Os menores valores (<42,00 cm) resultaram da aplicação de 0 mg dm<sup>-3</sup> de P com 0 – 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn; ou 225 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 0 – 2 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Por sua vez, as maiores médias (>42,00 cm) foram obtidas com o uso de 75 - 225 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (Tabela 6 e Figura 11).

Em relação às concentrações de P e Zn no solo, parte aérea e sistema radicular, observou-se que os maiores CSR (>42,00 cm) foram alcançados para as doses que propiciaram baixo ou intermediário teor de P e Zn no solo e parte aérea, e elevado teor de P no sistema radicular (Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 11). Esses resultados comprovam que em condições de baixa disponibilidade de P no solo, tal nutriente é preferencialmente acumulado no sistema radicular, culminando na redução da razão parte aérea/raiz. De acordo com Araújo (2000) e Rosolem et al. (1999), o contato íon-raiz para o P dá-se por difusão, movimentado-se pouco e vagarosamente no solo, obrigando a um crescimento constante do sistema radicular, principalmente em condições de baixa disponibilidade do elemento no solo.

A combinação de doses crescentes de P com a supressão da aplicação de Zn resultou em ajuste quadrático, sendo que houve incremento no CSR até o uso de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 11). Segundo Goedert et al. (1986), são freqüentes as respostas acentuadas das plantas às pequenas aplicações de fosfatos solúveis, as quais estimulam o desenvolvimento radicular e proporcionam boas condições físicas para as culturas obterem os demais nutrientes.

O uso combinado de doses de Zn com 0 mg dm<sup>-3</sup> de P ocasionou redução do CSR, o que possivelmente está relacionado ao fato de o P ser um elemento essencial para crescimento do sistema radicular (ARAÚJO, 2000) (Figura 11). Esses resultados corroboraram com os obtidos por Resende et al. (2009) em plantas de melancia Crimson Sweet, contudo, diferiram das respostas encontradas por Guimarães et al. (2010) em mudas de pinheira.



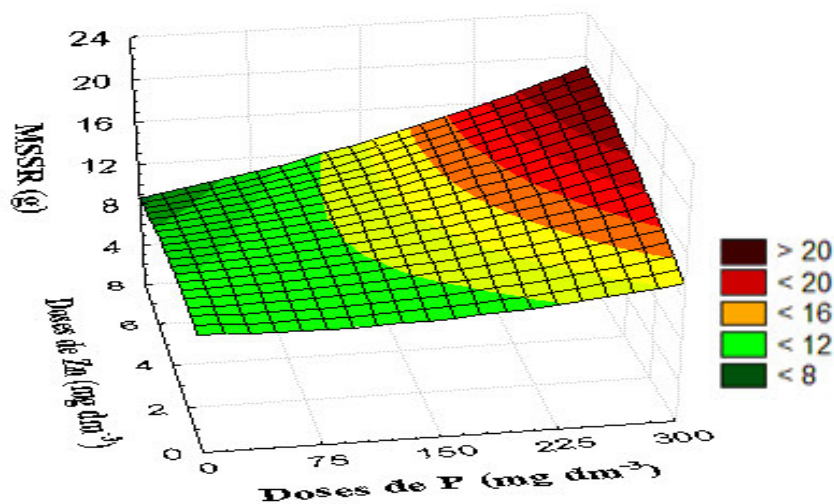
**Figura 11.** Influência de doses de P e Zn sobre o comprimento do sistema radicular (CSR) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 41,9214 + 0,1026(P) - 0,0004(P)^2 - 0,0682(Zn) - 0,1018 (Zn)^2 + 0,0056(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,0486^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.1.4.2 Massa seca do sistema radicular (MSSR)

A massa seca do sistema radicular oscilou de 8,75 a 22,50 g. Os menores valores resultaram da aplicação de 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de P e 2 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, ao passo que as maiores médias foram obtidas com o uso de 225 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com 2 - 8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. Esses resultados corroboraram com Araújo (2000) e exprimiram o papel limitante que o P desempenha no crescimento do sistema radicular (Tabela 6 e Figura 12).

A combinação de doses crescentes de P com 0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn culminou em ajuste quadrático, confirmado pelos resultados obtidos por Batista et al. (2011) e David et al. (2008) para mudas de goiabeira e maracujazeiro amarelo. O uso de 300 mg dm<sup>-3</sup> resultou em incremento menos satisfatório do que as demais doses de P (Figura 12). Possivelmente, a aplicação das maiores doses estimulou o crescimento vegetativo, o que de fato corrobora com Anghinoni e Meurer (1999). Segundo os autores, em condições de elevada disponibilidade de P no solo, as plantas tem a possibilidade de investir maior parcela de energia no incremento de parte aérea em detrimento do sistema radicular.

Por sua vez, a aplicação de doses crescentes de Zn na ausência de P, também culminou em ajuste quadrático, ajustando-se aos resultados encontrados por Guimarães et al. (2010) e Natale et al. (2002) em mudas de pinheira e goiabeira, respectivamente (Figura 12). Possivelmente, a aplicação de doses de Zn na ausência da adubação fosfatada estimulou o crescimento lateral do sistema radicular, tendo em vista que estas mesmas combinações ocasionaram redução linear no CSR.



**Figura 12.** Influência de doses de P e Zn sobre a massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 11,2671 - 0,0069(P) + 0,000044441(P)^2 + 0,0554(Zn) - 0,0491(Zn)^2 + 0,0035(P)(Zn)$ ;  $R^2 = 0,4029^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

## 4.2 Experimento II – Interação nitrogênio-potássio

### 4.2.1 Influência da interação nitrogênio-potássio sobre o teor de K no solo, sistema radicular e parte aérea

A interação nitrogênio-potássio foi significativa ( $p < 0,01$ ) para o teor de K no solo, sistema radicular e parte aérea. Desse modo, as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta com modelo matemático do tipo  $Y = \beta_0 + \beta_1(N) + \beta_2(N)^2 + \beta_3(K) + \beta_4(K)^2 + \beta_5(N) + (K) + e$  (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teores de K no solo, sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		Teor de K no solo	Teor de K nas raízes	Teor de K na parte aérea
N	K			
mg dm <sup>-3</sup>		mmolc dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
0	0	0,44	6,09	20,77
0	75	0,90	6,24	27,67
0	150	1,32	6,46	28,15
0	225	1,79	6,90	30,77
0	300	2,89	7,26	28,19
150	0	0,13	3,36	20,83
150	75	0,24	4,21	24,77

150	150	0,27	3,88	31,37
150	225	0,96	7,14	35,37
150	300	0,95	5,41	46,00
300	0	0,15	3,56	20,50
300	75	0,20	4,41	21,63
300	150	0,79	4,65	40,83
300	225	1,16	5,27	41,60
300	300	1,01	5,43	45,07
450	0	0,16	2,73	19,27
450	75	0,32	4,35	30,97
450	150	0,20	3,47	36,00
450	225	1,43	5,73	38,67
450	300	1,02	6,34	44,98
600	0	0,21	3,50	12,87
600	75	0,39	4,93	22,63
600	150	0,83	5,02	25,23
600	225	0,95	5,34	35,24
600	300	1,56	6,67	34,18
<b>Causa de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Teste F</b>		
Doses de N	4	764,7456**	49,2257**	47,0193**
Doses de K	4	1572,5058**	79,4903**	228,7350**
Int. N x K	16	102,0063**	7,4922*	12,3093**
Blocos	3	0,1874 <sup>ns</sup>	0,5469 <sup>ns</sup>	0,9989 <sup>ns</sup>
Resíduo	72			
<b>Média</b>		0,81	5,16	30,56
<b>CV (%)</b>		7,58	10,81	8,08

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

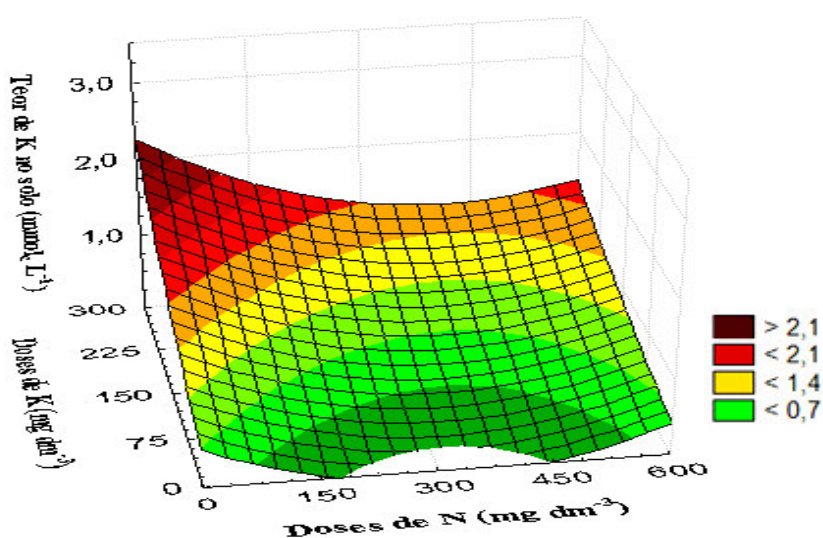
<sup>ns</sup> - Não Significativo.

#### 4.2.1.1 Teor de K no solo

O teor de K no solo oscilou de 0,13 a 2,89 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Os menores valores (<1,40 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) foram obtidos com a utilização de 300 – 600 mg dm<sup>-3</sup> de N e 75 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de K, enquanto que as maiores médias (>1,40 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) foram resultantes da aplicação de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N com 225 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K. Esses resultados demonstraram que a aplicação de doses elevadas de N (300 – 600 mg dm<sup>-3</sup> de N) influenciou negativamente a disponibilidade de K no solo (Tabela 7 e Figura 13). Possivelmente, a utilização dessas elevadas doses de N estimulou o incremento

vegetativo da planta (PRADO, 2008; BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000) e, conseqüentemente houve aumento na demanda da planta por K, exaurindo a disponibilidade de K na solução do solo. Conforme Prado (2008); Silveira e Malavolta (2003); e Tester e Blatt (1989), o K exerce importantes funções no metabolismo vegetal e desse modo, as plantas que apresentam elevado crescimento vegetativo, em função de doses de N, devem simultaneamente receber doses satisfatórias de K.

A adição de doses crescentes de K na ausência de N ( $0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) ocasionou o aumento linear do teor de K no solo, o que se enquadrou com os resultados obtidos por Rodrigues (2009) e Paula et al. (1999) para Latossolos adubados com doses crescentes de K e cultivados com a cultura do abacaxi. A aplicação da maior dose de K na ausência de N, aumentou em aproximadamente sete vezes, o teor de K disponível no solo. De acordo com Meurer (2007) e Paula et al. (1991), o aumento dos teores de K no solo está relacionado com quantidades do nutriente adicionadas e com a participação do elemento no complexo sortivo, entretanto esse incremento pode apresentar resultados variáveis que oscilam em função das características textuais e mineralógicas do solo no qual o adubo está sendo aplicado.



**Figura 13.** Influência de doses de N e K sobre o teor de K no solo utilizado para preencher os vasos cultivados com plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 0,4939 - 0,0040(N) + 0,000006375(N)^2 + 0,0046(K) + 0,0000042159(K)^2 - 0,000004471(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,6270^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.1.2 Teor de K no sistema radicular

O teor de K no sistema radicular variou de 2,73 a 7,31 g kg<sup>-1</sup>. Os menores valores (<4,50 g kg<sup>-1</sup>) foram obtidos com a aplicação de 150 - 600 mg dm<sup>-3</sup> de N e 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de K, corroborando com as observações fisiológicas observadas por Bredemeier e Mundstock (2000) e Harper (1994) no estudo do metabolismo vegetal do N (Tabela 7; Figura 14). De acordo com esses autores pode haver interferência de doses elevadas de N sobre o acúmulo de K no sistema radicular, pois o crescimento vegetativo induzido pela adubação nitrogenada ocasiona uma demanda pelo potássio na parte aérea da planta, onde o elemento desempenha funções vitais no metabolismo vegetal (condutância estomática, translocação de carboidratos, atividade enzimática etc.) sinergisticamente às funções de N (composição de importantes biomoléculas, como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas). Esse fluxo de K para a parte aérea, quando a planta está “bem suprida de N” e em “deficiência de K”, provocou, portanto, o baixo acúmulo de K no sistema radicular (Figura 14) e a exaustão da disponibilidade de K na solução do solo (Figura 13).

Não obstante, as maiores médias de K nas raízes (>6,00 g kg<sup>-1</sup>) foram constatadas com a aplicação de 0 - 150 mg dm<sup>-3</sup> de N e 225 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, (Tabela 7 e Figura 14). A utilização das respectivas doses de N e K resultou num aumento do suprimento de K no solo e sistema radicular, concomitantemente a um baixo crescimento vegetativo. Possivelmente, esse menor incremento de parte aérea ocasionou redução da demanda por K em tal compartimento da planta, gerando maior acúmulo de K no sistema radicular.

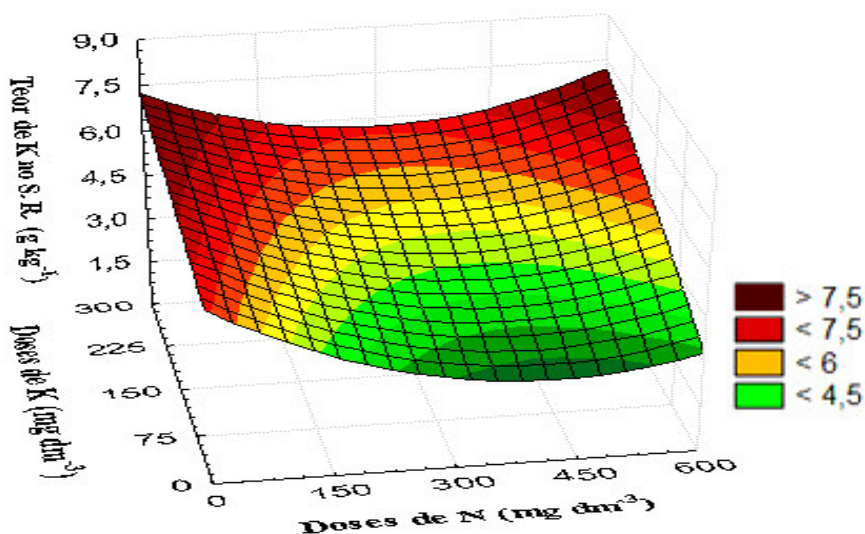
A utilização de doses crescentes de K e 0 mg dm<sup>-3</sup> de N proporcionou ajuste linear positivo do teor de K no sistema radicular. Aplicando-se 300 mg dm<sup>-3</sup> de K e 0 mg dm<sup>-3</sup> houve um incremento de 1,17 g kg<sup>-1</sup> de K nas raízes em comparação à média da testemunha (6,09 g kg<sup>-1</sup>). É provável que uma redução no crescimento vegetativo dessas plantas mal supridas por N e com “boa disponibilidade de K na solução do solo”, tenham proporcionado uma condição satisfatória para o acúmulo de K no sistema radicular. Essas observações corroboraram com os resultados evidenciados para a aplicação de doses crescentes de N na ausência da adubação potássica.

A aplicação de 150 - 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou em redução do teor de K no sistema radicular (ajuste linear negativo), o que possivelmente aconteceu em decorrência do elevado crescimento vegetativo induzido pela adubação nitrogenada (PRADO, 2008; BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). É provável que a



parte aérea tenha se transformado num dreno forte para o fluxo de K. Em virtude do K está em baixa disponibilidade no solo não adubado, a planta, certamente, não teve condições suficientes para acumulá-lo, o qual foi redirecionado para a parte aérea (dreno forte com o crescimento vegetativo estimulado por doses de N).

É importante frisar que os teores de K obtidos no sistema radicular para essas combinações de doses (doses crescentes de N na ausência de K) foram inferiores à média da testemunha ( $6,09 \text{ g kg}^{-1}$ ), evidenciando-se que a adição de doses crescentes de N e  $0 \text{ mg dm}^{-3}$  de K afeta negativamente o acúmulo de K nas raízes (Figura 14).



**Figura 14.** Influência de doses de N e K sobre o teor de K no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 5,6029 - 0,0124(N) + 0,000014959(N)^2 + 0,0062(K) - 0,000001981(K)^2 + 0,0000080622(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,5739^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.1.3 Teor de K na parte aérea

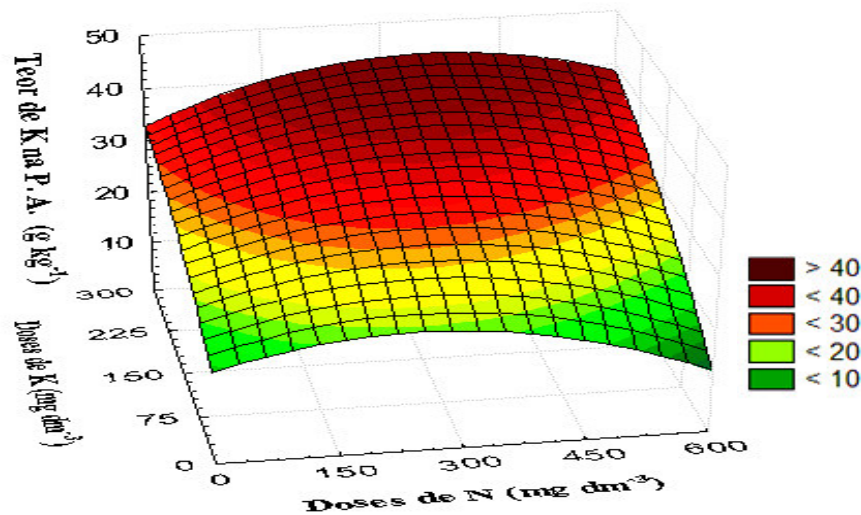
O teor de K na parte aérea variou de  $12,87$  a  $46,00 \text{ g kg}^{-1}$ . Os menores teores de K ( $<30,00 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram constatados com a utilização de  $150 - 300 \text{ mg dm}^{-3}$  de N com  $0 - 75 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, enquanto que as maiores médias ( $>30,00 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram encontradas com a aplicação de  $150 - 450 \text{ mg dm}^{-3}$  de N com  $225 - 300 \text{ mg dm}^{-3}$  de K (Tabela 7 e Figura 15). Estas combinações que resultaram nos maiores teores de K na parte aérea, simultaneamente possibilitaram a obtenção de boa disponibilidade de K no solo ( $1,40 - 2,10 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Figura 13) e significativo acúmulo de K no sistema radicular ( $6,00 - 7,50 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Figura 14).

As observações feitas acima corroboram com os estudos da interação nitrogênio-potássio realizadas por Lacoeuilhe (1971). De acordo com esse autor, a interação é

bastante influenciada pela disponibilidade de K no solo. Em solos com teores de K considerados altos, o N estimula o crescimento vegetativo, aumentando a utilização das reservas de K do solo. Com isso, a utilização de doses elevadas de N em solos com baixa disponibilidade de K, culmina em gradual redução de K no solo e sistema radicular e, conseqüentemente, observa-se efeito quadrático sobre o K acumulado na parte aérea das plantas (Tabela 7 e Figuras 13, 14 e 15).

O uso de doses crescentes de K no solo não adubado com N resultou em ajuste quadrático dos teores de K na parte aérea. A aplicação da maior dose de K resultou numa média de  $2,58 \text{ g kg}^{-1}$  menor que a obtida para a dose imediatamente anterior. As médias oscilaram de  $27,67 - 30,77 \text{ g kg}^{-1}$ , sendo superiores ao teor de K acumulado na parte aérea da testemunha (Figura 15). Certamente a quantidade de K acumulada na parte aérea foi limitada pela ausência da adubação nitrogenada e pelo menor crescimento vegetativo resultante desta supressão. Por sua vez, o sistema radicular aumentou linearmente o teor de K para essas mesmas combinações, conforme evidenciado na Figura 13. Essa observação pode explicar que diante da limitação ocasionada por N, a planta bem suprida por K, tendeu a acumular o nutriente no sistema radicular.

A aplicação de doses crescentes de N com  $0 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, também resultou em ajuste quadrático dos níveis de K acumulados na parte aérea, havendo efeito negativo de doses maiores ou igual a  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. Possivelmente a exaustão das reservas de K no solo, ocasionada pelo uso de doses elevadas de N, está relacionada com os resultados obtidos. O ajuste quadrático encontrado no presente estudo diferiu dos comportamentos apresentados por Rodrigues (2010; 2009) e Spironello et al. (2004) para a cultura do abacaxizeiro, o que pode estar associado à espécie vegetal estudada, propriedades químicas dos solos nos quais os experimentos foram conduzidos e doses de N utilizadas.



**Figura 15.** Influência de doses de N e K sobre o teor de K na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 17,6935 + 0,0422(N) - 0,000086406(N)^2 + 0,0865(K) - 0,0001(K)^2 + 0,000064676(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,6899^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.2 Influência da interação nitrogênio-potássio sobre o teor de N no sistema radicular e parte aérea

A interação nitrogênio-potássio foi significativa ( $p < 0,01$ ) para o teor de N no sistema radicular e parte aérea. Em função disso, as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta com modelo matemático do tipo  $Y = \beta_0 + \beta_1(N) + \beta_2(N)^2 + \beta_3(K) + \beta_4(K)^2 + \beta_5(N) + (K) + e$  (Tabela 8).

**Tabela 8.** Teores de N no sistema radicular e parte aérea de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses	Teor de N nas raízes		Teor de N na parte aérea	
	N	K	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
	mg dm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>	
0	0	5,66	3,36	
0	75	5,87	5,08	
0	150	5,96	5,88	
0	225	5,06	4,18	
0	300	5,04	4,13	
150	0	10,34	16,88	
150	75	10,48	19,96	
150	150	9,90	12,92	
150	225	9,52	14,78	
150	300	9,42	15,07	
300	0	8,72	21,68	

300	75	14,45	21,27
300	150	11,15	18,29
300	225	10,29	16,41
300	300	10,05	16,45
450	0	7,50	27,33
450	75	11,54	25,50
450	150	11,59	23,80
450	225	11,70	23,82
450	300	11,56	22,80
600	0	6,91	30,40
600	75	10,85	25,19
600	150	12,34	24,90
600	225	14,69	21,12
600	300	13,04	23,28
Causa de variação	GL	Teste F	
Doses de N	4	160,6326**	550,5660**
Doses de K	4	34,7198**	25,2376**
Interação N x K	16	14,9862**	5,4338**
Blocos	3	3,0322*	0,5398 <sup>ns</sup>
Resíduo	72		
<b>Média</b>		9,25	17,79
<b>CV (%)</b>		8,73	8,95

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

<sup>ns</sup> - Não Significativo.

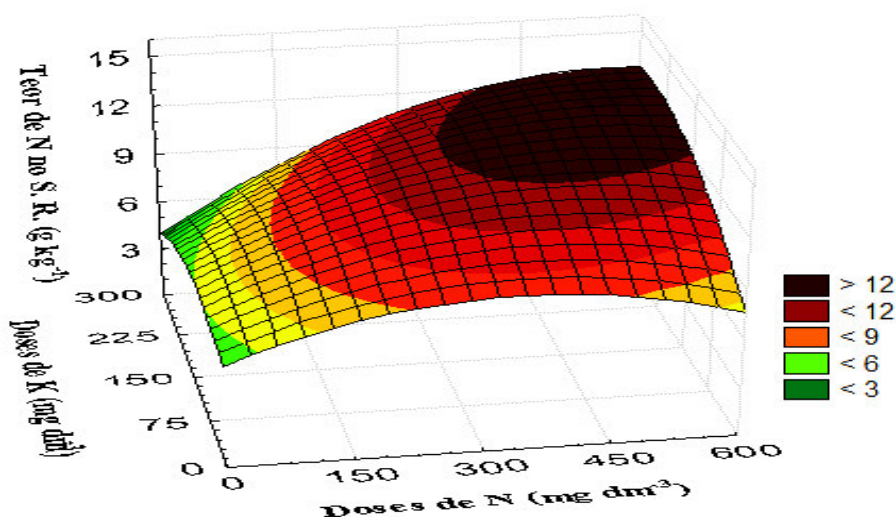
#### 4.2.2.1 Teor de N no sistema radicular

O teor de N acumulado no sistema radicular variou de 5,04 g kg<sup>-1</sup> a 14,69 g kg<sup>-1</sup> de N. As menores médias (<9,00 g kg<sup>-1</sup> de N) foram obtidas com a aplicação de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N e 75 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K; ou 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K.. Os maiores teores (>10,00 g kg<sup>-1</sup> de N) foram obtidos com o uso de 300 – 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 75 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 8 e Figura 16). Portanto, o uso de doses baixas (0 – 150 mg dm<sup>-3</sup>) ou elevada (600 mg dm<sup>-3</sup>) de N influenciou negativamente sobre o teor de N no sistema radicular, independentemente da quantidade de K aplicada ao solo. Certamente a aplicação de doses baixas de N culminou numa baixa disponibilidade de N no solo, e por conseqüência influenciou para que o teor de N acumulado no compartimento radicular fosse baixo. Já o resultado obtido para a dose elevada de N

pode estar relacionado ao fato de que essa aplicação favoreceu ao crescimento vegetativo e ao acúmulo de N na parte aérea em detrimento do sistema radicular.

A aplicação de doses crescentes de N combinada com a supressão do uso de K resultou num ajuste quadrático dos teores de N. As combinações para doses maiores do que 300 mg dm<sup>-3</sup> de N culminaram em redução no teor de N radicular (Tabela 8; Figura 16), o que certamente estar relacionado ao crescimento e ao fluxo de N para a parte aérea. O ajuste e os efeitos ocasionados pela aplicação de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N corroboraram com os resultados encontrados por Marques et al. (2006) e Schimidt et al. (2003) ao testar doses crescentes de N (0 – 200 mg dm<sup>-3</sup>) em mudas de sabiá e plantas de capim-Tanzânia, respectivamente.

Por sua vez, a utilização de doses crescentes de K com 0 mg dm<sup>-3</sup> de N apresentou efeito pouco significativo sobre o teor de N acumulado no sistema radicular. Observou-se efeito quadrático quanto a esta resposta, no entanto, as médias encontradas foram semelhantes aos teores de N acumulados no sistema radicular da testemunha. Comparando-se os resultados obtidos para o teor de N e K, quando doses elevadas desses nutrientes foram aplicadas, observou-se, que há maior efeito de N sobre o teor de K radicular. Ou seja, nesse compartimento específico da planta há maior influência do N sobre o K do que a recíproca, sendo a interação N:K exercida por efeito do N (Tabelas 7 e 8 e Figuras 14 e 16).



**Figura 16.** Influência de doses de N e K sobre o teor de N no sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 6,2770 + 0,0183(N) - 0,000026679(N)^2 + 0,0149(K) - 0,000075784(K)^2 + 0,000042121(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,4832^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

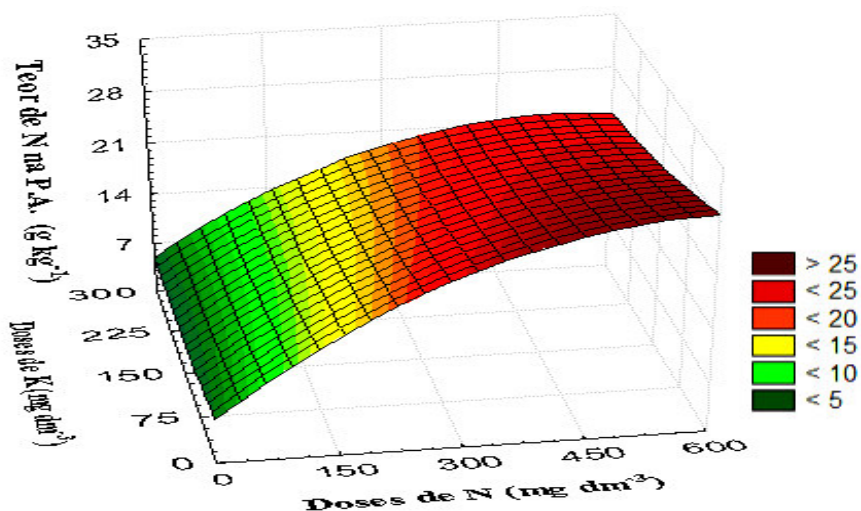
#### 4.2.2.2 Teor de N na parte aérea

O teor de N na parte aérea oscilou de 3,36 a 30,40 g kg<sup>-1</sup>. Os menores teores (<10,00 g kg<sup>-1</sup>) foram encontrados com a utilização de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N e 75 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, enquanto que as maiores médias (>25,00 g kg<sup>-1</sup>) foram resultantes da adição de 450 – 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 0 – 75 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 8; Figura 17). Observou-se, portanto, que o aumento no acúmulo de N na parte aérea foi induzido pela aplicação de doses crescentes de N.

A aplicação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K ocasionou um aumento linear nos teores médios de K acumulados na parte aérea, confirmando os ajustes obtidos Rodrigues et al. (2010) e Teixeira et al. (2002) para a cultura do abacaxizeiro. Para a maior dose N aplicada ao solo, obteve-se um incremento de 27,04 g kg<sup>-1</sup> de N comparativamente à média da testemunha (Tabela 8; Figura 17). Embora, a aplicação de N com a supressão de K tenham ocasionado grande incremento em termos de N acumulado na parte aérea, provavelmente houve baixa eficiência de uso do N pela planta.

Conforme Coutinho et al. (2004), em situações nas quais o suprimento de N é realizado em condições de baixa disponibilidade de K, há um favorecimento para o acúmulo de compostos de N solúvel e, conseqüentemente, ocorre baixa eficiência de uso do N pela planta. Logo, se torna necessário uma aplicação de N e K ao solo, que seja capaz de promover um sinergismo eficiente de ambos os nutrientes na planta, o que pode ser definido não apenas com base nos teores de cada um desses elementos nos tecidos, mas com o estudo do efeito da aplicação e acúmulo de N e K (sistema radicular e parte aérea) sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta.

Por conseguinte, a aplicação de doses crescentes de K e 0 mg dm<sup>-3</sup> de N resultou em efeito quadrático sobre o teor de N acumulado na parte aérea. As médias obtidas para tais combinações foram baixas (oscilaram de 4,13 a 5,88 g kg<sup>-1</sup>), confirmando a necessidade da aplicação de doses N para que se tenha um aumento do teor deste nutriente na planta, mais especificamente, na parte aérea. O uso de doses inferiores ou iguais a 150 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou em aumento do teor de N, corroborando as observações feitas por Lacoeyllhe e Gicquiaux (1971). Conforme esses autores, a aplicação de quantidades adequadas de K ao solo, pode favorecer ao aumento da absorção de N pela cultura, o que contribui para estimular o crescimento da planta. Os resultados oscilaram entre 4,13 (0 mg dm<sup>-3</sup> de N e 300 mg dm<sup>-3</sup> de K) e 5,88 g kg<sup>-1</sup> (0 mg dm<sup>-3</sup> de N e 150 mg dm<sup>-3</sup> de K).



**Figura 17.** Influência de doses de N e K sobre o teor de N na parte aérea de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 6,0133 + 0,0750(N) - 0,000060965(N)^2 - 0,0140(K) - 0,000035225(K)^2 - 0,000035413(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,8500^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.3 Influência da interação nitrogênio-potássio sobre os caracteres fenológicos da parte aérea (somatório do comprimento, número, massa fresca e massa seca dos cladódios) de plantas de pitaia em crescimento inicial

A interação nitrogênio-potássio foi significativa ( $p < 0,01$ ) para os caracteres fenológicos da parte aérea de pitaia (somatório do comprimento, número, massa fresca e massa seca dos cladódios). Em razão disso, as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta com modelo matemático do tipo  $Y = \beta_0 + \beta_1(N) + \beta_2(N)^2 + \beta_3(K) + \beta_4(K)^2 + \beta_5(N) + (K) + e$  (Tabela 9).

**Tabela 9.** Influência de doses de N e K sobre o somatório do comprimento (SCC), número (NC), massa fresca (MFC) e massa seca dos cladódios (MSC) de plantas de pitaia com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		SCC	NC	MFC	MSC
N	K				
mg dm <sup>-3</sup>		cm	unid.	g	g
0	0	9,00	2,00	23,75	5,00
0	75	14,40	2,00	36,25	12,50
0	150	14,50	2,00	37,00	8,75
0	225	29,50	3,00	63,75	11,25
0	300	18,25	3,00	37,50	8,75
150	0	99,75	6,00	156,25	20,00

150	75	155,75	7,00	247,50	28,75
150	150	152,00	8,00	257,50	36,25
150	225	118,75	7,00	233,75	37,50
150	300	139,00	8,00	253,75	41,25
300	0	126,00	8,00	195,00	28,75
300	75	125,25	8,00	217,50	35,00
300	150	131,00	9,00	225,00	26,25
300	225	177,25	10,00	291,25	37,50
300	300	148,75	8,00	270,00	35,00
450	0	125,40	8,00	198,75	30,00
450	75	171,50	10,00	258,75	22,50
450	150	188,75	11,00	356,25	51,25
450	225	134,75	8,00	243,75	35,00
450	300	150,50	8,00	231,25	33,75
600	0	106,00	7,00	176,25	26,25
600	75	110,75	7,00	183,75	27,50
600	150	140,00	7,00	231,25	22,50
600	225	168,50	9,00	296,25	43,75
600	300	133,25	9,00	247,50	40,00
<b>Causa de variação</b>	<b>GL</b>	<b>-----</b>	<b>-----</b>	<b>Teste F</b>	<b>-----</b>
Doses de N	4	228,5083**	148,5387**	359,8949**	233,0086**
Doses de K	4	12,7882**	5,2288**	42,4737**	42,9657**
Int. N x K	16	5,6324**	4,6146**	10,5848**	20,1760**
Blocos	3	0,4207 <sup>ns</sup>	2,5031 <sup>ns</sup>	1,9649 <sup>ns</sup>	0,8927 <sup>ns</sup>
Resíduo	72				
<b>Média</b>		115,57	6,96	198,78	28,20
<b>CV (%)</b>		14,27	13,67	10,65	11,05

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

<sup>ns</sup> - Não Significativo.

#### 4.2.3.1 Somatório do comprimento dos cladódios (SCC)

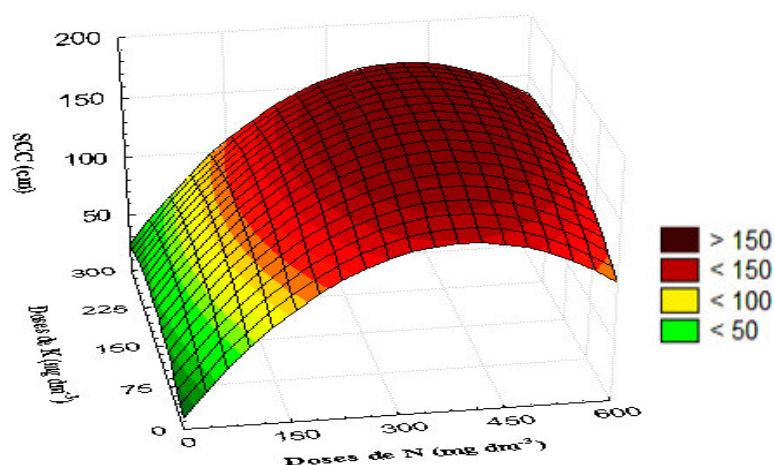
O SCC variou de 9,00 a 188,75 cm. Os menores valores (<100,00 cm) foram obtidos com a aplicação de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N com 75 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, enquanto as maiores médias (>150,00 cm) foram oriundas da adição de 300 - 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 75 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 9 e Figura 18). Os resultados mais expressivos coincidiram com uma boa disponibilidade de N (possivelmente) e K no solo (Figura 13), elevado acúmulo de N na parte aérea ( $\geq 20,00$  g kg<sup>-1</sup> de N) (Figura 17) e teor intermediário a elevado de K na parte aérea ( $\geq 30,00$  g kg<sup>-1</sup> de K) (Figura 15), o que



ajuda a reforçar a teoria de que a aplicação de doses satisfatórias de K aumenta a eficiência de utilização do N pela planta (Lacoeuilhe e Gicquiaux, 1971).

A combinação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou em efeito quadrático sobre o SCC e corroborou com os ajustes obtidos por Mendonça et al. (2006) e DeCarlos Neto et al. (2002), quando ambos testaram doses crescentes de N em mudas de mamoeiro Formosa e limoeiro-Cravo, respectivamente. Os resultados oscilaram de 106,00 a 126,00 cm, sendo que a maior média foi treze vezes superior à média da testemunha, revelando o importante papel exercido pelo N no crescimento vegetativo (PRADO, 2008). Doses superiores a 300 mg dm<sup>-3</sup> de N resultaram em efeitos negativos sobre o SCC (Figura 18), o que possivelmente deveu-se ao excesso de N aplicado e à limitação ocasionada pela baixa disponibilidade de K no solo. De acordo com Mendonça et al. (2006), o uso de doses excessivas de N pode ocasionar diminuição do pH do solo (liberação do H<sup>+</sup> produzido durante o processo de nitrificação da uréia aplicada) e ocasionar um desequilíbrio nutricional nas plantas.

Por sua vez, a utilização de doses crescentes de K combinada com a ausência da adubação nitrogenada, também resultou em efeito quadrático sobre o SCC. Os resultados oscilaram de 14,50 a 29,50 cm, sendo que este último valor foi três vezes maior que a média testemunha. Isso revelou que, embora a aplicação de doses adequadas de K (<225 mg dm<sup>-3</sup>) desempenhe efeito positivo sobre o crescimento vegetativo, a magnitude das respostas na ausência da adubação nitrogenada são muito pouco expressivas, havendo a necessidade de aplicar-se ao solo quantidades satisfatórias de N e K.



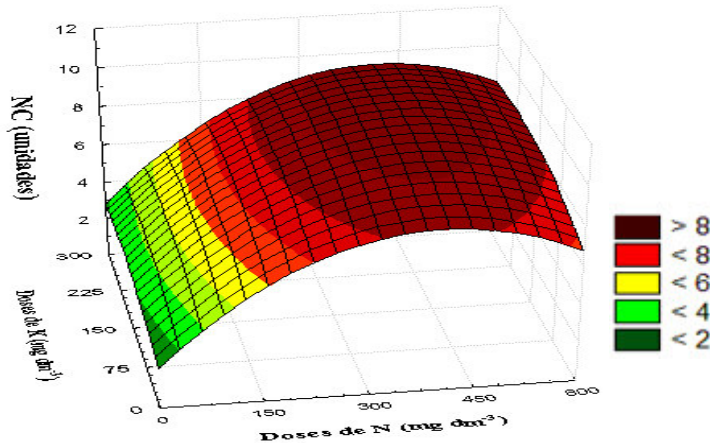
**Figura 18.** Influência de doses de N e K sobre o somatório do comprimento dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 9,9086 + 0,6696(N) - 0,0009(N)^2 + 0,3082(K) - 0,0009(K)^2 + 0,0001(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,4612^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.3.2 Número de cladódios (NC)

O número de cladódios variou de 2,00 a 11,00 unidades. As menores médias (<4,00 unidades) foram resultantes da aplicação de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N com 75 - 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, enquanto os maiores valores (>8,00 unidades) foram encontrados com a adição de 300 – 450 mg dm<sup>-3</sup> de N com 75 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 9 e Figura 19). Constatou-se, portanto que as maiores médias de NC foram verificadas quando as doses de N e K aplicadas ao solo permitiram o aumento da disponibilidade de ambos os elementos na solução do solo (Figura 13), bem como médio a elevado acúmulo de K e N na parte aérea (Figuras 15 e 17).

A combinação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou num comportamento ajustado no efeito quadrático sobre as médias de NC de pitaia. As médias oscilaram de 2,00 a 8,00 unidades, sendo que a aplicação de 600 mg dm<sup>-3</sup> de N ocasionou efeito negativo em relação às duas doses imediatamente anteriores (Tabela 9 e Figura 19).

A utilização de doses crescentes de K combinada com a supressão de N culminou num aumento pouco expressivo do NC de pitaia, o que corroborou os resultados obtidos por Dubeux Júnior et al. (2010) e Teles et al. (2002) para os artigos secundários de palma forrageira. O uso da maior dose de K propiciou o incremento de apenas 1,00 unidade em comparação à média da testemunha (Tabela 9; Figura 19).. Este resultado enfatiza a importância da aplicação de doses de N para o crescimento vegetativo da planta. É necessário, portanto, que sejam fornecidas ao solo, doses satisfatórias de N e K, de modo que ambos os nutrientes atuem sinergicamente para o crescimento inicial da planta.



**Figura 19.** Influência de doses de N e K sobre o número dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 2,0914 + 0,0307(N) - 0,000038254(N)^2 + 0,0119(K) - 0,000031746(K)^2 + 0,0000037778(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,5150^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

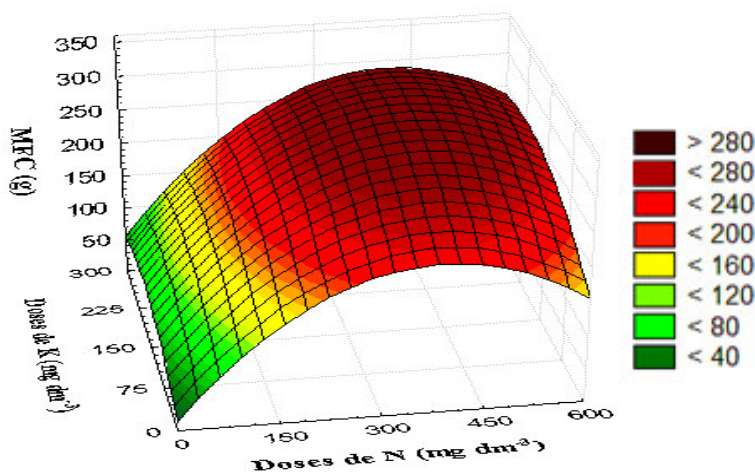
#### 4.2.3.3 Massa fresca dos cladódios (MFC)

A massa fresca dos cladódios oscilou de 23,75 a 356,25 g. As menores médias (<120,00 g) foram obtidas com a utilização de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N e 75 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, enquanto que os maiores valores (>240,00 g) foram resultantes da adição de 300 – 450 mg dm<sup>-3</sup> de N com 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 9 e Figura 20). Esses resultados expressaram que a aplicação de doses crescentes de N (principalmente) foi limitante ao ganho de massa fresca dos cladódios.

As maiores médias de massa fresca coincidiram com teores médios a elevado de N e K na parte aérea e boa disponibilidade de ambos os nutrientes na solução do solo (Figura 13, 15, 17 e 20). Nessas condições, SCC e NC, também apresentaram valores elevados. É importante destacar que uma satisfatória aplicação de N e K ao solo foi capaz de incrementar em 15 vezes a MFC (comparação com a média da testemunha), o que é extremamente importante para o acúmulo de reservas (água, nutrientes e solutos orgânicos), crescimento inicial (impulsionado por satisfatória atividade fotossintética) e possivelmente para o subsídio de uma boa produção de frutos.

A combinação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K proporcionou resultados pouco satisfatórios, principalmente quando aplicou-se a maior dose de N. Possivelmente, as plantas tratadas com essas combinações apresentaram um desequilíbrio nutricional ocasionado pelo excesso do N (Figura 20).

Do mesmo modo, o uso de doses crescentes de K combinado com a supressão de N resultou em médias pouco expressivas. Os valores oscilaram entre 36,25 e 63,75 g, sendo possivelmente de baixa expressão numérica devido à deficiência de N solo. Isso denota que o efeito do K na planta depende muito da aplicação de doses satisfatórias de N, sendo a recíproca verdadeira e notável fisiologicamente (Tabela 9 e Figura 20).



**Figura 20.** Influência de doses de N e K sobre a massa fresca dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 15,4071 + 1,0659(N) - 0,0014(N)^2 + 0,66(K) - 0,0018(K)^2 + 0,0002(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,4661^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.3.4 Massa seca dos cladódios (MSC)

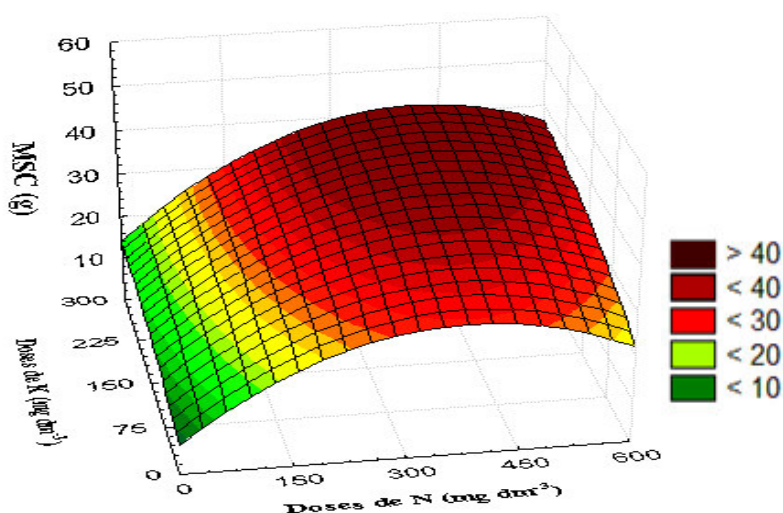
A massa seca dos cladódios variou de 5,00 – 43,75 g. Os menores valores (<20,00 g) foram evidenciados para a aplicação de 0 – 150 mg dm<sup>-3</sup> de N com 0 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, enquanto que os maiores resultados (>30,00 g) foram obtidos com a utilização de 300 – 600 mg dm<sup>-3</sup> de N e 75 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 9 e Figura 21). Os resultados deixaram claro, que o N exerce efeito limitante sobre o aumento de MSC e das demais variáveis fenológicas estudadas, enquanto que o K teve efeito mais evidenciado para o aumento da eficiência de uso de N pela planta.

Houve incremento de até oito vezes na MSC, exprimindo a importância da aplicação racional de N e K sobre o crescimento inicial de pitaia. Este aumento foi quantitativamente semelhante aos incrementos obtidos por Primavesi et al. (2006) e Mendonça et al. (2006) em mudas de capim-Marandu e mamoeiro Formosa.

Observou-se que a MSC variou de 5,00 a 43,75 g, enquanto que a MFC oscilou de 23,75 a 356,25 g (Tabela 9 e Figuras 20 e 21). Relacionando-se ambos os resultados estimou-se que, em torno de 79,00 – 88,00% do tecido vegetal eram constituídos por

água, corroborando com a faixa do teor relativo de umidade recomendada por Goldstein et al. (1991) e Barcikowski e Nobel (1984) para cactos suculentos.

A combinação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou num comportamento que se ajustou ao modelo quadrático, havendo efeito negativo da aplicação de doses maiores do que 300 mg dm<sup>-3</sup> de N. Os valores foram expressivos e oscilaram de 99,75 a 126,00 g. Da mesma maneira, a aplicação de doses crescentes de K na supressão de N resultou em comportamento quadrático, onde o uso de 300 mg dm<sup>-3</sup> de K ocasionou efeito negativo. Contudo, as médias obtidas para estas combinações foram muito baixas e variaram de 14,40 a 29,50 g, corroborando com os efeitos pouco expressivos encontrados por Dubeux Júnior (2010) para o aumento de massa seca dos artigos de palma forrageira submetida a doses crescentes de K (Tabela 9; Figura 21).



**Figura 21.** Influência de doses de N e K sobre a massa seca dos cladódios de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 6,6929 + 0,1204(N) - 0,0002(N)^2 + 0,058(K) - 0,0001(K)^2 + 0,00003889(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,4296^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.4 Influência da interação nitrogênio-potássio sobre os caracteres fenológicos do sistema radicular (comprimento e massa seca do sistema radicular) de plantas de pitaia em crescimento inicial

A interação nitrogênio-potássio foi significativa ( $p < 0,01$ ) para os caracteres fenológicos do sistema radicular de pitaia (comprimento e massa seca). Diante disso, as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta com modelo matemático do tipo  $Y = \beta_0 + \beta_1(N) + \beta_2(N)^2 + \beta_3(K) + \beta_4(K)^2 + \beta_5(N) + (K) + e$  (Tabela 10).

**Tabela 10.** Influência de doses de N e K sobre o comprimento (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de plantas de pitaiá com 180 dias de idade, a partir do plantio dos cladódios e início da aplicação dos tratamentos, em casa de vegetação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		CSR	MSSR
N	K		
mg dm <sup>-3</sup>		cm	g
0	0	82,50	13,75
0	75	56,75	15,00
0	150	61,25	12,50
0	225	60,50	12,50
0	300	58,25	10,00
150	0	51,75	12,50
150	75	46,50	11,25
150	150	47,25	13,75
150	225	48,00	12,50
150	300	42,00	12,50
300	0	44,75	10,00
300	75	47,75	13,75
300	150	41,75	12,50
300	225	45,00	12,50
300	300	41,75	13,75
450	0	40,00	16,25
450	75	48,75	12,50
450	150	42,75	17,50
450	225	42,75	10,00
450	300	43,50	11,25
600	0	49,00	10,00
600	75	47,50	10,00
600	150	38,75	15,00
600	225	35,00	10,00
600	300	41,75	12,50
Causa de variação	GL	----- Teste F -----	
Doses de N	4	97,9661**	2,0638 <sup>ns</sup>

Doses de K	4	13,4146**	4,5556**
Int. N x K	16	7,4826**	1,9503*
Blocos	3	0,5249 <sup>ns</sup>	1,9984 <sup>ns</sup>
Resíduo	72		
<b>Média</b>		48,32	12,42
<b>CV (%)</b>		8,28	18,71

\* - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\* - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

<sup>ns</sup> - Não Significativo.

#### 4.2.4.1 Comprimento do sistema radicular (CSR)

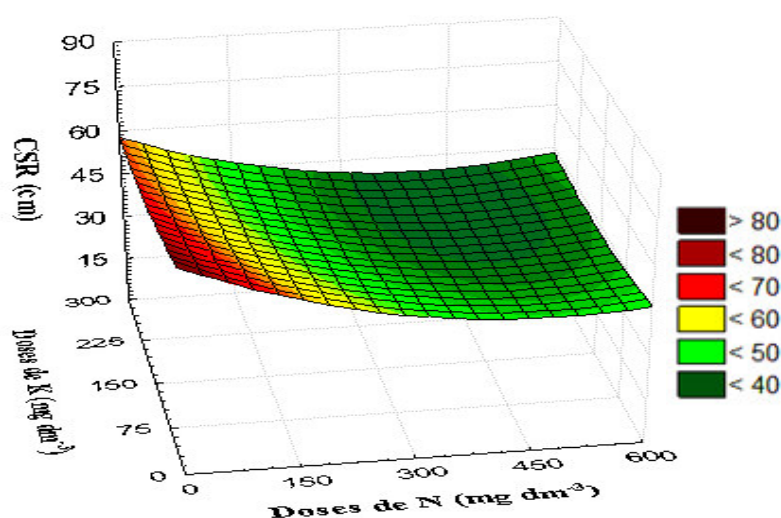
O comprimento do sistema radicular variou de 35,00 a 82,50 cm. Os menores valores (<50,00 cm) foram constatados com a utilização de 450 – 600 mg dm<sup>-3</sup> de N e 150 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K, ao passo que as menores médias (>60,00 cm) foram obtidos para o uso de 0 mg dm<sup>-3</sup> de N com 0 – 300 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 10 e Figura 22). Logo, observou-se que a utilização de elevadas doses de N e K podem resultar em efeito negativo para o crescimento vertical do sistema radicular, o que se enquadra com os estudos de Prado (2008). Conforme esse autor, o excesso de N no solo pode ocasionar o aumento da relação parte aérea/raiz, reduzindo o crescimento do sistema radicular e diminuindo a capacidade de resistência das plantas a períodos secos.

Os resultados mais expressivos (>60,00 cm) foram obtidos quando a parte aérea apresentou os menores incrementos (Figuras 18, 19 e 22), demonstrando que em condições de deficiência de N e K no solo, o sistema radicular desenvolveu-se mais do que a parte aérea.

A combinação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K ocasionou redução do CSR, contrariando o ajuste do modelo obtido por Sarmiento et al. (2008) (Figura 22). Esses autores observaram que a aplicação de doses de N menores do que 150 mg dm<sup>-3</sup> resultavam em aumento do sistema radicular de *Panicum maximum*, enquanto que o uso de doses superiores a esta, ocasionavam efeito linear negativo. Ou seja, para doses crescentes de N, semelhantes às estudadas no presente trabalho, os autores obtiveram um ajuste diferente. Provavelmente a espécie vegetal e as propriedades do solo (Argissolo) influíram para essas divergências.

A aplicação de doses crescentes de K com 0 mg dm<sup>-3</sup> de N ocasionou ajuste quadrático das médias obtidas para o CSR, confirmando o modelo obtido por Ferreira et al. (2008) para o CSR de mudas de tamarindeiro. As médias obtidas no presente estudo oscilaram de 56,75 a 61,25 cm, sendo que a aplicação de 225 a 300 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou em redução do CSR (Tabela 10 e Figura 22).

No geral, observou-se que o efeito da aplicação de doses crescentes de N combinada com supressão de K foi mais limitante ao crescimento do sistema radicular do que as aplicações recíprocas. Provavelmente esses resultados estão relacionados ao efeito mais expressivo de doses N sobre o crescimento vegetativo e à quantidade de uréia aplicada (aproximadamente o dobro da quantidade de K utilizada) (Figura 22).



**Figura 22.** Influência de doses de N e K sobre o comprimento do sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 69,7543 + 0,1019(N) + 0,0001(N)^2 - 0,0775(K) + 0,0001(K)^2 + 0,000048444(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,5546^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

#### 4.2.4.2 Massa seca do sistema radicular (MSSR)

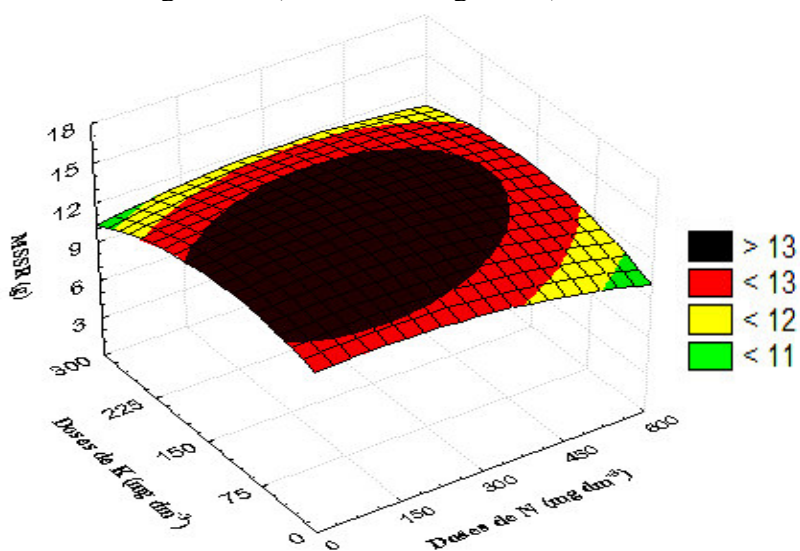
A massa seca do sistema radicular oscilou de 9,50 a 17,50 g. Os menores resultados (<12,00 g) foram alcançados para a aplicação de 450 - 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 0 - 75 mg dm<sup>-3</sup> de K; ou 0 - 600 mg dm<sup>-3</sup> de N com 300 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 10 e Figura 23). Por sua vez, os maiores valores (>13,00 g) foram obtidos para a aplicação de 0 - 450 mg dm<sup>-3</sup> de N com 75 - 225 mg dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 10 e Figura 23). Os resultados apresentaram que a deficiência de N e K no solo, ocasionada pela ausência de adubação ou utilização de baixas doses, culminou em aumento da massa seca do sistema



radicular. Certamente, o uso de elevadas doses de N e K, estimularam o crescimento vegetativo, interferindo negativamente sobre o incremento do sistema radicular.

A combinação de doses crescentes de N com 0 mg dm<sup>-3</sup> de K resultou num comportamento que se ajuste ao modelo quadrático da MSSR. As médias oscilaram de 10,00 a 12,25 g, sendo que este maior valor foi 1,50 g inferior à média da testemunha. O uso de 150 – 450 mg dm<sup>-3</sup> resultou em incremento de 0,75 g, enquanto que a aplicação de doses maiores do que 450 mg dm<sup>-3</sup> ocasionou redução da MSSR (Tabela 10 e Figura 23).

O uso de doses crescentes de K com 0 mg dm<sup>-3</sup> de N, também resultou em comportamento quadrático da MSSR. A exceção foi a média obtida para a aplicação de 75 mg dm<sup>-3</sup> de K com 0 mg dm<sup>-3</sup> (15,00 g), as demais MSSR foram inferiores à média da testemunha, o que pode ser explicado pela influência da adubação potássica sobre o crescimento vegetativo (Tabela 10; Figura 23).



**Figura 23.** Influência de doses de N e K sobre a massa seca do sistema radicular de plantas de pitaia em crescimento inicial (seis meses de idade).  $\hat{Y} = 12,4629 + 0,0029(N) - 0,000011429(N)^2 + 0,0178(K) - 0,00008381(K)^2 + 0,000017333(N)(K)$ ;  $R^2 = 0,0421^*$ . Fortaleza, CE, 2013.

## 5 CONCLUSÕES

- A aplicação de P e Zn, N e K, e as interações fósforo-zinco e nitrogênio-potássio influenciaram os teores dos respectivos nutrientes no solo, sistema radicular e parte aérea das plantas de pitaia;
- O crescimento inicial da parte aérea e sistema radicular de pitaia foram afetados pela aplicação de P e Zn, N e K, e pelas interações fósforo-zinco e nitrogênio-potássio;
- A aplicação de 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de P com 4 – 6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn , e 300 – 450 mg dm<sup>-3</sup> de N com 150 – 225 mg dm<sup>-3</sup> de K, ocasionou o aumento dos teores de P e Zn, e N e K no solo e parte aérea, resultando em satisfatório crescimento inicial da pitaya.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABREU, N. A. A.; MENDONÇA, V.; FERREIRA, B. G.; TEIXEIRA, G. A.; SOUZA, H. A.; RAMOS, J. D. Crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) em substratos com utilização de superfosfato simples. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 1117-1124. 2005.
- ADRIANO, D. C.; PAULSEN, G. M.; MURPHY, L. S. Phosphorus-iron and phosphorus zinc relationships in cornseedlings as affected by mineral nutrition. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 36-39. 1971.
- AGROBRASIL. **Balanco Brasileiro do Agronegócio**. 2009. Disponível em: <http://www.revistaagrobrasil.com.br/site/editora.php>. Acesso em: 28 de agosto de 2012.
- ANDRADE, A. F. M.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZU, N. Teor de zinco, cádmio e chumbo em plantas de arroz em solos incubados com resíduo siderúrgico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1087-1093. 2010.
- ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, M. T. H. Influência da fonte e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitáia vermelha (*Hylocereus undatus* Haw.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 183-186. 2007.
- ANDRADE, R. A.; OLIVEIRA, I. V. M.; MARTINS, A. B. G. Influência da condição e período de armazenamento na germinação de sementes de pitáia-vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, p. 168-170. 2005.
- ANDRADE, A. G. de; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 32, p. 115 – 149. 1975.
- ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. Eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes. In: WHORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIA E ESTUDO DE CASOS, 1999. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1999. p. 57-88.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Editora Gazeta, 2008. 136 p.
- AQUINO, B. F. de. **Adubos e adubação**. Material didático da disciplina de Adubos e Adubação – AKP 716. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 242p. 2005.
- ARAÚJO, A. P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V. H., SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, v.1, p. 163-212. 2000.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

- ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant physiology**, Washington, v. 14, p. 371-375. 1939.
- BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis standardized score combines DRIS and sufficient range approaches for corn. *Agronomy Journal*. Madison, v. 88, p. 448 – 456. 1996.
- BARCIKOWSKI, W.; NOBEL, P. S. **Water relations of cacti during desiccation: distribution of water in tissues**. *Botanical Gazette*, v. 145, p. 110–115. 1984.
- BARTHLOTT, W.; HUNT, D. R. Cactaceae. **The Families and Genera of Vascular Plants**, v. 2, Berlin: Springer-Verlag, p. 161-196. 1993.
- BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L. ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F.; COSTA, C. G. Sistemática de angiospermas do Brasil. ed. 2. Viçosa: 2002. 309p.
- BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P. de.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação de pitaia vermelha por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1106-1109, 2006.
- BATISTA, M. A. V.; PRADO, R. M.; LEITE, G. A. Resposta de mudas de goiabeira a aplicação de fósforo. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 635 – 641. 2011.
- BINGHAM, F. T. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. **Soil Science Society of America**, v. 27, p. 389-391, 1963.
- BOAWN, L. C.; LEGGET, G. E. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. **Soil Science Society of America**, v. 27, p. 137-141, 1963.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 365-372. 2000.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA/MAPA/SPA, v. 7, 102 p. 2007.
- BULL, L. T. Interações de nitrogênio e potássio no milho. **Informações Agronômicas**, v. 68, p 3-6, 1994.
- CANTO, A. R. El cultivo de pitahaya em Yucatán. Yucatán: Universidad Autónoma Chapingo, 1993. 53p.
- CESSA, R. M. A.; MOTA, J. H.; MELO, E. P. de. Produção de capuchinha cultivada em vaso com diferentes doses de fósforo e potássio em casa de vegetação. **Global Science Technology**, v. 2, p. 1-7. 2009.

CHANG, F. R.; YEN, C. R. Flowering and fruit growth of pitiaia (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose). **Journal of the Chinese Society for Horticultural Science**, v. 43, p. 314–21. 1997.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

CONSOLINI, F.; COUTINHO, E. L. M. Efeito da aplicação de Zn e do pH do solo na disponibilidade do micronutriente. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, p. 7-12, 2004.

COSTA, D. L. P. **Estratégias de gestão da cadeia de suprimentos da manga brasileira destinada ao mercado externo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COSTA, R. S. S. **Aplicação de quelatos de zinco em um solo deficiente cultivado com milho em casa de vegetação**. 2008. 31f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2008.

COUTINHO, E. L. M.; RODRIGUES, L. R. A.; CONSOLINI, F. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção de matéria seca e na composição mineral do capim Coastercross irrigado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 299-301.

COUTINHO, E. L. M.; SILVA, A. R.; MONTEIRO, F. A.; RODRIGUES, L. R. A. Adubação potássica em forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 219–277.

CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. de C. F.; LIMA, E. do V.; TIRITAN, C. S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**, v. 64, p. 643-649. 2005.

CUNHA, R. C. A. **Retenção e movimento de zinco em solos do estado de São Paulo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989. 115p.

DAVID, M. A.; MENDONÇA, V.; REIS, L. L. dos; SILVA, E. A. da; TOSTA, M. da S.; FREIRE, P. de A. Efeito de doses de superfosfato simples e de matéria orgânica sobre o crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, p. 147-152. 2008.

DECARLOS NETO, A.; SIQUEIRA, D. L. de; PERREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H. Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 199–203. 2002.

DONADIO, L. C.; NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. do. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 279p.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F. dos.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. dos.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e

composicao mineral da palma forrageira—Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, p. 129-135. 2010.

ELLIS, B. G.; KNEZEK, B. D. Adsorption reactions of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (eds). **Micronutrients in Agriculture**, Wisconsin, Soil Science Society of America, p. 59-78. 1972.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de água, solos e tecido vegetal**. Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical. 2010. 34p.

ESTELLANA, N. T. Dragon fruit production guide. Pinoy bisnes ideas: money making business ideas for entrepreneurs. Disponível em: <<http://www.pinoybisnes.com/agribusiness/dragon-fruit-production>>. Acesso em 25 de setembro de 2012.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. **Situação da fruticultura no Brasil. Fruticultura: fundamentos e práticas**. 2007. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura\\_fundamentos\\_pratica/1.1.htm](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/1.1.htm)>. Acesso em 28 de agosto de 2012.

FERREIRA, E. A.; MENDONÇA, V.; SOUZA, H. A. de; RAMOS, J. D. Adubação fosfatada e potássica na formação de mudas de tamarindeiro. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, p. 475-480. 2008.

FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; MIRANDA, J. R. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p.599-608. 2007.

FONSECA, D. M.; ANDRADE, A. C.; QUEIROZ, D. S. Adubação nitrogenada e potássica em capim-Elefante cv. Napier sob pastejo rotativo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: SBZ, 2001. p. 259-261.

FREITAS, M. F. Cactaceae da Área de Proteção Ambiental da Massambaba, **Rodriguésia**. v. 42, p. 67-91. 1992.

GIONGO, C.; WAECHTER, J. L. Composição florística e estrutura comunitária de epífitos vasculares em uma floresta de galeria na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 27, p. 563-572. 2004.

GODÍNEZ-ÁLVAREZ, H., T.; VALVERDE, P.; ORTEGA, B. Demographic trends in the Cactaceae. **The Botanical Review**, v. 69, p. 173-203. 2003.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo, Nobel, p. 129-166. 1986.

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

GOLDSTEIN, G.; ORTEGA, J. K. E.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Patterns of water potential components for the Crassulacean acid metabolism plant *Opuntia ficus-indica* when well-watered or droughted. **Plant Physiology**, v. 95, p. 274–280. 1991.

GOMIDE, C. C. C. **Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de *Cynodon***. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. 1996. 100f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista. 1996.

GONÇALVES, C. N.; WAECHTER, J. L. Aspectos florísticos e ecológicos de epífitos vasculares sobre figueiras isoladas no norte da planície costeira, RS. **Acta Botanica Brasílica**, v. 17, p. 1-17. 2003.

GUIMARÃES, A. A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. da S.; DANTAS, D. J.; PAULA, Y. C. M.; RODRIGUES, G. S. de O. Doses de sulfato de zinco na produção de mudas de pinheira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 153-158, 2010.

GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. Dragon fruit (*Hyloceris undatus* (Haw.) Britton & Rose). In: PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; GUNASENA H. P. M.; SINGH, V. P. **Underutilized fruit trees in Sri Lanka**. New Delhi: World Agroforestry Centre, p.110-142. 2007.

HAAG, H. P.; ARZOLLA, S.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; OLIVEIRA, E. R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral de abacaxi (*Ananas sativus*) Sch. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 20, p. 33-40. 1963.

HAJI, T.; YAEGAKI, H.; YAMAGUCHI, M. Softening of stony hard peach by ethylene and the induction of endogenous ethylene by 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC). **Japanese Society for Horticultural Science**, v. 72, p. 212-217. 2003.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, chapt. 11A, p. 285-302. 1994.

HUNT, D. CITES. **CITES Cactaceae checklist**. Zürich: Royal Botanic Gardens Kew/IOS, ed. 2, 1999. 315p.

IBGE. **Fruticultura: produção brasileira de frutas subiu 19% em oito anos**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

IBRAF. **Ibraf: volume das exportações de frutas aumenta em 2012**. Disponível em: <[http://www.vermelho.org.br/noticia.php?id\\_secao=10&id\\_noticia=201092](http://www.vermelho.org.br/noticia.php?id_secao=10&id_noticia=201092)>. Acesso em: 20 dez. 2012.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; LIMA, C. A.; SOUZA, L. S. **Diversidade genética de pitaias nativas do Cerrado com base em marcadores RAPD**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 32, p. 819-824, 2010.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 499-522. 2003.

LACERDA, M. A. D.; LACERDA, R. D.; ASSIS, P. C. O. A participação da fruticultura no agronegócio brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, p. 1-9. 2004.

LACOEUILHE, J. J.; GICQUIAUX, Y. La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. **Fruits**, Paris, n. 26, p. 519-531. 1971.

LAMBERT, D. H.; BAKER, D. E.; COLE Jr., H. The role of Mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper, and other elements. **Soil Science Society of America Journal**, vol. 43, p. 976- 980. 1979.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1068-1075, 2003.

LE BELLEC, F. Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, v. 59, p. 411-422. 2004.

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

LOUÉ, A. The interaction of potassium with other growth factors, particularly with nutrients. In: CONGRESS INTERNATIONAL OF THE POTASH INSTITUTE, 11., 1978, Bern. **Proceedings...** Bern: International Potash Institute, p. 407-433. 1978.

MADGWICK, W. **Cacti and other succulents**. Austin, Texas: Steck-Vaughn Library, v. 1, 1991. 44p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.



- MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: POTAFOS, 1982. 61 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: Adubos e Adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606p.
- MANARIN, S. A. **Combinações de doses de fósforo e de zinco em solução nutritiva para o Capim-Tanzânia**. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.
- MARSCHNER, H. Zinc uptake from soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ZINC IN SOILS AND PLANTS, 1993, Perth. **Proceedings...** Perth: 1993. p.59-71.
- MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, p.77-85. 2006.
- MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E.; RAMOS, J. D.; CARVALHO, J. G.; ANDRADE JUNIOR, V. C. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, p. 65-70. 2006.
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 65 – 90. 2007.
- 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, p. 358-366. 1999.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; ARAÚJO, N. A.; MELO, P. C.; Crescimento de pitaiá vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, v. 41, p. 785-788, 2011.
- MORTON. J. F. Strawberry pear. **Fruits of warm climates**. Creative resources systems, Inc. Miami, Fl. p. 347-348. 1987.
- MUNER, L. H. de; RUIZ, H. A.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. dos S. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p. 29-38, 2011.
- MUNER, L. H. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à correção da acidez e a localização de fósforo no solo. Viçosa, 1996. 102p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; SILVA, M. A. C.; PEREIRA, L. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 770-773, 2002.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruit of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Los Angeles: UCLA, p. 254-262. 2002.

OLIVEIRA, P. R. A. **Efeito do fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de mamoeiro e mangabeira**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000. 184p.

OLIVEIRA, C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MARQUES, V. S.; MAZUR, N. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e zinco na cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 109-116. 2005.

OLIVER, S.; BARBER, S. A. An evaluation of the mechanisms governing the supply of Ca, Mg, K and Na to soybean. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 30, p. 82-86, 1966.

OLSEN, S. R. Micronutrients Interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.

OLSON, R. A.; KURTZ, L. T. Crop nitrogen requirements, utilization, and fertilization. In: STEVENSON, F. J. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, cap. 15, p.567-604. 1982.

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

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

PACTO MATA ATLÂNTICA. **Espécies exóticas**. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/especies-exoticas.aspx?lang=>>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2013.

PAULA, M. B.; CARVALHO, V. D.; NOGUEIRA, F. D.; SOUZA, L. F. S. Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p.1337-1343. 1991.

PAULA, M. B.; HOLANDA, F. S. R.; MESQUITA, H.; CARVALHO, V. D. Uso de vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, p.1217-1222. 1999.

PAULI, A. W.; ELLIS, R.; MOSER, H. C. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. **Agronomy Journal**, v. 60, p. 394-396. 1968.

PERES, L. E. P. Nutrição mineral de plantas. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2009. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAU8oAF/nutricao-mineral-plantas>>. Acesso em: 11 de junho de 2012.

PERROTT, K. W.; MANSELL, G. P. Effect of fertilizer phosphorus and liming on inorganic and organic soil phosphorus fractions. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 32, p. 63-70. 1989.

PIMIANTA, B. E. **El nopal tunero**. México: Universidad de Guadalajara, 1990. 246p.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal, FUNEP. 2008. 413p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 562-568. 2006.

RHAGHOTAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 665–693. 1999.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A. 7. ed., 2007. 830p.

RESENDE, B. L. A.; OHSE, S.; LISIK, D.; OTTO, R. F.; OHSE, S. Germinação e vigor de sementes de melancia 'Crimson Sweet' tratadas com zinco. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2, 2009, Águas de Lindóia. Anais...Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Horticultura, p. 1026 – 1032.

ROCHA, I. Sistemas locais de inovação no Nordeste: fruticultura tropical no Nordeste. In: SEMINÁRIO DO PROJETO GLOBALIZAÇÃO E INOVAÇÃO LOCALIZADA: EXPERIÊNCIAS DE SISTEMAS LOCAIS NO ÂMBITO DO MERCOSUL E PROPOSIÇÕES DE POLÍTICAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1998, Mangaratiba. **Anais...** Mangaratiba: UFRJ, 1998. 6p.

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A. P.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E. Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros 'Pérola' e 'Smooth Cayenne' no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 126-134. 2010.

RODRIGUES, A. A. Nutrição mineral, produção, qualidade e análise econômica do abacaxizeiro cv. Pérola em função das relações K/N. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Areia, 2009.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 37, p. 394-400, 2008.

ROGALSKI, J. M.; ZANIN, E. M. Composição florística de epífitos vasculares no estreito de Augusto César, Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 551-556. 2003.

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; VÁZQUEZ-YANES, C. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments**, v. 44, p. 85-104. 2000.

ROSOLEM, C. A.; WITACKER, J. P. T.; VANZOLINI, S.; RAMOS, V. J. Significance of root growth on cotton nutrition in an acidic low-P soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 212, p.185-190, 1999.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. California: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. de A.; CRUZ, M. C. P. da; LUGÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P. de; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 183-193. 2008.

SCHMIDT, P.; WECHSLER, F. S.; VARGAS JUNIOR, F. M.; ROSSI, P. Valor nutritivo do feno de braquiária amonizado com uréia ou inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.2040-2049. 2003.

SCHWARTZ, G.; WATRIN, O. dos S.; GOMES, J. I. Espécies arbóreas da sede da EMBRAPA Amazônia Oriental: Conservação ex situ e um novo espaço de educação Ambiental em Belém. **Revista Ciências Agrárias**, v. 1, p. 181-194. 2006.

SEBRAE. **Fruticultura**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/fruticultura>>. Acesso em: 11 jun. 2012.

SERPA, E. **DNOCS tem terras para a fruticultura no Ceará**. Diário do Nordeste on line. 2009. Disponível em: <<http://blogs.diariodonordeste.com.br/egidio/economia/dnocs-tem-terras-para-fruticultura-no-ceara>>. Acesso em: 12 de agosto de 2012.

SHARMA, K. N.; DEB, D. L. Effect of soil moisture tension and soil compaction on self diffusion coefficient of zinc in soils of varying texture. **Journal Nuclear Agricultural Biology**, v. 13, p. 118-120. 1984.

SILVA, M. A. B. **Ceagesp**. Disponível em: <[mbarros@ceagesp.gov.br](mailto:mbarros@ceagesp.gov.br)>. Acesso em: 05 jun. 2012.

SILVA, J. G.; DUTRA, V. S.; SANTOS, M. S.; SILVA, N. M. O.; VIDAL, D. B.; NINK, R. A.; GUIMARÃES, J. A.; ARAUJO, E. L. Diversity of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) and associated braconid parasitoids from native and exotic host in southeastern Bahia, Brazil. **Environmental Entomology**. vol. 39. p. 1457-1465, 2010.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Produção e características químicas da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva. **Scientia Forestalis**, p. 115-135, 2003.

SOBEL, T. F.; ORTEGA, A. C. **Estratégias de desenvolvimento territorial: o caso do pólo Petrolina-Juazeiro**. UFPE/PE – UFU/UBERLÂNDIA/MG, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/945.pdf>>. Acesso em: 07 de junho. 2012.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 367-372. 1997.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 155-159. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TARANTINO, M. **Delícias exóticas**. Isto É online. N. 1591, Medicina & Bem estar – Nutrição. Disponível em: <<http://www.zaz.com.br/istoé/1591/medicina.htm>>. Acesso em: 17 de julho de 2012.

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 219-224. 2002.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; JUNIOR, J. C. B. D.; NETO, E. B.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 52-60. 2002.

TESTER, M.; BLATT, M. R. Direct measurement of K<sup>+</sup> channels in thylakoid membranes by incorporation of vesicles into planar lipid bilayers. **Plant Physiology**, v. 91, p.249-254. 1989.

TINDALL, H. D. **Rambutan cultivation**. Roma: FAO, 1994. 163p.

VELOSO, C. A. C.; OEIRAS, A. H. L.; CARVALHO, E. J. M.; SOUZA, F. R. S. de. Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em Latossolo Amarelo do Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 396-402, 2001.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. **Pitaia (dragon fruit, strawberry pear)**. Fruits and Nuts. n. 9, 2004. Disponível em: <<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/FN-9.pdf>>. Acesso em: 25 de jul. 2012.

