



**DAYANNE REIS OLIVEIRA**

**BOKASHI PARA CORREÇÃO DE TOXIDEZ DE  
MICRONUTRIENTES EM PITAIA**

**LAVRAS – MG**

**2023**

**DAYANNE REIS OLIVEIRA**

**BOKASHI PARA CORREÇÃO DE TOXIDEZ DE MICRONUTRIENTES EM  
PITAIA**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dra. Leila Aparecida Salles Pio

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2023**

**DAYANNE REIS OLIVEIRA**

**BOKASHI PARA CORREÇÃO DE TOXIDEZ DE MICRONUTRIENTES EM  
PITAIA**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

APROVADO em: \_\_\_/\_\_\_\_/2023

Prof. Dra. Leila Aparecida Salles Pio

MSc. Carlos Henrique Milagres Ribeiro

Dra. Gisely Patrícia Fernandes

---

Prof. Dra. Leila Aparecida Salles Pio  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2023**

## RESUMO

A pitaia é uma planta rústica da família *Cactaceae* e é conhecida como *Dragon Fruit* ou Fruta do Dragão. A planta vem se adaptando a variadas condições edafoclimáticas no Brasil e é imprescindível que se conheça as questões pertinentes à nutrição da pitaia. O composto orgânico presente neste trabalho é produzido através da técnica japonesa bokashi que utiliza microrganismos eficientes para obter uma fermentação controlada de farelos, tortas vegetais, farinhas de origem animal e pós de rocha. Esta composição apresenta a capacidade de melhorar a parte química, física e biológica do solo por meio da estimulação do desenvolvimento da microbiota, aumento da produção de substâncias bioativas e da resistência à pragas e doenças, melhora da capacidade de retenção da umidade no solo, correção da acidez e salinidade, sendo possível ser utilizada na recuperação de solos em processo de degradação. Dessa forma, objetivou-se verificar se a adubação com composto orgânico do tipo bokashi restabeleceu o equilíbrio nutricional dos macros e micronutrientes no solo dos cultivares de pitaia. O experimento de campo foi realizado em propriedade no município de Ingaí-MG, no qual plantas de pitaia de um ano de idade foram conduzidas em sistema de palanques de mourões de eucalipto tratados. A primeira aplicação do composto orgânico do tipo bokashi foi feita com o coroamento das plantas de pitaia. Já a segunda aplicação foi feita com um amontoado de composto orgânico do tipo bokashi e esterco bovino no pé da planta e posteriormente, coberto com restos culturais que estavam nas entrelinhas. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 4 blocos e 8 tratamentos, e cada parcela experimental foi composta por 16 plantas. Para a análise dos dados utilizou-se o software Sisvar, versão 5.3 sendo as médias entre os tratamentos submetidas a análise de variância, pelo teste F e comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Neste contexto, foi verificado que o composto orgânico do tipo bokashi reestabeleceu o equilíbrio nutricional dos macros e micronutrientes do solo dos cultivares de pitaia na zona rural de Ingaí-MG.

**Palavras-chave:** *Hylocereus undatus*. Composto orgânico. Equilíbrio Nutricional.

## ABSTRACT

Pitaya is a rustic plant of the Cactaceae family and is known as Dragon Fruit or Fruta do Dragão. The plant has been adapting to different edaphoclimatic conditions in Brazil and it is essential to know the issues related to dragon fruit nutrition. The organic compound present in this work is produced through the Japanese bokashi technique that uses efficient microorganisms to obtain a controlled fermentation of bran, vegetable cakes, animal flours and rock powders. This composition has the ability to improve the chemical, physical and biological part of the soil by stimulating the development of the microbiota, increasing the production of bioactive substances and resistance to pests and diseases, improving the ability to retain moisture in the soil, correcting of acidity and salinity, being possible to be used in the recovery of soils in process of degradation. Thus, the objective was to verify whether fertilization with organic compost of the bokashi type restored the nutritional balance of macro and micronutrients in the soil of dragon fruit cultivars. The field experiment was carried out on a property in the municipality of Ingaí-MG, in which one-year-old pitaya plants were conducted on a system of raised eucalyptus posts. The first application of bokashi-type organic compost was done with the crowning of dragon fruit plants. The second application was made with a heap of organic compost of the bokashi type and bovine manure at the base of the plant and later covered with cultural remains that were between the lines. The experimental design used was randomized blocks, with 4 blocks and 8 treatments, and each experimental plot was composed of 16 plants. For data analysis, the Sisvar software, version 5.3, was used, with the averages between treatments subjected to analysis of variance, using the F test, and compared using the Scott-Knott test, at 5% probability. In this context, it was verified that the organic compost of the bokashi type reestablished the nutritional balance of macro and micronutrients in the soil of dragon fruit cultivars in the rural area of Ingaí-MG.

**Keywords:** *Hylocereus undatus*. Organic Compost. Nutritional Balance.

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>7</b>
<b>3.REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 CULTIVO DA PITAIA.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 NUTRIÇÃO DE PLANTAS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL E TOXICIDADE DE MICRONUTRIENTES NA PITAIA .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS FERMENTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.6 REDUÇÃO DA TOXICIDADE DE MICRONUTRIENTES PELO BOKASHI .....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 ESTUDOS RELACIONADOS À PITAIA .....</b>	<b>24</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>6.1 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7.REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1.INTRODUÇÃO

A pitaia, também conhecida como fruta do dragão, é uma cultura que tem despertado grande interesse no setor agrícola devido à sua demanda crescente e seu valor comercial. No entanto, assim como outras culturas, a pitaia enfrenta desafios relacionados à nutrição das plantas que podem afetar seu desenvolvimento e produtividade (PIO *et al.*, 2022).

A compreensão do papel dos microrganismos no solo é de extrema importância para maximizar o potencial produtivo das culturas. Esses microrganismos desempenham um papel fundamental na disponibilidade de nutrientes para as plantas, promovendo a absorção adequada e influenciando o desenvolvimento das raízes (MASS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2022).

Além disso, a atividade microbiana pode ser avaliada por meio de indicadores como o pH do solo e a emissão de CO<sub>2</sub>, que refletem a respiração das raízes e dos microrganismos presentes no ambiente (DONADIO, 2009).

Nesse contexto, o bokashi, um composto fermentado, surge como uma solução promissora para melhorar a nutrição das plantas. Bokashi é um produto benéfico que pode melhorar a fertilidade do solo, a saúde das plantas e a qualidade dos alimentos produzidos. Estudos anteriores comprovaram que o uso de bokashi pode aumentar os níveis de clorofila nas plantas, melhorar os teores de fósforo no solo e nas folhas, além de promover um aumento geral no rendimento das culturas (MASS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2022).

Considerando os benefícios potenciais do bokashi na agricultura, surge a necessidade de investigar seu efeito na cultura da pitaia. Este estudo tem como objetivo principal verificar se a adubação com bokashi pode resolver os problemas de deficiência nutricional enfrentados pelas plantas de pitaia. Por meio da análise da atividade microbiana no solo e do monitoramento dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das plantas, espera-se obter informações valiosas sobre a eficácia do bokashi como solução para melhorar a nutrição das cultivares de pitaia.

Dessa forma, a presente pesquisa busca contribuir para o avanço do conhecimento sobre a nutrição da pitaia e fornecer subsídios para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, que permitam o desenvolvimento saudável da cultura e a obtenção de frutos de alta qualidade.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Verificar se a adubação com composto orgânico do tipo bokashi poderá reestabelecer o equilíbrio nutricional dos macros e micronutrientes no solo dos cultivares de pitaia.

### **2.2 Específicos**

1. Avaliar a composição química e as características do bokashi, incluindo os nutrientes essenciais e a presença de substâncias que possam mitigar a toxicidade de micronutrientes;
2. Medir e comparar parâmetros de crescimento e desenvolvimento de diversas variedades de pitaia submetidas à adubação com bokashi;
3. Analisar os teores de nutrientes nas mudas de pitaia, incluindo macro e micronutrientes, para verificar se a adubação com bokashi foi eficaz em resolver a deficiência nutricional e reduzir a toxicidade de micronutrientes;

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Cultivo da pitaia

A pitaia é um fruto produzido por cactos de hábitos trepadores da família Cactaceae, nativos das Américas, no qual os gêneros *Hylocereus* e *Selenicereus* são os mais conhecidos e com excelente aceitação comercial (SANTOS *et al.*, 2013).

Os frutos das pitaieiras são reconhecidos por sua excelente aparência, sabor agradável e também pelas tonalidades de vermelho e amarelo de suas cascas. Além disso, o tamanho do fruto e a presença de brácteas em várias espécies, que remetem a escamas, chamam a atenção dos consumidores finais e colaboram com a divulgação do nome popular, “fruta do dragão” ou *dragon fruit*, dado ao fruto em alguns países (SANTOS *et al.*, 2013).

A pitaia é uma planta de ciclo de vida longo, frequentemente cresce sobre pedras ou árvores e possui caule do tipo cladódio. Os cladódios são caules modificados que assumem a aparência e a função fotossintetizante de uma folha, mas que apresentam crescimento contínuo, devido à presença de uma gema apical (LIMA *et al.*, 2014).

Por serem capazes de realizar fotossíntese e acumular água, os cladódios aumentam a capacidade de resistência das plantas em secas prolongadas e destas estruturas originam-se raízes adventícias que auxiliam na absorção de nutrientes (SANTOS *et al.*, 2013).

Este sistema radicular é superficial, ocupa em média 15 cm de profundidade no solo, fasciculado e com excelente capacidade para a extração de nutrientes.

A flor da pitaia é tubular, hermafrodita, de coloração branca, medindo de 20 a 30 centímetros de comprimento e com antese noturna. Algumas flores das espécies *Hylocereus undatus*, *Hylocereus polyrhizus* e *Selenicereus Megalanthus* apresentam capacidade de autopolinização (MUNIZ, 2017).

Os frutos das pitaia apresentam características diferentes de acordo com a espécie (LIMA *et al.*, 2014). Os frutos são não climatéricos, ricos em vitamina B1, B2, B3 e C, fibras, betacaroteno, licopeno, polifenóis, ácido ascórbico, potássio, magnésio e carboidratos (MUNIZ, 2017). As sementes medem 3 mm de diâmetro e são muito numerosas, de coloração marrom ou preta. De acordo com estes autores, o teor de vitamina C encontrado nos frutos de pitaia é semelhante ao observado em outros frutos como: tomate, manga, maracujá, jabuticaba e umbu (LIMA *et al.*, 2014; MUNIZ, 2017).

A pitaia é cultivada em diversos países da América Central, do Sul, do Norte e em países asiáticos como Indonésia, China, Vietnã e Israel. Especificamente no Brasil, a cultura da pitaia

ganhou espaço nos últimos anos nos estados de São Paulo, Santa Catarina, Bahia, Paraná, Pará, Rio Grande do Sul e Mato Grosso (LIMA *et al.*, 2014).

Esta expansão de mercado pode ser explicada principalmente pela atuação dos pequenos produtores em uma cultura considerada rústica, de simples manejo, com alto valor agregado e pelo fato da pitaiia possuir uma polpa rica em fibras com excelentes qualidades digestivas e de baixo teor calórico (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021).

Atualmente são conhecidas aproximadamente 100 espécies e 1500 gêneros de pitaiias, enquanto as espécies *Selenicereus undatus* e *Selenicereus megalanthus* são as mais cultivadas no mundo. A espécie *S. undatus* tem destaque comercial devido à sua alta produtividade e produção de frutos grandes, enquanto a espécie *S. megalanthus* se destaca por produzir frutos amarelos com uma polpa muito doce (LIMA *et al.*, 2014).

A espécie *S. costaricensis* é destaque por sua polpa com coloração avermelhada com tons arroxeados e suas propriedades antioxidantes. Outra espécie conhecida por sua polpa saborosa é a *S. setaceus*, nativa da região do Cerrado. Nesta espécie há uma excelente combinação do teor de sólidos solúveis totais e uma leve acidez proporcionando uma polpa com grande potencial comercial (PIO *et al.*, 2022).

Já a pitaiia amarela ou pitaiia colombiana, *Hylocereus megalanthus*, é uma espécie que apresenta frutos menores com média de 300 g, casca amarela, possuindo espinhos que se soltam facilmente quando o fruto amadurece e a polpa mais doce que as espécies *H. undatus* e *H. polyrhizus* (PIO *et al.*, 2022).

No Brasil, a *H. megalanthus* é pouco cultivada, pelo fato de que esta planta tem produtividade menor em relação às outras espécies comerciais e os frutos demoram em torno de 90 a 120 dias para amadurecer. É uma espécie sensível a geadas e apresenta muitos problemas com podridões por fungos e bactérias devido ao excesso de umidade nas condições do litoral catarinense (MOTA, 2015).

É necessário salientar que há uma variabilidade considerável entre as espécies, ou seja, há diferenças genéticas substanciais dentro de cada espécie (MOTA, 2015; FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021).

Esta rica variabilidade genética é fundamental pesquisas e trabalhos de melhoramento genético das espécies, com foco no desenvolvimento de cultivares com genética superior e que atendam os interesses agrônômicos como fenologia, produtividade, adaptabilidade, resistência a doenças, autocompatibilidade, precocidade, características físicas e químicas dos frutos, vigor e até sensibilidade ao fotoperíodo para indução de florescimento (LIMA *et al.*, 2014; FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021).

Atualmente, as mudas de pitaias comercializadas no Brasil não são advindas de matrizes selecionadas e previamente avaliadas agronomicamente nas diferentes regiões do país. Há uma grande variação na produção, tamanho, formato dos frutos e em suas características físico-químicas, evidenciando a desuniformidade dos pomares nacionais (FALEIRO *et al.*, 2021).

Outra questão a se discutir é o fato de que os produtores têm cultivado espécies importadas com baixa adaptação às condições edafoclimáticas nacionais e conseqüentemente com baixa capacidade produtiva. Um exemplo deste fato é o insucesso do cultivo da pitaias amarela importada da Colômbia em terras brasileiras (NUNES, 2014; FALEIRO *et al.*, 2021).

No Brasil, há o cultivo de diferentes variedades que não foram devidamente avaliadas e registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Além da pitaias amarela colombiana, outras variedades sem registro são cultivadas no Brasil como a Vietnamese White, Golden, Orejona, Rabilonga, Vermelha Colombiana, Grafite, Vênus, Tailandesa, Royal Red, além de populações e híbridos de diferentes espécies (NUNES, 2014; FALEIRO *et al.*, 2021).

Esta observação evidencia a necessidade do desenvolvimento de cultivares com registro no Mapa e com garantia de origem genética, que possam ser recomendadas para cultivo em diferentes regiões do Brasil. Atualmente, já existem as instruções normativas para os processos de registro e proteção de cultivares de pitaias no Mapa, além de um conjunto de descritores morfo-agronômicos utilizados para a diferenciação das cultivares das pitaias (FALEIRO *et al.*, 2021).

Para que haja a obtenção de frutos de ótima qualidade, alta produtividade e manutenção da fitossanidade das plantas são necessários vários tipos de manejo como podas, polinização, controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Além disso, o monitoramento do estado nutricional das plantas, dos solos e a reposição dos nutrientes são ações fundamentais na obtenção de um solo nutricionalmente equilibrado, com sucesso no plantio e desenvolvimento adequado da frutífera (NUNES, 2014; PIO *et al.*, 2022).

A cultura da pitaias apresenta um rápido retorno econômico, já que a planta produz em seu primeiro ano após o plantio. De acordo com Lima (2018), a produtividade média da pitaias oscila entre 10 e 30 toneladas por hectare e depende diretamente da idade do pomar, das condições edafoclimáticas e das técnicas de cultivo (LIMA, 2018).

Devido ao aumento no consumo de frutas exóticas e de seu alto valor comercial, a pitaias vem despertando cada vez mais o interesse dos fruticultores. Por ser a cactácea frutífera mais cultivada no mundo, a produção de pitaias é fonte de diversidade da atividade agrícola, aliada à

sua rusticidade de cultivo, a beleza de seus frutos e potencial para a ornamentação (SILVA, 2014).

Por fim, o fruto é riquíssimo em valores nutricionais e funcionais na alimentação humana e vem ganhando destaque entre consumidores exigentes que buscam frutíferas de excelente qualidade para consumo em dietas (GOMES, 2014).

### **3.2 Nutrição de plantas**

Os nutrientes são elementos químicos essenciais requeridos pelas plantas, sem os quais os vegetais não conseguem completar seu ciclo de vida (BACKES *et al.*, 2018).

Este é dos fatores que indica se um elemento é considerado nutriente vegetal. O segundo fator fundamenta-se na exigência de que o elemento deve estar diretamente envolvido no metabolismo do vegetal e por fim, o terceiro fator, diz sobre a especificidade do elemento, ou seja, o elemento não poderá ser substituído por nenhum outro (BACKES *et al.*, 2018).

Nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas é estritamente necessário um adequado fornecimento de elementos nutritivos para que as mesmas alcancem seu potencial genético máximo (BACKES *et al.*, 2018).

Geralmente, os solos não são capazes de suprir as demandas nutricionais das culturas de maneira natural, principalmente em períodos de cultivo comercial, por este motivo a importância do fornecimento adicional de nutrientes por meio da adubação (REMYA *et al.*, 2021).

Entretanto, é necessário que se estabeleça doses adequadas de nutrientes para que a produção seja economicamente viável e haja um aumento do crescimento vegetal, já que desequilíbrios nutricionais podem ocasionar prejuízos à diferentes culturas (BACKES *et al.*, 2018).

Sendo assim, as plantas têm necessidades básicas que precisam ser atendidas e há 17 nutrientes requisitados, constantemente, pelos vegetais que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta. Estes nutrientes podem ser agrupados em macronutrientes e micronutrientes (REMYA *et al.*, 2021).

A diferença entre esses dois grupos é simples, já que os macronutrientes são necessários em maiores quantidades do que os micronutrientes. Ou seja, esses grupos não são definidos como macro e micro por importância (REMYA *et al.*, 2021).

A definição de macro e micronutrientes se dá pela quantidade do elemento químico que será necessária na fisiologia das plantas. Os macronutrientes são divididos em dois grupos: primários e secundários. Os macronutrientes primários são aqueles necessários nas

concentrações mais altas: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). De fato, esses três nutrientes primários são necessários em concentrações maiores do que o total do restante dos macronutrientes juntos (BACKES *et al.*, 2018).

Os macronutrientes secundários também são necessários para a manutenção da saúde das plantas, mas em quantidades menores do que os macronutrientes primários. Os elementos químicos cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) compreendem os macronutrientes secundários (BACKES *et al.*, 2018; REMYA *et al.*, 2021).

Já os micronutrientes são essenciais para o desenvolvimento e crescimento das plantas, mas são necessários apenas em reduzidas quantidades, quando em comparação com seus macros equivalentes. Os sete micronutrientes essenciais são o boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e cloro (Cl) (REMYA *et al.*, 2021).

Pelas raízes, para a maior parte dos elementos, as plantas conseguem absorver os nutrientes e utilizá-los em seus processos fisiológicos. No entanto, como esse estoque de elementos nutritivos vai diminuindo, os agricultores utilizam adubos para repor todos os nutrientes necessários (BACKES *et al.*, 2018).

A dificuldade em obter informações adequadas sobre o manejo nutricional das plantas é um dos problemas enfrentados no cultivo da pitaiá. De acordo com Costa *et al.* (2014), as informações sobre a quantidade de nutrientes que a cultura da pitaiá exige em seu ciclo de vida para a obtenção de resultados satisfatórios ainda é escassa quanto ao crescimento, desenvolvimento e a produção da espécie (COSTA *et al.*, 2014).

Para a correta recomendação de fertilizantes é de extrema importância o conhecimento da dinâmica nutricional da planta, a qual é função da velocidade de crescimento vegetal e da ecofisiologia da cultura (GOMEZ, 2015). Apesar da pitaiá ser uma planta perene, que se adapta facilmente a diferentes condições edafoclimáticas, são necessárias adubações com nitrogênio, potássio e fósforo para que a cultura se desenvolva adequadamente (GOMEZ, 2015).

O nitrogênio é responsável por estimular a emissão de raízes e brotações e é um elemento requerido durante o crescimento vegetativo até o pré-florescimento. Já o potássio potencializa o aumento do diâmetro do caule da pitaiá, favorece o processo de abertura e fechamento dos estômatos e a translocação de carboidratos (GOMEZ, 2015).

Na formação dos frutos, o fósforo é fundamental. Dentre os micronutrientes, o boro é destaque na cultura da pitaiá, pois este elemento nutritivo auxilia no pegamento, tamanho e massa dos frutos (COSTA *et al.*, 2014; GOMEZ, 2015).

A adubação de implantação e o crescimento da pitaiá têm como objetivo elevar ou manter os teores de nutrientes do solo em alta quantidade, fornecer os nutrientes necessários

para o crescimento dos cladódios e formação das plantas, além de suprir a demanda de nutrientes da primeira frutificação. Boa parte dos nutrientes adicionados nessa adubação será acumulada na biomassa vegetativa dos cladódios da pitiaia, enquanto outra parte dos nutrientes é removida da área com a colheita dos frutos (GOMEZ, 2015).

Geralmente, fontes orgânicas tais como composto proveniente de dejetos de animais (aves, suínos e bovinos) fornecerão os micronutrientes necessários para o cultivo da pitiaia. No entanto, recomenda-se elevar o teor de boro no solo com adição de 2 a 3kg/ha de B, com aplicação de fontes minerais como exemplo bórax (borato de sódio) que pode ser utilizado tanto em sistemas orgânicos quanto em convencionais (GOMEZ, 2015).

A adubação de manutenção ou produção tem como objetivo repor ao solo os nutrientes que foram exportados/removidos por meio da colheita dos frutos. Dessa forma, quanto maior a expectativa de produção de frutos (em t/ha) maior serão as doses recomendadas (GOMEZ, 2015).

### **3.3 Deficiência nutricional e toxicidade de micronutrientes na pitiaia**

O cultivo da pitiaia demanda uma análise minuciosa dos conjuntos de fatores edafoclimáticos como umidade do solo, fitossanidade da planta, fontes de adubo, momentos de aplicação, microbiota, pH do solo, entre outros que darão suporte ao desenvolvimento da cultura, já que a cactácea é perene e tende a permanecer no campo por muitos anos (ANDRADE & SILVA, 2022).

É necessária uma correção da acidez do solo para uma eficiente nutrição das pitaias com o intuito de reduzir a toxidez de elementos tóxicos, como hidrogênio, alumínio e manganês, pela calagem. Este manejo é capaz de elevar o pH, melhorando a biodisponibilidade dos nutrientes como nitrogênio, enxofre, fósforo e boro (ANDRADE & SILVA, 2022).

Outro benefício da calagem é a disponibilização do magnésio e do cálcio oriundos da adição de calcário. Para a maioria das culturas a faixa de pH ideal fica entre 5,5 e 6,5, possibilitando uma adequada absorção de macronutrientes, sem que haja uma redução drástica da disponibilidade de micronutrientes, promovendo equilíbrio entre a planta e o solo (LONE *et al.*, 2020).

Na prática da calagem, a elevação da saturação das bases (v%) é um dos métodos mais utilizados e na cultura das pitaias preconiza-se elevar a saturação a 70% das bases. No crescimento inicial da pitiaia, verifica-se grande resposta à calagem, sendo necessárias doses maiores para estimar até que ponto esse crescimento ocorre (LONE *et al.*, 2020).

É importante frisar que doses elevadas de calcário podem reduzir a disponibilidade de nutrientes como K, N e micronutrientes. O potássio é o nutriente mais acumulado pelos cladódios de pitaiia, sendo que a sua redução na absorção está diretamente relacionada a altos teores de cálcio e magnésio provenientes de altas calagens (ANDRADE & SILVA, 2022).

A adubação das plantas deve ser ajustada utilizando variados parâmetros conhecidos como curvas de dose resposta, tabelas de recomendações e balanço nutricional. Já que a dose de adubação irá variar de acordo com as exigências nutricionais das plantas, com a nutrição que o solo e a matéria orgânica conseguirão fornecer a cultura e a capacidade específica de recuperação de cada tipo de fertilizante utilizado em diferentes tipos de solo (ANDRADE & SILVA, 2022).

Entretanto, o método mais eficaz e utilizado para obter parâmetros na adubação da cultura da pitaiia são as curvas de dose resposta. Já que o método de dose resposta é um indicador na adubação, porém genuinamente dependente da região de cultivo e do genótipo da planta. Sendo assim, é de extrema importância que o engenheiro agrônomo e o produtor observem os resultados obtidos na região de cultivo para que haja um equilíbrio nutricional ideal no cultivo da pitaiia (LONE *et al.*, 2020).

As recomendações de nutrientes para uma determinada cultura levam em consideração o genótipo em estudo, já que há uma variabilidade na absorção de nutrientes entre as diferentes variedades e cultivares. Essa questão é muito importante, haja vista que, atualmente, já existem várias espécies e variedades de pitaiias sendo cultivadas. Entretanto na literatura observa-se numerosos trabalhos com as espécies em *Hylocereus undatus* (Haw) Britton & Rose, e *Hylocereus polyrhizus* (ANDRADE & SILVA, 2022).

A pitaiia responde excessivamente a doses de fertilizantes e conseqüentemente, afeta diretamente a assimilação de gás carbônico e no acúmulo de ácido noturno nas plantas. Dessa forma, o fornecimento de nutrientes deve ser equilibrado para evitar perdas drásticas de produtividade e qualidade dos frutos (SILVA *et al.*, 2014, ANDRADE & SILVA, 2022;).

Na aplicação, recomenda-se que se leve em consideração as doses desses elementos presentes na matéria orgânica e o restante deve ser complementado com outras fontes, como adubos minerais, somando-se também os teores dos elementos presentes na cobertura viva que será adicionada ao solo na posterior decomposição após a roçada (SILVA *et al.*, 2014).

O acúmulo de nutrientes nos diferentes órgãos varia em amplitude e proporção, sendo que nos cladódios a ordem de acúmulo é  $K > N > Ca > S > Mg > P > Mn > Fe > Zn > B \geq Cu$  e nas raízes é  $N > K > Ca > S > P > Mg > Fe > Mn > Zn > B \geq Cu$  (ANDRADE & SILVA, 2022).

O potássio (K) e o cálcio (Ca) são nutrientes altamente responsivos à adubação na cultura da pitiaia, com respostas positivas em vários parâmetros no crescimento inicial (ANDRADE & SILVA, 2022).

O potássio apesar de ser um nutriente que possui uma longa faixa até a toxicidade, quando em alta quantidade no solo pode reduzir absorção a de Ca e Mg devido ao efeito antagônico provocado. Sendo assim, torna-se evidente a necessidade de adubações balanceadas de K e Ca na cultura da pitiaia e o equilíbrio entre as bases no solo para um alto desenvolvimento vegetativo (SILVA *et al.*, 2014; LONE *et al.*, 2020).

A fertilização potássica promove respostas positivas durante a fase de frutificação. O potássio é o nutriente mais acumulado nos cladódios, e nos frutos seus teores são duas vezes maiores que os de nitrogênio, fator este que explica as altas respostas à adubação com esse nutriente na frutificação. Além de todas as respostas citadas, vale ressaltar que o K é um elemento fundamental, afetando positivamente o teor de sólidos solúveis na pitiaia, e aumentando assim a qualidade dos frutos no que diz respeito a essa característica (ANDRADE & SILVA, 2022).

Na cultura da pitiaia, o fósforo é o macronutriente menos absorvido pelos cladódios. Apesar da menor demanda desse nutriente em relação principalmente ao K, N e Ca, a baixa eficiência de recuperação de P pelo solo pode comprometer sua absorção e exigir altas doses de adubações (ANDRADE & SILVA, 2022).

O nitrogênio é um nutriente muito importante na cultura da pitiaia, sendo o teor do nutriente e de clorofila altamente correlacionados com a capacidade de captação de CO<sub>2</sub> em *H. undatus* (Haw.) Britton & Rose, além de ajudar na avaliação do status fisiológico da planta (ANDRADE & SILVA, 2022).

Por fim, é importante ressaltar o fato de que a matéria orgânica possui características importantes devido à liberação gradual dos nutrientes, tornando a solução do solo mais equilibrada. Aplicações de fertilizantes de alta solubilidade, principalmente os nitrogenados, podem causar desequilíbrio no solo e na planta, causando excessos de brotações (SILVA *et al.*, 2014, ANDRADE & SILVA, 2022;).

### **3.4 Compostos orgânicos fermentados**

A periodicidade de aplicações de matéria orgânica é uma prática antiga e sabe-se que o homem associa solos férteis à solos ricos em matéria orgânica. Com o início da agricultura

moderna, a função da matéria orgânica do solo sendo substituída por uma perspectiva química quando se trata da fertilidade do solo (CORDEIRO *et al.*, 2015).

Conseqüentemente, esta abordagem traz conseqüências como o empobrecimento dos solos pelos processos de degradação, erosão e contaminação de terras, induzindo o uso indiscriminado de adubos químicos e agrotóxicos e o aumento do custo de produção das lavouras (CORDEIRO *et al.*, 2015).

Em solos tropicais, a reposição de matéria orgânica é extremamente necessária pelo fato da rápida decomposição e perda ocasionadas pelo alto grau de intemperismo decorrente da incidência de chuvas e altas temperaturas típicas deste ambiente (CARVALHO & RODRIGUES, 2007).

De acordo com Siqueira & Siqueira (2013), os solos em ambientes tropicais geralmente são relativamente considerados pobres em nutrientes, com boa profundidade e em seu estado natural, possuem estrutura porosa e agregada, o que facilita o aprofundamento das raízes e maior exploração no espaço (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).

O solo tropical também produz mais biomassa, atividade biológica exuberante e diversificada, que de maneira eficaz recicla rapidamente a matéria orgânica, disponibilizando nutrientes para as plantas e outros seres vivos (CARVALHO & RODRIGUES, 2007).

Logo, para se manejar adequadamente os solos em ambientes tropicais, torna-se necessário dar grande importância aos processos físicos e biológicos, altamente dependentes da adição periódica de matéria orgânica (CORDEIRO *et al.*, 2015).

A adição de matéria orgânica por meio da utilização de adubos orgânicos traz benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Com a melhoria das propriedades físicas do solo, a matéria orgânica favorece a estabilidade da estrutura dos agregados do solo agrícola, reduz a densidade aparente, aumenta a porosidade e a permeabilidade, aumenta a capacidade de retenção e absorção da água (CARVALHO & RODRIGUES, 2007).

Já com a melhoria das propriedades químicas do solo há o aumento do conteúdo de macro e micronutrientes e da capacidade de troca catiônica (CTC), armazenamento de nutrientes para as plantas e o auxílio na correção da acidez do solo ao longo do tempo, melhorando o pH do solo (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).

Quando há melhoria nas qualidades biológicas do solo é perceptível o aumento da quantidade e diversidade de vida microbiana da terra, que é capaz de reciclar a matéria orgânica e disponibilizar nutrientes para as plantas, atuando no controle de pragas e doenças; favorecendo a produção de substâncias biológicas que beneficiam o desenvolvimento das plantas (CARVALHO & RODRIGUES, 2007; SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).

Dessa forma, pode-se inferir que a microbiota é parte fundamental da fertilidade do solo e na atualidade há uma extensa variedade de adubos orgânicos, adubos verdes, esterco de animais, vermicomposto, húmus de minhocas e compostos orgânicos fermentados do tipo bokashi, entre outros (PINTO, 2018).

Constituídos por microrganismos, fitormônios e nutrientes, os compostos orgânicos proporcionam o desenvolvimento da sanidade vegetal e garantem a produtividade da cultura (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).

Além de trazer benefícios físicos, químicos e biológicos, a adubação biológica é capaz de aumentar a biodiversidade microbiana do solo e suprimir pragas e doenças por meio de mecanismos de competição por sítios de colonização, reação de defesa da planta pela colonização micorriza e melhora do estado nutricional da planta, garantindo a sanidade da cultura por meio de seu equilíbrio metabólico (CORDEIRO *et al.*, 2015).

O bokashi, composto orgânico fermentado, vem ganhando destaque na agricultura e em outros setores por ser uma alternativa de adubo orgânico que preserva o meio ambiente e é uma ferramenta saudável para os produtores e consumidores (PINTO, 2018).

Este composto é uma mistura balanceada de matérias orgânicas de origem vegetal e/ou animal que passa por um processo de fermentação controlada e é sinônimo de produtividade, recuperação de solo e máximo desenvolvimento vegetal (PINTO, 2018).

Esta técnica de adubação é oriunda de um processo de fermentação de produtos vegetais e animais e foi introduzida nas práticas de pequenos agricultores brasileiros na década de 80 por imigrantes japoneses (RIBEIRO *et al.*, 2015).

O bokashi é conhecido como “fermento da vida” ou “adubo da independência” (RIBEIRO *et al.*, 2015). Estes nomes são referências às suas propriedades orgânicas já que este adubo orgânico tem a potencialidade de aumentar a demanda nutricional de macro e micronutrientes das plantas e disponibilizar uma quantidade adequada de microrganismos nativos que tendem a reformar características físicas, químicas e biológicas do solo, de maneira a proporcionar um bom desenvolvimento da terra e das plantas ali inseridas (CORDEIRO *et al.*, 2015).

O seu processo de produção é mediado por uma mistura de “microrganismos eficazes” (*effective microorganisms* - EM), isolados naturalmente de solos férteis, e incluem bactérias produtoras de ácido láctico, bactérias fotossintetizantes, leveduras, actinomicetos e fungos filamentosos. Esse mix de EM atuam na fermentação da matéria orgânica, produzindo ácidos orgânicos, vitaminas, enzimas e polissacarídeos, possibilitando assim, um composto com teor elevado de nutrientes (PINTO, 2018).

A fermentação do “bokashi” é preponderantemente do tipo lático, ocorrendo, porém, simultaneamente, os tipos acético, alcoólico, propiônico e butírico, dentre outros menos importantes. Além das características da matéria-prima, as condições de umidade e temperatura, durante o processo de fermentação, são fatores que interferem na qualidade final do “bokashi” (RIBEIRO *et al.*, 2015).

Compostos orgânicos fermentados, tipo “bokashi”, são obtidos com base em ingredientes que não contém resíduos tóxicos. Não existe uma formulação padronizada para ele, apresentando receitas empíricas e muito variadas, mais ou menos complexas e adaptadas a diferentes finalidades, mas geralmente são confeccionados a partir de uma mistura vegetal tornando disponível um elevado teor de nitrogênio e de carboidratos (RIBEIRO *et al.*, 2015).

O bokashi é essencialmente um revitalizador do solo, sendo recomendado para solos degradados ou que passaram por processos de utilização em excesso de adubos químicos e agrotóxicos. Ele também ajuda a restabelecer o equilíbrio dos organismos do solo e a quebrar os ciclos de algumas doenças e pragas (CARVALHO & RODRIGUES, 2007).

Por ter quantidade balanceada de macro e micronutrientes, seu uso favorece a boa nutrição das plantas. Por esse motivo, tem sido usado tanto por produtores convencionais, com o objetivo de recuperar a vitalidade de seus solos, como por agricultores orgânicos e por aqueles que querem fazer a transição agroecológica, pois ocasiona resultados animadores, como o aumento da produção e a melhoria da qualidade dos produtos (CARVALHO & RODRIGUES, 2007).

Seu grande diferencial se dá no fato de que, contrariamente aos adubos químicos, ele é capaz de fornecer os nutrientes necessários às culturas de maneira gradual por meio de uma mistura vegetal fermentada com microrganismos específicos (PINTO, 2018).

Ao utilizar o bokashi em cultivares o objetivo se dá na promoção do equilíbrio biológico do solo, que a partir de sua utilização poderá melhorar as condições físicas do solo a partir da formação de agregados e no aumento da capacidade do solo em armazenar água, drenando o excesso e minimizando possíveis erosões (DONADIO, 2009).

Nas condições químicas, o bokashi objetiva a diminuição das perdas por lixiviação e promove um aumento da disponibilidade de nutrientes oriundos da fermentação da matéria orgânica disponível pela adubação verde. Da mesma maneira este produto agrícola tem finalidade sanitária já que é capaz de diminuir as populações fitopatogênicas do solo (DONADIO, 2009).

### 3.5 Efeito do bokashi na correção de deficiências nutricionais

Ao aplicar o bokashi busca-se a bioestimulação e bioaumentação do solo. Estas práticas tecnológicas podem resultar em uma maior produtividade da planta, aumento da supressividade do solo por meio da introdução de microbiota mais diversa, na qual a incidência ou severidade de doenças permanecem baixas, apesar da presença de um determinado patógeno e a estimulação de microrganismos benéficos como os promotores de crescimento, diazotróficos, entre outros (PINTO,2018).

Proveniente de materiais orgânicos, o bokashi é uma fonte rica em nutrientes e carbono. Geralmente é composto por 3% de N, 1% de K<sub>2</sub>O, 1% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e uma relação C:N de 12:1. Além disso, por ser constituído de material orgânico, o bokashi é fonte de nutrientes e carbono e uma de suas ações mais importantes é a introdução de microrganismos benéficos no solo que proporcionam um processo fermentativo da biomassa disponível (PINTO, 2018)

De acordo com Siqueira & Siqueira (2013), este manejo é capaz de estabelecer rapidamente condições favoráveis à multiplicação e atuação da microbiota benéfica no solo, como bactérias, fungos, actinomicetos, micorrizas e fixadores de nitrogênio (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).

Há alguns estudos que tratam sobre o efeito de diferentes inóculos microbianos na produção de compostos fermentados bokashi e seu efeito no solo em relação à disponibilidade de nitrogênio e fósforo (PINTO, 2018).

Em um estudo publicado em 2018, o autor percebeu que há poucos estudos sobre o efeito de diferentes inóculos microbianos na produção de composto fermentado bokashi e seu efeito no solo em relação à disponibilidade de nitrogênio e fósforo. Sendo assim, desenvolveu uma pesquisa que disserta sobre o composto bokashi com inóculo nativo e comercial, farinha de penas e a disponibilidade de nitrogênio e fósforo (PINTO, 2018).

O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito dos inóculos microbianos comercial e nativo, da mesma maneira como da farinha de penas que é também um potencial adubo orgânico, na disponibilização de nitrogênio e fósforo, e sua interferência na nitrificação no solo (PINTO, 2018).

Os compostos bokashi do experimento foram feitos um com inóculo coletado em solo de área de preservação permanente misturado a solo de área de cultivo e outro com inóculo comercial. Os tratamentos foram definidos como bokashi com inóculo comercial (BC), bokashi com inóculo nativo (BN), mistura de farelos com inóculo comercial (FC), mistura de farelos com inóculo nativo (FN), somente mistura de farelos (F), somente aplicação do inóculo

comercial no solo (TC), farinha de penas (FP) e somente solo (T) e todos estes foram misturados ao solo e incubados por 84 dias (PINTO, 2018).

Avaliações periódicas foram feitas dentro do período de incubação, as quais mensuraram a mineralização de nitrogênio, a nitrificação, a disponibilização de fósforo, a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana, o coeficiente metabólico, o pH e o carbono e o nitrogênio total. O nitrogênio e o fósforo disponíveis foram avaliados nos compostos (PINTO, 2018).

De acordo com os resultados da pesquisa, o bokashi foi eficiente na disponibilização de fósforo no solo, assim como o nitrogênio e o fósforo no composto. A mineralização de nitrogênio foi reduzida quando os farelos passaram pelo processo de bokashi e a aplicação do bokashi não interferiu na nitrificação. O bokashi com inóculo comercial foi mais eficiente em disponibilizar fósforo e nitrogênio no composto e no solo do que o bokashi com inóculo nativo (PINTO, 2018).

Enquanto a mistura de farelos com inóculo comercial apresentou uma atividade biológica de decomposição mais intensa, assim como maior mineralização de nitrogênio dos compostos quando comparado à mistura de farelos com inóculo nativo (PINTO, 2018).

A mistura de farelos com inóculo nativo aumentou o nitrogênio orgânico no solo. Ambos inóculos demonstraram pouco efeito na nitrificação e na acidez do solo. Já a aplicação de farinha de penas no solo apresentou grande potencial para o suprimento de nitrogênio (PINTO, 2018).

Este trabalho demonstrou que a produção de nitrogênio e fósforo durante o processo fermentativo bokashi indica a transformação de moléculas orgânicas complexas em compostos orgânicos simples que são diretamente absorvidos pelas plantas e auxiliam no desenvolvimento vegetal (CANTARELLA, 2007).

De acordo com Cantarella (2007), este processo fermentativo ocorre em temperaturas próximas ou pouco acima de 40°C, já que esta temperatura é a mais favorável para a atividade microbiana, mineralização, quebra de compostos orgânicos complexos e conseqüentemente, promovendo a rápida disponibilização de nutrientes no composto (CANTARELLA, 2007).

Em outro momento, autores como Moreira & Siqueira (2006), salientaram que a maior atividade biológica no processo fermentativo ocorre na faixa de temperatura entre 40° e 60° C. Este fato também corrobora com um maior potencial dos compostos orgânicos que passam por este processo para nutrição de plantas, como verificado por outros autores (SUTHAMATHY & SERAN, 2013; MOTTA, 2013).

Em um experimento, idealizado por Kakar et al. (2019), foi testada a atuação de fertilizantes orgânicos do tipo bokashi e adubos químicos na produtividade e crescimento de grãos de arroz (*Oryza sativa L.*) (KAKAR *et al.*, 2019).

Foi observado que os tratamentos com compostos orgânicos apresentaram aumento no número de panículas por colina, no número de panículas por m<sup>2</sup>, na porcentagem de grãos amadurecidos e também no rendimento de grãos de arroz em comparação com a testemunha. Logo, os fertilizantes químicos aumentaram o comprimento das plantas (KAKAR *et al.*, 2019).

Na avaliação concluiu-se que o bokashi promoveu o ponto de sabor nos grãos e com a observação microscópica de varredura foi possível detectar que os fertilizantes químicos marcam os corpos das proteínas e seus traços aparecem nos amiloplastos. Entretanto, o tratamento com o bokashi produz grandes amiloplastos com fartos grânulos de amido (KAKAR *et al.*, 2019).

Logo, concluiu-se que o uso de adubos orgânicos pode compensar as reduções de fertilizantes químicos e levar a estruturas de acúmulo de amido em grãos de arroz (KAKAR *et al.*, 2019).

### **3.6 Redução da toxicidade de micronutrientes pelo bokashi**

Os efeitos mais notáveis do bokashi tratando-se das propriedades físicas do solo são a aeração, armazenamento de água, drenagem interna do solo e melhoria da estrutura. Estes aspectos propiciam a diminuição de variações bruscas na temperatura do solo que possam interferir em processos biológicos do solo e consequentemente na absorção de nutrientes pelas plantas (TRANI *et al.*, 2013).

O aumento da biodiversidade de microrganismos úteis que atuam na solubilização de diferentes fertilizantes com o intuito de liberar nutrientes e o aumento da quantidade de microrganismos que são fundamentais no auxílio ao controle de pragas nematoides que atacam raízes de plantas são decorrências positivas sobre as propriedades biológicas do solo a partir do uso de compostos orgânicos advindos de processo fermentativo (TRANI *et al.*, 2013).

Já em relação as propriedades químicas do solo, com a utilização de adubos tipo bokashi, há o enriquecimento gradual do solo com macro e micronutrientes essenciais às plantas e o aumento gradativo do teor de matéria orgânica do solo (TRANI *et al.*, 2013).

Em um estudo de 2015, foram avaliados seis pares de resíduos de origem vegetal, constituídos por uma fonte de carbono (C) e outra de nitrogênio (N), utilizados como fertilizantes orgânicos para hortaliças herbáceas (alface e rúcula) (OLIVEIRA, 2015).

Os compostos orgânicos fermentados tipos “bokashi” resultantes foram definidos como farelo de trigo e torta de mamona (FT/TM), farelo de trigo e folhas e ramos finos de gliricídia (FT/GL), capim elefante e torta de mamona (CE/TM), capim elefante e gliricídia (CE/GL), bagaço de cana-de-açúcar e torta de mamona (BC/TM) e bagaço de cana-de-açúcar e gliricídia (BC/GL). Todas essas misturas foram inoculadas com o composto orgânico Embiotic® ou Kefir, inclusive um tratamento-controle em que os fermentados não foram pré- inoculados (OLIVEIRA, 2015).

Na primeira fase do estudo, foram avaliados a composição química, o pH e a condutividade elétrica dos compostos orgânicos fermentados resultantes e realizou-se bioensaios que empregaram o milho como planta-teste no intuito de avaliar a disponibilização de N e a capacidade de estimular a atividade biológica. Por meio dos indicadores carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico foi possível mensurar a atividade biológica (OLIVEIRA, 2015).

Constatou-se então, diferenças significativas entre os compostos orgânicos em todas as características avaliadas. As inoculações com o produto comercial Embiotic® ou com culturas de Kefir em solução aquosa de açúcar mascavo não acarretaram efeitos consideráveis na comparação com os tratamentos não inoculados. Os resultados obtidos com o milho indicaram que todos os compostos avaliados são capazes de promover o crescimento vegetativo das plantas (OLIVEIRA, 2015).

Na segunda etapa do estudo, os compostos orgânicos, com exceção daqueles formulados com o bagaço de cana-de-açúcar, foram incorporados ao solo na fase de pré-transplântio de mudas de alface, utilizando-se quantidades equivalentes a 100 kg N ha<sup>-1</sup>. O desempenho agrônômico da alface foi positivamente influenciado pela incorporação dos compostos orgânicos quando comparados com o tratamento-controle, sem qualquer tipo de fertilização (OLIVEIRA, 2015).

Após colheita da alface, mudas de rúcula foram transplantadas para as mesmas parcelas experimentais, no entanto, não foram detectados efeitos residuais dos compostos incorporados no pré-cultivo da alface. Atributos químicos e biológicos do solo sofreram influência da utilização dos compostos orgânicos, independentemente do inoculante microbiano utilizado (OLIVEIRA, 2015).

Em um segundo experimento de campo, houve a comparação dos compostos FT/TM x Embiotic® e CE/GL x Kefir, utilizando-se, para cada um deles, doses de N que variaram de 0 a 400 kg ha<sup>-1</sup>, incorporadas ao solo na fase de pré-transplântio de rúcula. Foi possível observar

que a rúcula respondeu de forma positiva à incorporação de ambos os compostos orgânicos, mas as respostas variaram em função da dose aplicada (OLIVEIRA, 2015).

Após a colheita da rúcula, mudas de alface foram transplantadas para as mesmas áreas experimentais. Neste caso, a alface obteve benefícios resultantes do efeito residual da incorporação dos compostos no pré-cultivo da rúcula (OLIVEIRA, 2015).

Em termos gerais, ficou demonstrado que a eficácia de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” para serem utilizados como fertilizantes depende das fontes de carbono e nitrogênio empregadas na sua composição (OLIVEIRA, 2015).

Formulações provenientes de resíduos orgânicos produzidos *in situ*, a partir da desidratação e moagem de biomassa aérea de capim elefante e gliricídia, podem substituir compostos formulados com resíduos farelados agroindustriais, tais como farelo de trigo e torta de mamona (OLIVEIRA, 2015).

Os modelos orgânicos de produção demonstraram ser uma alternativa quanto à agricultura convencional. Entretanto, a falta de conhecimento para o processo ainda é uma extensa lacuna.

Homma (2017) realizou um estudo, em Piracicaba-SP, no qual o objetivo do trabalho foi testar o efeito da adoção gradual de insumos e práticas agronômicas mais ecológicas, até a total substituição por procedimentos permitidos pelas normas da produção orgânica (TRANS) na cultura dos citros (HOMMA,2017)

A adubação no tratamento TRANS foi planejada para uma gradual redução e substituição dos fertilizantes solúveis, por opções de disponibilização mais lenta, e uso de um composto orgânico fermentado “Bokashi”. A comparação foi feita em área equivalente e contígua onde o manejo convencional da propriedade foi mantido (CONV) (HOMMA,2017).

O ensaio foi conduzido durante 5 anos dentro de uma quadra de produção comercial de citros. Para o estudo foram avaliadas as três últimas safras, sendo 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016. As variáveis de solo foram analisadas em duas profundidades (00-20 e 20-50 cm) e foram avaliados dados de: microbiologia do solo (qPCR e T-RFLP de bactérias e fungos, CBMS, qCO<sub>2</sub>, qMIC, micorriza e glomalina); física de solo (dados de Curva de Retenção e agregados estáveis) e; fertilidade do solo (HOMMA, 2017).

Foram avaliadas as seguintes variáveis da planta: teor de nutrientes foliares, produtividade e índice “ratio” do suco. As comparações e as interações das variáveis no conjunto de respostas do ensaio foram analisadas pelo teste t de *Student*, análise de componentes principais e análises de coordenadas principais (HOMMA, 2017).

O conjunto das variáveis de solo e planta demonstrou melhores respostas no tratamento TRANS nas safras 13/14 e 14/15, confluindo com os melhores resultados de produtividade. Na safra 15/16 a resposta na nutrição das plantas, particularmente em N, Mn e Zn, não foi capaz de manter a produtividade nos mesmos patamares do CONV (HOMMA, 2017).

A comunidade de bactérias e fungos do solo estruturaram-se de forma distinta na safra 13/14, em resposta ao manejo do tratamento TRANS e ao menor volume de chuva, e foram muito próximas nas safras 14/15 e 15/16, períodos mais chuvosos. Os dados trazem vários indicativos para subsidiar práticas agronômicas voltadas à transição para a citricultura orgânica e sustentável (HOMMA, 2017).

Resultados favoráveis das variáveis de fertilidade e nutrição, juntamente com os atributos microbiológicos, é a conjugação de fatores que mais explica os bons resultados de colheitas nas safras 13/14 e 14/15 pelo tratamento TRANS com o uso do composto orgânico fermentado bokashi. Já que a atividade microbiana propicia a ciclagem dos minerais e a melhor oferta de nutrientes lábeis no solo favorece a absorção pelas plantas (LEONEL & RAMOS, 2014; SACCO *et al.*, 2015).

A melhoria dos índices microbianos, elevação da matéria orgânica e até mesmo da fertilidade, tem sido observado em áreas de cultivo orgânico, contudo, o suprimento de nutrientes ao nível compatível à mínima produtividade necessária para a sustentabilidade dos modelos orgânicos, continuam sendo um enorme desafio (LEONEL & RAMOS, 2014; SACCO *et al.*, 2015).

Portanto, os dados destes trabalhos sugerem a maior antecipação na introdução das adubações alternativas no cultivo orgânico e destacam a importância do manejo sustentável e biodegradável que a adubação bokashi proporciona as culturas na melhoria das características químicas e físicas do solo, minimizando a dependência de fertilizantes químicos e dos riscos de contaminação do solo e da água e conseqüentemente, reduzindo substancialmente a toxicidade de micronutrientes com o uso de compostos orgânicos fermentados (HOMMA, 2017; OLIVEIRA, 2015).

### **3.7 Estudos relacionados à pitaia**

A falta de informações referentes ao manejo nutricional da pitaia é uma das principais problemáticas relacionadas ao cultivo do fruto. Na literatura, é descrito que as doses aplicadas são empíricas, baseiam-se na experiência de cultivos ou utilizam regulações recomendadas internacionalmente que são advindas de biosistemas diferentes das regiões produtoras nacionais (COSTA *et al.*, 2014).

O uso de adubos orgânicos, em especial oriundos de métodos fermentativos, é uma alternativa que gera boas expectativas no desenvolvimento e manejo de culturas, inclusive da pitaita, já que a sua utilização melhora a agregação do solo devido à sua influência positiva na infiltração, na capacidade de retenção de água, em drenagens de melhor qualidade, aeração, temperatura adequada e na penetração de raízes (COSTA et al., 2014).

#### **4.MATERIAL E MÉTODOS**

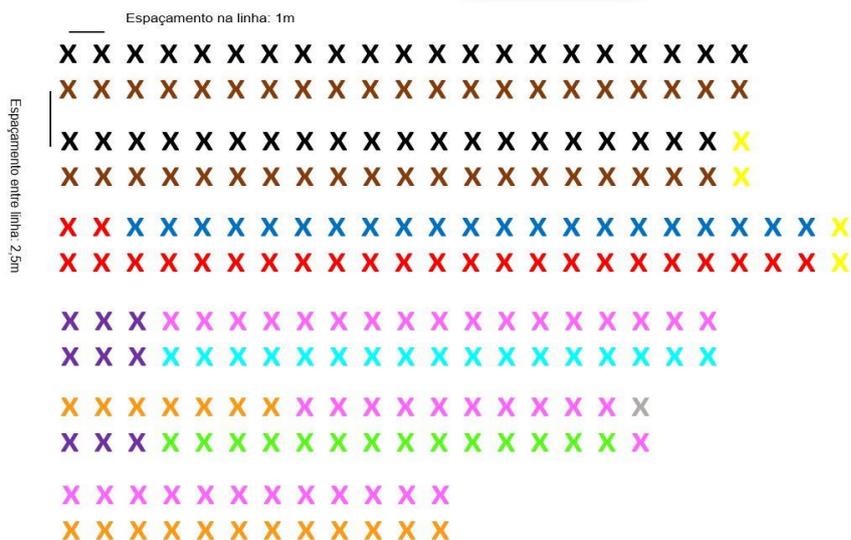
O experimento de campo foi realizado em propriedade, no município de Ingaí-MG, Latitude: 21° 24'39''; 24°39'39''Sul, Longitude: 44°56'39''; 30°39'39''; Oeste. A área do experimento apresenta inclinação levemente ondulada, situado na Mesorregião do Campo das Vertentes em Minas Gerais; a classificação climática da região é Cwa, segundo a classificação de Köppen.

A área em que foi instalado o experimento tinha sido um antigo lago, desativado, por essa razão o solo da área não é o original e apresentava um certo desequilíbrio nutricional. As plantas de pitaita de um ano de idade foram conduzidas em sistema de palanques de mourões de eucalipto tratados. Os mourões foram distribuídos em espaçamento de 2,5 m entre linhas e 1m na linha, sendo colocadas duas plantas por mourão.

Foram plantadas as seguintes variedades: American Beauty, Vietnamese White, Vênus, Vermelha autofértil, Dark Star, Golden, Physical Grafith, Halley comet, Amarela colombiana e Delight.

Na figura 1 é possível visualizar o croqui da área em que foi realizado o experimento juntamente com a localizações das plantas de pitaitas com espaçamento de 1m entre as plantas e 2,5 m de espaçamento entre as linhas de mourões pré-definidas. Cada planta é representada por X no croqui abaixo.

Figura 1 - Croqui da área do experimento e localização das plantas de pitaitas



Fonte: A Autora, 2023

Na figura 2 encontra-se a legenda das variedades de 10 espécies de pitaias conduzidas durante o experimento, suas cores correspondentes e anteriormente representadas na figura 1 com o intuito de facilitar a visualização da organização e localização das plantas na área representada.

Figura 2 - Legenda das variedades de pitaias definidas por cor e espécie correspondente

Legenda: Variedade:

- AB - American Beauty
- VW - Vietnamese White
- V – Vênus
- AF - Vermelha autofértil
- DS - Dark Star
- G – Golden
- PG - Physical Grafith
- HC - Halley comet
- D – Delight
- A - Amarela colombiana

Fonte: A Autora, 2023

No dia 18 de agosto de 2022 foi realizada uma análise de solo antes da aplicação dos tratamentos. Os tratamentos foram 200 g de bokashi por planta aplicados no dia 27/09/2022 e

9 g de bokashi + 900 g de esterco por planta aplicados no dia 14/02/2023. As doses aplicadas, foram resultados da igual divisão por planta, de acordo com a quantidade do composto orgânico que se tinha. Posteriormente, foi realizado uma nova análise de solo no dia 29 de maio de 2023.

Na imagem abaixo (figura 3) encontram-se os registros da primeira e segunda aplicações de bokashi na área do experimento na região de Ingaí-MG. A primeira aplicação do composto orgânico do tipo bokashi foi feita com o coroamento das plantas de pitaia. Já a segunda aplicação foi feita com um amontoado de composto orgânico do tipo bokashi e esterco bovino no pé da planta e posteriormente, coberto com restos culturais que estavam nas entrelinhas.

Figura 3 - Primeira e segunda aplicação de bokashi na área experimental.



Fonte: A Autora, 2023

As análises deste trabalho consistiram em análise química do solo antes e no final da última avaliação; média do número de cladódios emitidos pelas plantas, sendo contados todos os que surgiram a partir do cladódio enraizado, durante o período da avaliação do experimento; média do número de frutos emitidos pelas plantas, sendo contados todos os frutos que surgiram a partir do cladódio enraizado e de suas brotações, durante o período da avaliação do experimento; porcentagem de cladódios amarelos, sendo avaliados visualmente cladódios das

plantas que apresentavam coloração amarelada; porcentagem de cladódios, sendo avaliados visualmente cladódios das plantas que apresentavam podridão e análise de imagens.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 4 blocos e 8 tratamentos, e cada parcela experimental foi composta por 16 plantas.

Para a análise dos dados utilizou-se o software Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA,2011), sendo as médias entre os tratamentos submetidas a análise de variância, pelo teste F e comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens abaixo (figura 4) retratam o primeiro, segundo e terceiro dia de avaliação das plantas de pitaias na área experimental. O excesso de determinados micronutrientes no solo, como ferro (Fe), zinco (Zn), e cobre (Cu) podem interferir na absorção de outros nutrientes e causar desequilíbrios nutricionais nas plantas.

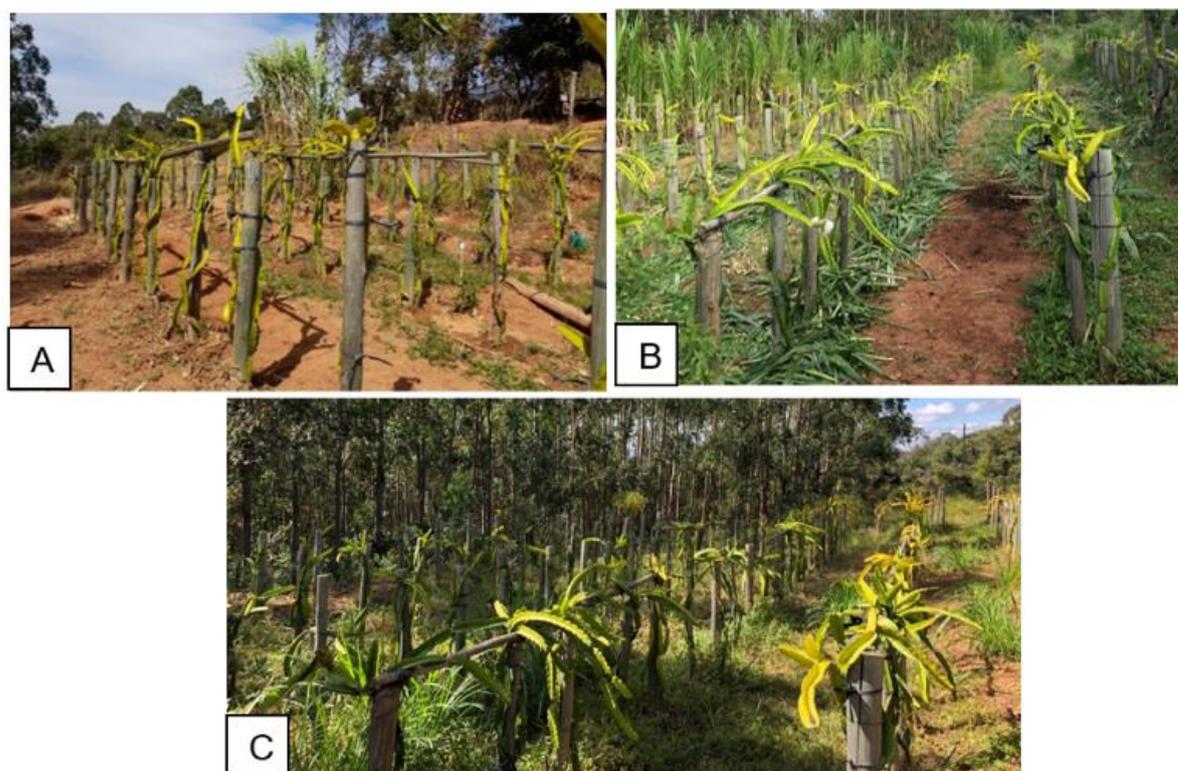
Essa desordem pode levar ao amarelecimento dos cladódios, entre outros sintomas, como podridões, manchas escuras, necrose e redução do crescimento. Entretanto, como é possível observar, após a aplicação do bokashi e ao longo das avaliações, as plantas se desenvolveram, produziram mais cladódios e reduziram os sinais de fitotoxicidade inicialmente apresentados.

Geralmente, o adubo do tipo bokashi libera nutrientes de forma gradual, à medida em que os microrganismos benéficos presentes na formulação vão decompondo a matéria orgânica.

Em muitos casos, é possível observar melhorias nas plantas algumas semanas após a aplicação do adubo bokashi. No entanto, em alguns casos, pode levar mais tempo para que os benefícios sejam notados, especialmente se as plantas estiverem com deficiências nutricionais graves ou se o solo estiver muito degradado.

Entretanto, como é possível observar, após a aplicação do bokashi nessa área e ao longo das avaliações, as plantas se desenvolveram, produziram mais cladódios e reduziram gradualmente os sinais de fitotoxicidade inicialmente apresentados.

Figura 4 - Área experimental no dia da primeira (A), segunda (B) e terceira (C) avaliação



Fonte: A Autora, 2023

Os dados meteorológicos coletados durante o período de execução do experimento foram detalhados na tabela 1. Os dados foram coletados no site oficial do Instituto Nacional de Meteorologia e tratam-se do número de dias com precipitação, precipitação total, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e umidade relativa do ar (INMET,2023).

Marques et al. (2011), mencionam que a temperatura, a umidade relativa e a precipitação são as variáveis climáticas que mais interferem na fenologia da pitaia. Entretanto, como já relatado por Bustamante & Búrquez (2008), o fato de os fatores climáticos atuarem simultaneamente, dificulta a identificação de cada um sobre os parâmetros fenológicos (MARQUES et al., 2011; BUSTAMANTE & BÚRGUEZ, 2008).

A análise meteorológica ocorreu entre os meses de dezembro de 2022 e maio de 2023. A partir dos dados é possível inferir que os meses de dezembro de 2022 e janeiro de 2023 apresentaram o maior número de dias com precipitação, sendo maio o mês com o menor número de dias com precipitação. Em janeiro houve a maior precipitação total do período com 552,8 mm de chuva, enquanto o mês de maio de 2023 houve a menor precipitação total com 0,8 mm de chuva (INMET,2023).

As maiores temperaturas máximas do período foram de 31,3°C nos meses de fevereiro e março de 2023. Já a maior temperatura média de 23,8°C ocorreu no mês de fevereiro de 2023,

enquanto a menor temperatura mínima do período foi relatada em 13,5°C no mês de maio do mesmo ano (INMET,2023).

Tabela 1 - Dados meteorológicos coletados durante execução do experimento disponível no INMET

Meses	Número de dias com precipitação	Precipitação Total (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Mínima(°C)	Umidade Relativa (%)
12/2022	19	260,6	27,34	21,7	18,0	79,4
01/2023	19	552,8	28,6	22,4	18,5	75,0
02/2023	13	123,9	31,3	23,8	19,0	75,3
03/2023	11	97	31,3	23,5	18,6	73,0
04/2023	8	102	28,2	21,3	17,0	75,5
05/2023	2	0,8	26,4	18,6	13,5	72,0

Fonte: A Autora, 2023

Por fim, a maior porcentagem de umidade relativa foi de 79,4% em dezembro de 2022, enquanto a menor taxa de umidade relativa do período foi de 72% maio de 2023 (INMET,2023).

O adubo orgânico fermentado do tipo bokashi utilizado durante o experimento foi analisado pelo Laboratório de Solos da ESALQ-USP, localizado em Piracicaba - SP, com número de amostra LFC-000357/2022.

O relatório foi finalizado na data de 22/03/2022 e determinou os seguintes parâmetros: pH ( $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>), densidade, umidade 65°C, umidade 110°C, umidade total, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO), resíduo mineral total (RMT), resíduo mineral (RM), resíduo mineral insolúvel (RMI), nitrogênio total (N), fósforo total (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potássio total (K<sub>2</sub>O), cálcio total (Ca), magnésio total (Mg), enxofre total (S), relação C/N, cobre total (Cu), ferro total (Fe), manganês total (Mn), zinco total (Zn), boro total (Br) e sódio total (Na).

Figura 5 - Análise de adubo orgânico fermentado utilizado no experimento

Determinações	Resultados
---------------	------------

	Base Seca 65°C (%)	Base úmida
Ph	-	6,30
Densidade	-	0,39 g/cm <sup>3</sup>
Umidade 65 °C	-	4,19%
Umidade 110 °C	-	4,24%
Umidade total	-	8,43%
Matéria Orgânica	71,65	68,65%
Carbono Orgânico	39,81	38,14%
Resíduo Mineral Total	23,92	22,92%
Resíduo Mineral	11,70	11,21%
Resíduo Mineral Insolúvel	12,22	11,71%
Nitrogênio total	3,88	3,72%
Fósforo total	3,41	3,27%
Potássio total	1,20	1,15%
Cálcio total	2,62	2,51%
Magnésio total	0,41	0,39%
Enxofre total	0,23	0,22%
Relação C/N	-	10
Cobre total	0,002	0,002%
Ferro total	0,344	0,330%
Manganês total	0,039	0,037%
Zinco total	0,013	0,012%
Boro total	0,000	0,000%
Sódio total	0,127	0,122%

Fonte: ESALQ, 2023

O adubo bokashi é um tipo de adubo orgânico fermentado que oferece vários benefícios para o solo e as plantas. Como o bokashi é composto por uma mistura de materiais orgânicos fermentados, passa por um processo de fermentação anaeróbica controlada, que resulta em um

adubo rico em nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, ele é capaz de auxiliar no crescimento e desenvolvimento saudável das plantas.

Além disso, o adubo bokashi ajuda a melhorar a estrutura do solo, tornando-o mais aerado e solto. Isso permite uma melhor absorção de água, retenção de umidade e facilita o desenvolvimento das raízes das plantas. A melhoria da estrutura do solo também promove a atividade microbiana benéfica, o que contribui para a saúde geral do solo.

Como o bokashi também contém uma grande quantidade de microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, esses microrganismos ajudam a melhorar a atividade biológica do solo, promovendo a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e a formação de húmus. Isso cria um ambiente favorável para o crescimento das plantas e aumenta a capacidade do solo de se autorregenerar.

Por outro lado, o uso regular do bokashi fortalece o sistema imunológico das plantas, tornando-as mais resistentes a doenças, pragas e estresses ambientais. As plantas bem nutridas são mais capazes de lidar com condições adversas, como seca, calor excessivo ou frio intenso.

Pelos resultados da tabela 2, observou-se que houve diferença significativa em relação ao número médio de brotações ao longo das avaliações. Já que na primeira avaliação os tratamentos que apresentaram as maiores médias foram as variedades de pitaia Dark Star e American Beauty. Em contrapartida, as variedades de pitaia com menores médias foram a Halley Comet e Delight.

Na segunda avaliação, as variedades de pitaia Dark Star e American Beauty, continuam apresentando as melhores médias quando comparadas às demais variedades, e a variedade Halley Comet, continuou apresentando um resultado inferior aos demais.

Na terceira avaliação, a variedade American Beauty, continuou se sobressaindo. Enquanto, a variedade Halley Comet obteve um menor valor quando comparadas às demais. As outras variedades (Amarela Colombiana e Venus) como estavam em um número reduzido de plantas, não foram utilizadas nessas análises.

Tabela 2 - Média do número de cladódios emitidos durante a avaliação do experimento.

Variedades	1º avaliação (77 DAP)	2º avaliação (141 DAP)	3º avaliação (246 DAP)
Halley Comet	0.25 c	0.25 d	3.00 d

Delight	0.75 c	2.50 c	5.50 c
Vermelha Autofértil	1.50 b	5.00 b	5.50 c
Physical Grafith	2.00 b	4.75 b	6.25 c
Golden	2.00 b	3.25 c	5.75 c
Vietnamese White	2.25 b	7.25 a	8.50 b
American Beauty	3.75 a	7.00 a	10.25 a
Dark Star	4.00 a	7.50 a	8.00 b
Cv (%)	31.52	29.21	14.32

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte: A Autora, 2023

Em relação à média do número de frutos descritos na tabela 3, durante a avaliação do experimento, na primeira avaliação não foram constatados presença de frutos. Entretanto, foram observadas a presença de frutos apenas na segunda e terceira avaliações. Na segunda avaliação as variedades Dark Star, American Beauty e Vietnamese White apresentaram as maiores médias em número de frutos. Porém, a variedade que obteve uma menor média no número de frutos foi a Halley Comet.

Observa-se que na terceira avaliação, as variedades de pitia que apresentaram maior número de frutos foram Physical Grafith e American Beauty, já as variedades Delight, Halley Comet, Golden, Dark Star apresentaram médias inferiores quando comparadas com as demais variedades.

Tabela 3 - Média do número de frutos durante a avaliação do experimento.

Variedades	1º avaliação (77 DAP)	2º avaliação (141 DAP)	3º avaliação (246 DAP)
Halley Comet	-	0.25 d	0.75 c
Delight	-	2.50 c	1.25 c
Vermelha Autofértil	-	5.00 b	3.00 b
Physical Grafith	-	3.75 c	4.25 a
Golden	-	3.25 c	1.50 c
Vietnamese White	-	7.25 a	3.25 b
American Beauty	-	7.00 a	5.25 a
Dark Star	-	7.50 a	2.00 c
Cv (%)	-	44.15	26.18

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte: A Autora, 2023

Na tabela 4 pode-se observar a relação entre os parâmetros de porcentagem de cladódios amarelos (PCA) e a porcentagem de cladódios com podridão (PCP) que geralmente evidenciam possíveis sintomas de toxidez de cobre e zinco.

Com relação ao parâmetro PCA houve diferença significativa, em que na primeira avaliação as variedades que apresentaram maior porcentagem de coloração amarela foi Halley Comet e Delight, já as outras variedades apresentaram resultados inferiores.

Na segunda avaliação é possível observar que houve uma diminuição na PCA, podendo este fato estar correlacionado com a aplicação do bokashi, em que a variedade que apresentou maior porcentagem foi American Beauty, já as variedades Halley Comet, Delight, Physical Grafith, Golden e Dark Star obtiveram resultado inferior, fato evidenciado pelas plantas mais amareladas em relação as outras espécies.

Na terceira avaliação, nota-se que as variedades Halley Comet, Vietnamese White e American Beauty, obtiveram maior porcentagem, já Golden, Physical Grafith, Delight obtiveram menores médias quando comparadas com as demais variedades.

De acordo com os dados demonstrados na tabela 4, referentes a porcentagem de cladódios com podridão (PCP), na primeira e segunda avaliação não foram observados sintomas visuais de cladódios com podridão. Entretanto, na terceira avaliação notou-se cladódios com sintomas de podridão (PCP) que denotam a toxidez das plantas por cobre e zinco, embora não haja diferença estatística entre as variedades.

Tabela 4 - Porcentagem de cladódios amarelos (PCA-figura 6) e porcentagem de cladódios com podridão (PCP-figura 7) durante a avaliação do experimento.

Variedades	1º avaliação (77 DAP)		2º avaliação (141 DAP)		3º avaliação (246 DAP)	
	PCA	PCP	PCA	PCP	PCA	PCP
Halley Comet	100.00 a	-	0.00 c	-	25.00 a	18.75 a
Delight	100.00 a	-	0.00 c	-	0.00 c	18.75 a
Vermelha Autofértil	75.00 b	-	6.25 b	-	6.25 b	31.25 a
Physical Grafith	68.75 b	-	0.00 c	-	0.00 c	0.00 a
Golden	93.75 b	-	0.00 c	-	0.00 c	18.75 a
Vietnamese White	62.50 b	-	12.50 b	-	31.25 a	18.75 a
American Beauty	68.75 b	-	68.75 a	-	43.00 a	12.50 a
Dark Star	56.25 b	-	0.00 c	-	6.25 b	6.25 a
Cv (%)	14.66	-	59.15	-	26.18	90.71

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte: A Autora, 2023

Portanto, quando se faz a verificação estatística e visual a campo, é possível observar que algumas variedades de pitaiá são mais suscetíveis a toxidade de micronutrientes e, portanto, apresentam mais sintomas. Mas ao mesmo tempo, é possível observar a presença de variedades

menos suscetíveis e que apresentam menos sintomas. Já que algumas variedades de pitaiá possuem maior resistência natural a certos fatores, enquanto outras são mais suscetíveis.

Vários fatores podem influenciar a forma como uma planta responde à toxicidade de substâncias químicas ou nutrientes presentes no solo. Cada variedade de planta tem um grau diferente de tolerância a substâncias tóxicas. Algumas plantas são naturalmente mais resistentes e têm maior capacidade de lidar com altas concentrações de nutrientes, enquanto outras são mais sensíveis e exibem sintomas de toxicidade mesmo em concentrações relativamente baixas desses nutrientes.

De acordo com Marschner (2005) e Malavolta (2006) para uma correta recomendação de fertilizantes é fundamental o conhecimento da dinâmica nutricional da planta, o qual é função da velocidade de crescimento vegetal e da ecofisiologia cultural, portanto, não se recomenda extrapolar resultados obtidos em outros sistemas ecológicos (MARSCHNER, 2005; MALAVOLTA, 2006).

A genética desempenha um papel importante na resposta das plantas à toxicidade. Variações genéticas podem resultar em diferentes mecanismos de resistência, capacidade de metabolização de substâncias tóxicas e capacidade de adaptação a ambientes com altas concentrações de nutrientes.

A idade da planta pode influenciar também sua sensibilidade à toxicidade. Plantas jovens podem ser mais sensíveis a presença de nutrientes em grandes quantidades do que plantas maduras, uma vez que seus sistemas de defesa e metabolismo podem não estar totalmente desenvolvidos.

Os sintomas visuais de toxicidade em plantas desempenham um papel fundamental na detecção e diagnóstico de problemas relacionados ao excesso de nutrientes no solo. Assim como é possível observar, nas figuras 6 e 7, a presença de cladódios amarelos e com podridões.

Ao observar mudanças anormais nas características das plantas, como coloração dos cladódios, padrões de necrose, deficiências nutricionais específicas ou crescimento prejudicado, é possível identificar problemas potenciais relacionados à toxicidade.

Os sintomas visuais podem ajudar a identificar o agente causador da toxicidade. Dependendo da natureza da substância envolvida, os sintomas podem ser característicos e específicos. Por exemplo, descoloração e apodrecimento nos cladódios podem ser indicativos de excesso de micronutrientes em plantas de pitaiá.

Ao detectar precocemente os sintomas visuais de toxicidade, pode-se implementar medidas de prevenção e manejo adequadas. Isso pode incluir a remoção das fontes de substâncias tóxicas, a adoção de práticas de irrigação adequadas, a correção de problemas de

drenagem ou pH do solo, entre outras ações, como a aplicação do adubo tipo bokashi, que visam mitigar os efeitos da toxicidade.

Portanto, os sintomas visuais de toxicidade em plantas desempenham um papel fundamental na detecção, diagnóstico e manejo adequado de problemas relacionados ao excesso de micronutrientes. Sua observação atenta permite a tomada de medidas corretivas e preventivas para garantir a saúde das plantas, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.

Figura6 - Sintomas visuais de amarelecimento nos cladódios das variedades de pitiaia (PCA) antes da aplicação



Fonte: A Autora,2023

Figura7 - Sintomas visuais de podridão nos cladódios de pitiaia (PCP) antes da aplicação



Fonte: A Autora,2023

Embora as pitaias precisem de micronutrientes em quantidades adequadas para um crescimento saudável, um excesso desses nutrientes pode causar desequilíbrios nutricionais e danos às plantas.

Os principais elementos demandados pela pitiaia e que devem ser fornecidos via fertilização são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (HERNÁNDEZ, 2000).

O nitrogênio estimula a emissão de raízes e brotos mais vigorosos, sendo mais requerido pela planta durante o crescimento vegetativo até o pré-florescimento da pitiaia (LUDERS, 2004); o potássio promove aumento do diâmetro do caule da pitiaia (INTA, 2002), sendo um dos elementos mais requeridos especialmente por exercer as funções de translocação de carboidratos e regulação de abertura e fechamento de estômatos (MARSCHNER, 2005); o fósforo é um elemento que apresenta maior demanda pela pitiaia no início da formação dos frutos. Dentre os micronutrientes deve-se destacar para a pitiaia o boro, com fundamental função no pegamento, tamanho e massa dos frutos, conforme concluiu INFANTE (1996).

Tabela 6 - Análise química do solo do sítio Serra da Soca, no pomar das variedades de pitaiá antes e após a aplicação do Bokashi

<b>Análise do Solo antes da aplicação do Bokashi</b>											
Solo	ph	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
	-	-----mg dm <sup>-3</sup> ----			..... cmolc dm <sup>-3</sup> .....						
0 - 20	6,0	146,26	26,09	11,00	6,52	0,69	0,10	0,90	7,59	7,69	8,49
	V	m	M.O	P- Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
	----	% ----	dag kg	Mg/L	..... mg/dm <sup>-3</sup> .....						
	89,34	1,30	3,24	21,60	5,50	43,40	30,40	3,99	0,23	7,40	
<b>Análise do Solo após à aplicação do Bokashi</b>											
Solo	ph	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
	-	-----mg dm <sup>-3</sup> ----			..... cmolc dm <sup>-3</sup> .....						
0 - 20	7,4	122,36	50,44	49,00	7,19	0,34	0,10	1,00	7,84	7,94	8,84
	V	m	M.O	P- Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
	----	% ----	dag kg	Mg/L	..... mg/dm <sup>-3</sup> .....						
	88,73	1,26	3,74	25,40	2,70	31,20	23,30	3,06	0,18	7,30	

Fonte: A Autora, 2023

Apesar da maioria dos trabalhos encontrados na literatura serem focados na adubação mineral, o sistema radicular da pitaiá é superficial e pode absorver rapidamente pequenos teores de nutrientes no solo (Le BELLEC et al., 2006) o que contribui para a formação de cultivos orgânicos já que a utilização de compostos orgânicos e esterco de origem animal têm sido usados na Califórnia com grande sucesso, inclusive sem suplementação mineral (THOMSON, 2002).

Um ponto que pode ser observado através da tabela 6 é o excesso de cobre na área. O cobre em excesso pode causar toxicidade nas plantas. As plantas diferem em sua tolerância ao cobre, mas em geral, sintomas de toxicidade incluem amarelecimento das folhas, clorose, necrose das pontas e margens das folhas, redução do crescimento, deficiência no desenvolvimento das raízes, inibição da floração e frutificação (CAVALCANTE, 2008).

Além disso, o excesso de cobre pode interferir na absorção de outros nutrientes pelas plantas. Especificamente, pode inibir a absorção de nutrientes essenciais como ferro, zinco e manganês. Isso resulta em desequilíbrios nutricionais que afetam negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas (RESENDE, 2014).

Plantas expostas a altos níveis de cobre podem ter redução na qualidade e produtividade. O cobre em excesso pode causar deformações nos frutos, reduzir o tamanho dos frutos, afetar a coloração adequada e a maturação uniforme. Além disso, a toxicidade do cobre pode levar a uma diminuição na produção de biomassa e na produtividade das plantas (RESENDE, 2014).

Contudo, após a aplicação do bokashi foi possível observar uma redução desses níveis de cobre no solo e uma consequente melhoria nas características físicas das plantas de pitaia (RESENDE, 2014; CAVALCANTE, 2008).

Uma terceira análise que pode ser feita com relação a tabela 6 é o excesso de zinco nessa área. O excesso de zinco pode inibir a absorção de nutrientes como ferro, cobre e manganês. Em geral, os sintomas de toxicidade incluem amarelecimento dos cladódios, clorose, necrose nas margens dos cladódios, redução do crescimento, diminuição no tamanho das folhas, raízes curtas e grossas, além de inibição da floração e frutificação (RESENDE, 2014).

Porém, de acordo com os dados das análises de solo, após a aplicação do bokashi, os níveis de zinco diminuíram e também foi possível visualizar a campo uma melhora no desenvolvimento das plantas de pitaia (RESENDE, 2014).

Em relação aos níveis de fósforo no solo é possível observar que os microrganismos presentes no adubo do tipo bokashi conseguiram trabalhar o solo e liberar este macronutriente no solo. Dessa maneira, os microrganismos se mostraram eficientes ao conseguirem liberar o fósforo retido nas argilas da área experimental, além de promoveram a frutificação das plantas, ocasionando o aumento significativo dos níveis de fósforo na última análise (CAVALCANTE, 2008).

Sobre os micronutrientes Cu, Zn e Mn que estavam em excesso na área experimental, devido ao desequilíbrio da microbiota do solo, com o uso do composto orgânico houve uma redução destes micronutrientes no solo e com o trabalho contínuo destes microrganismos eficientes esse nível deve ser regulado de maneira que todos os micronutrientes alcancem uma faixa ideal (CAVALCANTE, 2008).

Já o boro, embora a cultura da pitaia exija uma quantidade maior deste micronutriente para uma boa produção, e o magnésio presente na área experimental estão com níveis abaixo do esperado. Estes são micronutrientes que devem ser observados e futuramente aplicados na área experimental para a correta regulação dos níveis do solo (CAVALCANTE, 2008).

Outro micronutriente que estava em níveis tóxicos de acordo com a tabela 6, é o ferro. Os níveis de toxicidade podem variar entre plantas e entre variedades. Em geral, sintomas de toxicidade de ferro incluem clorose dos cladódios, necrose das raízes, redução do crescimento das raízes, redução da capacidade de absorção de nutrientes, inibição da floração e frutificação, bem como redução geral do crescimento das plantas (RESENDE, 2014).

O excesso de ferro pode causar danos às raízes e afetar negativamente a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Isso pode resultar em menor crescimento, menor rendimento de frutos e sementes, além de qualidade reduzida dos produtos colhidos (RESENDE, 2014).

Ferro em excesso também pode levar à acidificação do solo. Isso ocorre porque o ferro em altas concentrações pode reagir com a água e produzir íons de hidrogênio, reduzindo o pH do solo. A acidificação excessiva do solo pode afetar negativamente a disponibilidade de outros nutrientes essenciais para as plantas (RESENDE, 2014).

Por outro lado, o que se observou com a tabela 6 e com análises a campo, foi que os níveis de ferro reduziram após a aplicação do bokashi, assim como um aumento no valor do pH, que reduziu a acidificação desse solo (CAVALCANTE, 2008).

No experimento houve um aumento do pH do solo que passou de 6 para 7,4 este fato é consequência de uma quantidade de cálcio do solo em desequilíbrio em relação ao magnésio. Uma relação ideal de Ca/M seria de 3 à 5, entretanto na última análise de solo do experimento a relação de Ca/M observada foi de 21, evidenciando que o solo está com um baixíssimo nível de magnésio e este desequilíbrio pode ser a causa da clorose das plantas mesmo após a adubação ou após a produção das plantas, período de alto estresse vegetativo e perda de nutrientes (RESENDE, 2014).

Por fim, foi possível observar um aumento no teor de matéria orgânica quando se compara as duas análises de solo. A matéria orgânica apresenta diversos benefícios, como ajudar a melhorar a estrutura do solo, promovendo a formação de agregados estáveis. Isso resulta em melhor aeração do solo, facilitando a entrada de oxigênio, bem como a infiltração de água. A estrutura do solo melhorada também reduz a compactação, permitindo que as raízes das plantas cresçam mais facilmente e tenham acesso a água e nutrientes (CAVALCANTE, 2008).

O solo adequado para o cultivo comercial da pitaita deve apresentar um percentual de matéria orgânica considerado alto (7%) com a finalidade de manter a umidade, temperatura e características texturais e químicas do solo (GUZMÁN, 1994) o que justifica o fornecimento de produtos orgânicos ao solo.

Dentre os benefícios trazidos pela adubação orgânica ao solo estão a melhoria das propriedades químicas, por meio do fornecimento de nutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), formação de complexos e aumento do poder tampão; nas propriedades físicas, o aumento na estabilidade de agregados e melhoria na estrutura do solo que se traduz em melhor aeração, permeabilidade, retenção de água e resistência à erosão; e ainda, a biologia do solo pelo aumento da atividade biológica (MEEK et al., 1982).

A matéria orgânica também tem uma alta capacidade de retenção de água. Ao aumentar o teor de matéria orgânica no solo, aumenta-se a capacidade de armazenamento de água, o que é especialmente importante em regiões com estação seca ou durante períodos de escassez de

água. Isso ajuda a manter a umidade do solo por mais tempo, reduzindo a necessidade de irrigação frequente e contribuindo para a resistência das plantas à seca (CAVALCANTE, 2008).

Além disso, ela é uma fonte de nutrientes para as plantas. À medida que a matéria orgânica se decompõe, os nutrientes são gradualmente liberados e disponibilizados para as plantas. Isso proporciona um suprimento constante de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos. E ainda ajuda a melhorar a capacidade do solo de reter nutrientes, evitando sua lixiviação (CAVALCANTE, 2008).

A matéria orgânica fornece alimento para a diversidade de organismos do solo, como bactérias, fungos, protozoários e minhocas. Esses microrganismos são fundamentais para a saúde do solo, pois desempenham papéis importantes na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, controle de doenças e promoção do crescimento das plantas. O aumento da matéria orgânica no solo estimula a atividade microbiana, melhorando a biodiversidade e a funcionalidade do ecossistema do solo (CAVALCANTE, 2008).

A presença de matéria orgânica no solo também ajuda a reduzir a erosão causada pela água e pelo vento. A camada de matéria orgânica atua como uma cobertura protetora, evitando que a água da chuva cause a erosão do solo. Além de contribuir para a redução da compactação do solo, permitindo uma melhor infiltração de água e o crescimento adequado das raízes (RESENDE, 2014)

E ainda pode ajudar a estabilizar o pH do solo, tornando-o menos suscetível a mudanças drásticas de acidez ou alcalinidade. Isso é especialmente benéfico para as pitaias que requerem condições boas de pH para um crescimento saudável (RESENDE, 2014).

MERTEN (2003) destacou que pouco foi publicado com relação à adubação e nutrição mineral dessa espécie, o que ainda persiste nos dias atuais. O mesmo autor destaca que doses padronizadas deverão ser trabalhadas para incremento de florescimento e produção de frutos (MERTEN, 2003).

Em suma, a aplicação do adubo orgânico tipo bokashi demonstrou-se eficiente no equilíbrio dos micronutrientes do solo, na nutrição das plantas e seguidamente, na frutificação e produção das plantas de pitaiá.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi possível notar que após a aplicação do bokashi houve uma redução dos níveis de cobre no solo e conseqüentemente, a melhoria das características físicas das plantas de pitaia.

De acordo com os dados das análises de solo, após a aplicação do bokashi, os níveis de zinco também diminuíram e foi possível visualizar a campo uma melhora no desenvolvimento das plantas de pitaia.

Concomitantemente, as análises de solo e campo demonstraram que os níveis de ferro foram reduzidos após a aplicação do bokashi. Houve também um aumento no valor do pH, que reduziu a acidificação deste solo.

Por fim, foi possível observar um aumento no teor de matéria orgânica quando se compara as duas análises de solo. A matéria orgânica apresenta diversos benefícios, contribuindo com a melhora da estrutura do solo, promovendo a formação de agregados estáveis e conseqüentemente, melhorando a aeração do solo, facilitando a entrada de oxigênio, bem como a infiltração de água.

### **6.1 Conclusão**

O composto fermentado tipo bokashi é eficiente na resolução da deficiência nutricional proveniente do excesso de micronutrientes e na redução da toxicidade em cultivares de pitaia.

## 7.REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R.A.; SILVA, M.T.H. Development of seedlings of red pitaya (*Hylocereus undatus* Haw) in different substrate volumes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 697-700, 2022.
- BACKES, C. *et al.* Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.67, n.2, p.491-498, 2008.
- BUSTAMANTE, E.; BÚRQUEZ, A. Effects of plant size and weather on the flowering phenology of the organ pipe cactus (*Stenocereus thurberi*). **Annals of Botany**, London, v.102, n.6, p.1.019-1.030, 2008.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CARVALHO, J.O.M.; RODRIGUES, C.D.S. **Bokashi**: composto fermentado para a melhoria da qualidade do solo.Rondônia-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/710116/1/folderbokashi.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2022.
- CAVALCANTE, I. H. L. **Pitaya**: propagação e crescimento de plantas / Ítalo Herbert Lucena Cavalcante. – – Jaboticabal, 2008 vii, 94 f.: il.; 28 cm.
- CORDEIRO, M. H. M. *et al.* Caracterização física, química e nutricional da pitaiá-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-6, mar. 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010029452015000100020&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010029452015000100020&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- COSTA, A.C. *et al.* Floração e frutificação em diferentes tipos de cladódios de pitaiá-vermelha em Lavras-MG. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 1, p.279-284, Março 2014.
- DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, set. 2009.
- FALEIRO, F. G. **Aplicação de descritores morfoagronômicos utilizados em ensaios de DHE de cultivares de pitayas**: manual prático / editores técnicos, Fábio Gelape Faleiro, Jamile da Silva Oliveira, Nilton Tadeu Vilela Junqueira. – Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1139952>. Acesso em: 03 dez. 2022.
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pitayas**: atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Embrapa Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 72 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 374).

- FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar**: análises estatísticas. Lavras: Editora UFLA-Departamento de Ciências Exatas, 2011. 66 p.
- GOMES, G. R. Família cactaceae: Breve revisão sobre sua descrição e importância. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, 2. ed., set. 2014.
- GOMEZ, J. A. **Nutritional Description of Pitahaya** (Dragon Fruit). In: Pitahaya seminar, 2015. Disponível em: < <https://ucanr.edu/sites/sdsmallfarms/files/219667.pdf>>. Acesso em 23 junho de 2023.
- HERNÁNDEZ, Y. D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, 2000. 124p.
- HOMMA, A. K. O. A Terceira Natureza da Amazônia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v.38, n.132, p.27-42, jan./jun. 2017.
- INFANTE, G. S. **El cultivo de la pitahaya**: experiencias en Colombia. In: CASTILLO, M.; CÁLIX, H. Memoria del primer curso teórico-práctico sobre el cultivo de la pitahaya. Quintana: Universidad de Quintana Roo, 1996. p.17-31.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. **Dados meteorológicos (2023)**. Brasília - DF, 2023. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 12 mai.2023.
- INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica del cultivo de la pitahaya**. San Marcos: INTA, 2002. p. 2, 5 e 7.
- GUZMÁN, R. Fertilización de la pitahaya. In: Primer encuentro nacional del cultivo de la pitahaya, 1994, San Marcos, **Memorias...** San Marcos, 1994, p.80-82.
- KAKAR, K. *et al.* Morphological analysis on comparison of organic and chemical fertilizers on grain quality of rice at different planting densities, **Plant Production Science**, 22:4, 510-518, 2019.
- Le BELLEC, F. *et al.* Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v.61, p.237-250, 2006.
- LEONEL, S.; RAMOS, D. P. Atributos de qualidade de frutos de tangerineira 'Poncã' adubada com composto orgânico, em dois ciclos agrícolas de avaliação. **Scientia Plena**, p.1-10, 2014.
- LIMA, C. A. *et al.* Avaliação de características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaya. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 377, mai/jun. 2014.
- LIMA, D. C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes das pitaias vermelha e saborosa** / Denise de Castro Lima. – 2018. 73 f.: il. color. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2018. Orientação: Prof. Dr. William Natale.
- LONE, A. B. *et al.* **Cultivo de Pitaia**. Florianópolis, 2020. 44p. (Epagri. Boletim Técnico, 196).

- LOPES, M. R. S. *et al.* Espécies e aplicações tecnológicas da pitaiia: uma revisão. **Multitemas**, Campo Grande, MS, v. 27 n. 67, p. 167-187, set./dez. 2022. Disponível em: <<https://multitemas.ucdb.br/multitemas/article/view/3568/2743>>. Acesso em: 09 abr. 2023.
- LUDERS, L. **The pitaya or dragon fruit (Hylocereus undatus)**. Darwin: University of Darwin, 2004. 5p. (Agnote N°778).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 2006. 631p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 6th edition. London: Academic Press, 2005. 889p.
- MARQUES, V. B. *et al.* Fenologia reprodutiva de pitaiia-vermelha no município de Lavras-MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.984-987, 2011.
- MASS, V. *et al.* Effect of bokashi improved with rock phosphate on parsley cultivation under organic greenhouse management. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.80, n.3, p.444-451, 2020.
- MEEK, B. *et al.* Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter and water infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.1014-1019, 1982.
- MERTEN, S. A Review of Hylocereus production in the United States. **Journal of the Professional Association For Cactus Development**, California, p.98-105. 2003.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2006. 2a edição, Editora UFLA. 729 p.
- MOTA, W. F. *et. al.* Caracterização física, química e nutricional da pitaiia - rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 37, n.1, mar, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-046/14>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- MOTTA, N. F. Efeito do Bokashi no crescimento da cebolinha, do coentro e em alguns atributos químicos e biológicos do solo. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Fortaleza, CE:UFC, 66 p, 2013.
- MUNIZ, J. P. O. **Abelhas e a polinização da pitaya (Hylocereus spp.): implicações no vingamento, características físicas e físico-químicas do fruto**. 2017, 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- NUNES, E. N. *et al.* **Pitaiia (Hylocereus sp.): uma revisão para o Brasil**. Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.
- OLIVEIRA, E. A. G. **Formulações tipo “bokashi” como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças** / Eva Adriana Gonçalves de Oliveira – 2015,96 f.: il.